

PAEBM

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA
PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO

SEÇÃO I

RELATÓRIO TÉCNICO

BARRAGEM SERRA AZUL

MINA SERRA AZUL

ArcelorMittal

MS-4005-GER-RL-1000

Julho/2025

RELATÓRIO

TÉCNICO DA SEÇÃO I DO

PAEBM

CÓDIGO STATUM ST25073U000-RH-RL-001

CÓDIGO CLIENTE MS-4005-GER-RL-1000

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO E OBJETIVO DO PAEBM	13
1.1. Apresentação	13
1.2. Objetivo do PAEBM.....	15
2. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO PAEBM	17
3. RESPONSABILIDADES DURANTE A EMERGÊNCIA	18
3.1. Responsabilidades da Arcelormittal Brasil como Empreendedor Durante a Emergência....	18
3.1.1. Gerência Geral de Tecnologia Mineração (CTO).....	21
3.1.2. Direção Geral Mineração.....	21
3.2. Responsabilidades do Coordenador do PAEBM durante a Emergência.....	21
3.3. Responsabilidades da Equipe Técnica Envolvida no Fluxo de Ações do PAEBM Durante a Emergência.....	22
3.3.1. Saúde e Segurança.....	22
3.3.2. Comunicação	23
3.3.3. Meio Ambiente	23
3.3.4. Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	24
3.3.5. Geotecnia.....	25
3.3.6. Projetos.....	25
3.4. Responsabilidades da Defesa Civil durante a Emergência.....	26
4. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	27
4.1. Localização	28
4.2. Descrição do Sistema de Monitoramento da Estrutura.....	29
5. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE ALERTA E/OU EMERGÊNCIA EM NÍVEIS 1, 2 E/OU 3	31
5.1. Detecção e Avaliação de uma Situação de Alerta	31
5.2. Detecção e Avaliação de uma Situação de Emergência.....	32

5.2.1. Classificação dos Níveis de Emergência.....	36
5.2.2. Encerramento dos Níveis de Emergência.....	49
6. AÇÕES ESPERADAS PARA SITUAÇÕES DE ALERTA E/OU DE EMERGÊNCIA EM NÍVEIS 1, 2 E/OU 3	50
7. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS	58
7.1. Descrição dos Procedimentos Preventivos.....	58
7.1.1. Inspeções de Segurança Regular (ISRs) e Especial (ISEs).....	58
7.1.2. Monitoramento (Leituras e Análise da Instrumentação).....	59
7.1.3. Manutenção	59
7.1.4. Atividades do Centro de Monitoramento Geotécnico.....	60
7.2. Descrição dos Procedimentos Corretivos.....	62
8. RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS DISPONÍVEIS PARA USO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	67
9. PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA	68
9.1. Estratégia de Acionamento dos Órgãos Públicos	68
9.2. Estratégia de Comunicação na ZAS.....	69
9.3. Fluxogramas de Notificações	70
10. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO GERAL DO SISTEMA DE ALERTA PARA A POPULAÇÃO A JUSANTE.....	80
10.1. Descrição do Sistema de Sirenes.....	80
10.2. Acionamento	81
10.3. Pontos de Encontro e Rotas de Fuga.....	84
11. SÍNTESE DOS ESTUDOS DE INUNDAÇÃO.....	85
11.1. Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem Serra Azul	85
11.1.1. Características do Reservatório	85
11.1.2. Caracterização da Área a Jusante	85

11.1.3. Caracterização Geotécnica do Reservatório e do Barramento	85
11.1.4. Caracterização Reológica do Material.....	87
11.1.5. Estudos Hidrológicos.....	87
11.1.6. Topografia e Imageamento da Área a Jusante.....	89
11.1.7. Regionalização de Vazões a Jusante.....	91
11.1.8. Metodologias, Critérios e Premissas	92
11.1.9. Resultados das Modelagens	94
11.1.10. Definição da ZAS	95
11.2. Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem Serra Azul em Cascata com a ECJ – Período Chuvoso	96
11.2.1. Características do Reservatório	96
11.2.2. Caracterização da Área a Jusante	96
11.2.3. Caracterização Geotécnica do Reservatório e do Barramento	96
11.2.4. Caracterização Reológica do Material.....	96
11.2.5. Estudos Hidrológicos.....	97
11.2.6. Topografia e Imageamento da Área a Jusante.....	97
11.2.7. Regionalização de Vazões a Jusante.....	99
11.2.8. Metodologias, Critérios e Premissas	100
11.2.9. Resultados das Modelagens	103
11.3. Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem Serra Azul em Cascata com a ECJ – Período Seco	104
11.3.1. Características do Reservatório	105
11.3.2. Caracterização da Área a Jusante	105
11.3.3. Caracterização Geotécnica do Reservatório e do Barramento	105
11.3.4. Caracterização Reológica do Material.....	105
11.3.5. Estudos Hidrológicos.....	105

11.3.6. Topografia e Imageamento da Área a Jusante.....	106
11.3.1. Metodologias, Critérios e Premissas	107
11.3.2. Resultados das Modelagens	110
11.4. LOCALIZAÇÃO SOCIOTERRITORIAL E POTENCIAIS INTERFERÊNCIAS	112
12. PLANO E REGISTRO DE TREINAMENTO DO PAEBM	114
13. PROTOCOLOS DE ENTREGA DO PAEBM PARA ÀS AUTORIDADES COMPETENTES	115
14. RELATÓRIO DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DO ACIDENTE (RCCA)	116
15. DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA	117
16. RELATÓRIO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM.....	118
17. APÊNDICES	119
17.1. Relatório de Causas e Consequências do Acidente	119
17.2. Ficha de Emergência – Galgamento	120
17.3. Ficha de Emergência – Erosão Interna ou <i>Piping</i>	124
17.4. Ficha de Emergência – Instabilização	128

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 17.1** Relatório de Causas e Consequências do Evento de Nível de Emergência
3
- Apêndice 17.2** Ficha de Emergência – Galgamento
- Apêndice 17.3** Ficha de Emergência – Erosão Interna ou *Piping*
- Apêndice 17.4** Ficha de Emergência – Instabilização

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Identificação dos Contatos do PAEBM
Anexo B	Protocolos de entrega do PAEBM às autoridades competentes
Anexo C	Plano e Registro de Treinamento do PAEBM
Anexo D	Pontos de Encontro e Rotas de Fuga
Anexo E	Plano de Trabalho Seguro na ZAS
Anexo F	Carta de Designação do Coordenador do PAEBM e seu Substituto
Anexo G	Modelos de Comunicação e Protocolos
Anexo H	Plano de Bloqueio de Vias ArcelorMittal
Anexo I	(RCO) e (DCO) Relatório e Declaração de Conformidade e Operacionalidade
Anexo J	Anotação de Responsabilidade Técnica do Relatório e Anotação de Responsabilidade dos Mapas

TABELAS

Tabela 1.1 – Controle de revisões de documentos protocolados.	14
Tabela 4.1 – Dados Gerais da Barragem Serra Azul.	27
Tabela 4.2 – Instrumentação instalada na Barragem Serra Azul.....	29
Tabela 5.1 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Alerta.....	32
Tabela 5.2 – Causas e evidências associadas aos modos de falha possíveis de ocorrer na Barragem Serra Azul.	35
Tabela 5.3 – Causas e gatilhos associados ao modo de falha liquefação, possíveis de ocorrer na Barragem Serra Azul.	36
Tabela 5.4 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Emergência 1.	37
Tabela 5.5 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Emergência 2.	39
Tabela 5.6 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Emergência 3.	40
Tabela 5.7 – Critérios para monitoramento e classificação de emergência da Barragem Serra Azul.	42
Tabela 5.8 – Plano de Ação Pós Ativação do TARP.	46
Tabela 6.1 – Ações esperadas para a Situação de Alerta.....	51
Tabela 6.2 – Ações esperadas para o Nível de Emergência 1.	52
Tabela 6.3 – Ações esperadas para o Nível de Emergência 2.	55
Tabela 6.4 – Ações esperadas para o Nível de Emergência 3.	57
Tabela 7.1 – Anomalias que podem originar situações de emergência na Barragem Serra Azul. ...	62
Tabela 8.1 – Equipamentos e recursos materiais disponíveis e sua localização.	67
Tabela 9.1 – Estratégia de notificação dos órgãos públicos.	69
Tabela 9.2 – Mecanismos de comunicação na ZAS em caso de emergência.	69
Tabela 9.3 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Alerta.	72
Tabela 9.4 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Emergência 1.....	74
Tabela 9.5 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Emergência 2.....	76
Tabela 9.6 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Emergência 3.....	78
Tabela 10.1 – Coordenadas das sirenes que compõem o sistema de alerta/alarme – Ruptura da Barragem Serra Azul.	80
Tabela 10.2 – Coordenadas das sirenes que compõem o sistema de alerta/alarme - Ruptura em cascata da Barragem Serra Azul juntamente com a ECJ.....	80

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 11.1 – Parâmetros do maciço.....	86
Tabela 11.2 – Parâmetros do rejeito.	86
Tabela 11.3 – Síntese dos resultados do trânsito de cheias – Período Chuvoso.	88
Tabela 11.4 – Resultados do trânsito de cheias para o TR 200 anos – Período seco.....	89
Tabela 11.5 – Entradas de vazão para o vale jusante da estrutura da Barragem Serra Azul.	92
Tabela 11.6 – Síntese dos resultados do trânsito de cheias – Período Chuvoso.	97
Tabela 11.7 – Entradas de vazão para o vale jusante da ECJ.	100
Tabela 11.8 – Volumes mobilizados no cenário de período chuvoso.....	101
Tabela 11.9 – Síntese dos resultados do trânsito de cheias – Período Seco.	106
Tabela 11.10 – Volumes mobilizados no cenário de período seco.....	108
Tabela 11.11 – Municípios atingidos pela mancha de inundação e principais cursos de água impactados.	112
Tabela 11.12– Interferências mapeadas no vale a jusante até o critério de parada da inundação.	112

FIGURAS

Figura 4.1– Localização da Barragem Serra Azul.	29
Figura 5.1 – Fluxograma de detecção de situação de alerta e emergência.....	33
Figura 9.1 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Alerta.	71
Figura 9.2 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Emergência 1.	73
Figura 9.3 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Emergência 2.	75
Figura 9.4 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Emergência 3.	77
Figura 10.1 – Vista aérea da locação da chave de corda para acionamento redundante.....	81
Figura 10.2 – Fluxograma para acionamento de sirene.	83
Figura 11.1 – Topografia Utilizada.	90
Figura 11.2 - Classificação de uso e cobertura para coeficiente de Manning.	91
Figura 11.3 – Topografia utilizada no estudo.	98
Figura 11.4 – Classificação de uso e cobertura para coeficiente de Manning.	99

IMAGENS

Imagem 7.1 – Centro de Monitoramento Geotécnico da Barragem Serra Azul.	61
Imagem 10.1 – Caixa de ancoragem da chave de corda nas ombreiras da Barragem Serra Azul. .	82

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

1. APRESENTAÇÃO E OBJETIVO DO PAEBM

1.1. Apresentação

Este documento apresenta o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da Barragem Serra Azul, pertencente à ArcelorMittal Brasil, localizada no município de Itatiaiuçu, Estado de Minas Gerais.

Em 13 de maio de 2025, por meio de Nota Técnica elaborada pela Fonntes Geotécnica, foi atestada a estabilidade estrutural, a funcionalidade hidráulica e a segurança operacional da Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ) implantada. Constatou-se que a estrutura encontra-se em condições satisfatórias, cumprindo sua função de contenção emergencial em conformidade com os requisitos estabelecidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM) e com as boas práticas de engenharia aplicáveis à disposição de rejeitos.

As simulações de ruptura da Barragem Serra Azul consideraram um cenário em que o rejeito percorre o leito do córrego a montante do reservatório da ECJ, sendo completamente retido pela estrutura. Reitera-se que a ECJ foi projetada para conter 100% do volume de rejeito em caso de rompimento da barragem, representando também uma medida essencial para viabilizar o início do processo de descaracterização da estrutura principal.

Em atendimento ao disposto no Art. 82 da Resolução GMG nº 83, de 16 de abril de 2024, este PAEBM contempla, obrigatoriamente, o cenário de rompimento da própria ECJ, considerando os riscos associados à sua eventual falha.

Conforme estabelecido na Portaria nº 70.389/2017 e na Lei Estadual nº 23.291/2019, a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como a região do vale a jusante da barragem onde se presume que não há tempo hábil para intervenção das autoridades competentes, sendo a responsabilidade de alerta à população integralmente do empreendedor. Para a delimitação da ZAS, adota-se o maior dos seguintes critérios:

- A distância correspondente ao tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos, ou;
- 10 quilômetros a jusante da barragem.

No caso da Barragem Serra Azul, a ZAS foi delimitada até a ECJ, localizada a aproximadamente 2,65 km a jusante da barragem principal.

Já para o cenário de ruptura em cascata, envolvendo simultaneamente a Barragem Serra Azul e a ECJ, a área de impacto foi definida com base nos mesmos critérios da ZAS, adotando-se a distância de 10 km a jusante da ECJ como referência técnica. A elaboração deste PAEBM está em conformidade com as exigências da legislação vigente, incluindo:

- Lei Federal nº 12.334/2010, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens;
- Resolução ANM nº 95/2022, que dispõe sobre a elaboração e atualização do PAEBM;
- Lei Estadual nº 23.291/2019, que trata da política estadual de segurança de barragens em Minas Gerais; e
- Decreto Estadual nº 48.078/2020, que regulamenta a referida lei estadual.

Adicionalmente, este plano atende às diretrizes da Resolução GMG nº 83/2024, que estabelece critérios específicos para avaliação de risco e elaboração do PAEBM no estado, incluindo a obrigatoriedade de considerar cenários de ruptura de Estruturas de Contenção a Jusante (ECJ), quando existentes.

Com a emissão desta nova versão, considera-se que todos os documentos anteriores foram substituídos e tornaram-se obsoletos, conforme indicado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Controle de revisões de documentos protocolados.

CONTROLE DE REVISÕES DE DOCUMENTOS PROTOCOLADOS			
Versão do Documento para Protocolo	Data de Emissão	Histórico das Revisões	Status
0	Novembro/2010	Documento inicial	Substituído
1	Não informado	Não informado	Substituído
2	Não informado	Não informado	Substituído
3	Não informado	Não informado	Substituído
4	Não informado	Não informado	Substituído
5	Não informado	Não informado	Substituído
6	Mai/2020	Não informado	Substituído
7	Junho/2020	Não informado	Substituído
8	Dezembro/2020	Não informado	Substituído
9	Novembro/2021	Atualização segundo legislação vigente	Substituído

CONTROLE DE REVISÕES DE DOCUMENTOS PROTOCOLADOS

Versão do Documento para Protocolo	Data de Emissão	Histórico das Revisões	Status
10	Julho/2022	Atualização segundo legislação vigente	Substituído
11	Abril/2023	Atualização contatos, nova sala CMG e Instrumentos.	Substituído
12	Junho/2024	Revisão e inclusão de novos anexos	Substituído
13	Abril/2025	Revisão e incorporação das melhorias advindas de processos internos e recomendações de auditoria.	Válido

1.2. Objetivo do PAEBM

O Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) tem como principal objetivo proteger vidas humanas e animais, mitigar impactos ambientais e preservar o patrimônio cultural em caso de ocorrência de situações de emergência relacionadas à estrutura da barragem.

Para alcançar esse objetivo, o plano estabelece um conjunto de ações organizadas e integradas que visam prevenir, preparar e responder a cenários de emergência, com destaque para:

Identificação e classificação de cenários de risco que possam comprometer a integridade da barragem;

- Definição de medidas preventivas e corretivas para garantir a segurança da estrutura;
- Estabelecimento de fluxos de comunicação eficientes entre os diversos agentes envolvidos na gestão de emergências;
- Implementação de sistemas de alerta para notificação tempestiva da população potencialmente afetada pela mancha de inundação;
- Execução de ações de resgate e salvamento de pessoas e animais em áreas de risco;
- Desenvolvimento de estratégias de mitigação de danos ambientais em caso de rompimento ou vazamento;
- Garantia de acesso a água potável para comunidades impactadas pela emergência;
- Adoção de medidas de proteção e salvaguarda do patrimônio cultural existente nas áreas potencialmente afetadas.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Em situações de emergência, deverão ser imediatamente acionadas as equipes internas da ArcelorMittal Brasil que possuem atuação no PAEBM, assim como os agentes externos que fazem parte do fluxo de notificação de emergência.

Os agentes externos envolvem empresas terceirizadas, órgãos públicos das esferas nacional, estadual e municipal e empresas responsáveis por estruturas localizadas à jusante da Barragem Serra Azul que possam potencializar os danos socioambientais já causados por uma eventual ruptura da barragem.

Os contatos de emergência dos representantes (titulares e suplentes) a serem notificados são listados no **ANEXO A – Identificação dos Contatos do PAEBM**.

O acionamento dos agentes internos e externos ocorrerá por meio de contatos telefônicos e radiocomunicação. Dessa forma, a verificação e atualização dos contatos e telefones constantes no **ANEXO A** deverão ser realizadas periodicamente e sempre que houver mudanças no PAEBM. Estas ações estão sob responsabilidade da empresa ArcelorMittal Brasil.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

2. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO PAEBM

Em situações de emergência, deverão ser imediatamente acionadas as equipes internas da ArcelorMittal Brasil que possuem atuação no PAEBM, assim como os agentes externos que fazem parte do fluxo de notificação de emergência.

Os agentes externos envolvem empresas terceirizadas, órgãos públicos das esferas nacional, estadual e municipal e empresas responsáveis por estruturas localizadas à jusante da Barragem Serra Azul que possam potencializar os danos socioambientais já causados por uma eventual ruptura da barragem.

Os contatos de emergência dos representantes (titulares e suplentes) a serem notificados são listados no **ANEXO A – Identificação dos Contatos do PAEBM**.

O acionamento dos agentes internos e externos ocorrerá por meio de contatos telefônicos e radiocomunicação. Dessa forma, a verificação e atualização dos contatos e telefones constantes no **ANEXO A** deverão ser realizadas periodicamente e sempre que houver mudanças no PAEBM. Estas ações estão sob responsabilidade da empresa ArcelorMittal Brasil.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

3. RESPONSABILIDADES DURANTE A EMERGÊNCIA

Durante uma emergência os funcionários da ArcelorMittal Brasil de diversos setores possuem responsabilidades importantes vinculadas às suas respectivas competências, que em geral envolvem a detecção, avaliação e classificação da emergência, bem como a tomada de decisão, a notificação e emissão de alertas de evacuação às populações potencialmente afetadas a jusante da barragem. Além disso, há o suporte de autoridades e órgãos públicos nas notificações e nas ações para reduzir o impacto na área de influência.

Nesta seção são apresentadas as responsabilidades gerais no PAEBM, com destaque para aquelas relativas à ArcelorMittal Brasil, ao Coordenador do PAEBM, à Equipe de Monitoramento e à Equipe Técnica.

3.1. Responsabilidades da Arcelormittal Brasil como Empreendedor Durante a Emergência

De acordo com a Resolução ANM no 95/2022, o Empreendedor é definido como pessoa física ou jurídica que detenha outorga, licença, registro, concessão, autorização ou outro ato que lhe confira direito de operação da barragem e do respectivo reservatório, ou, subsidiariamente, aquele com direito real sobre as terras onde a barragem se localize, se não houver quem os explore oficialmente, cabe ao Empreendedor da barragem de mineração garantir que todas as ações necessárias durante a emergência sejam executadas pelas equipes técnicas conforme relação a seguir:

- Providenciar a elaboração do PAEBM, incluindo o estudo e o mapa de inundação;
- Disponibilizar informações, de ordem técnica, para a Defesa Civil, para as prefeituras e para as demais instituições indicadas pelo governo municipal, quando solicitado formalmente;
- Promover treinamentos internos, no máximo a cada 6 (seis) meses, e manter os respectivos registros das atividades;
- 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, apoiar e participar de simulados de situações de emergência na ZSS, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB;
- Designar formalmente o coordenador do PAEBM e seu substituto;

- 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;
- 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, 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;
- 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;

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

- 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;
- 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 da Resolução ANM nº95, 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 demais casos, 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; e
- 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.

No contexto da ArcelorMittal Brasil, as áreas que atuarão como Empreendedor da Barragem Serra Azul serão a Gerência Geral de Tecnologia Mineração (CTO) e a Direção Geral Mineração, que deverão seguir as responsabilidades citadas anteriormente e indicadas na Resolução ANM nº 95/2022.

Algumas responsabilidades adicionais dessas áreas durante uma emergência da Barragem Serra Azul são descritas a seguir.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

3.1.1. Gerência Geral de Tecnologia Mineração (CTO)

- Atuar nos projetos de engenharia para desenvolvimento da solução definitiva para a emergência;
- Contratar e gerenciar consultorias geotécnicas para implantação das obras previstas dentro do escopo de descaracterização da Barragem de Serra Azul;
- Interagir com as partes técnicas que dão suportes aos órgãos fiscalizadores;
- Gerenciar as reuniões de alinhamento com o Ministério Público;
- Reportar internamente a alta direção a evolução das medidas mitigadoras.

3.1.2. Direção Geral Mineração

- Atuar junto ao PAEBM suportando as tomadas de decisões para o melhor encaminhamento das soluções para mitigação e retomada dos níveis de segurança da estrutura;
- Ser canal de interação com as entidades reguladoras pautando os trabalhos e estudos em desenvolvimento de forma a dar clareza ao PAEBM;
- Assumir a responsabilidade de direcionar todos os recursos para o correto e pleno atendimento do plano de ação em caso de emergência.

3.2. Responsabilidades do Coordenador do PAEBM durante a Emergência

De acordo com a Resolução ANM nº 95/2022, o coordenador do PAEBM é o profissional, designado pelo empreendedor da barragem, com 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. Suas principais atribuições são:

- Executar as ações em situações de emergências previstas nos Fluxogramas de Notificação 1, 2 e 3, assim como a classificação do nível de risco;

- Em caso de Níveis de Emergência 1, 2 e 3, realizar notificações aos agentes internos e externos contemplados nas listas de contatos e de acordo com os fluxogramas de notificação;
- Aplicar ou designar responsável pelo treinamento de capacitação do PAEBM, cabendo aplicação a todos os empregados próprios e terceiros da unidade;
- 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;
- Coordenar a evacuação interna quando necessário;
- Manter a alta direção da empresa informada sobre a situação da barragem;
- Autorizar bloqueio das vias internas e saídas de veículos da área interna do empreendimento da barragem. O Plano de Bloqueio das Vias encontra-se no **ANEXO H** deste documento;
- Garantir a disponibilidade dos recursos necessários a serem utilizados nas ações corretivas e/ou emergenciais, tais como equipamentos, materiais e mão de obra;
- 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 Acidente em caso de acidente;
- Atualizar o PAEBM sempre que houver mudanças nos meios e recursos disponíveis para serem utilizados em uma situação de emergência, bem como no que se refere a verificação e a atualização dos contatos e telefones constantes no fluxo de notificação ou quando houver mudança nos cenários de emergência.

3.3. Responsabilidades da Equipe Técnica Envolvida no Fluxo de Ações do PAEBM Durante a Emergência

3.3.1. Saúde e Segurança

- Coordenar e participar dos simulados internos e externos;
- Dar suporte na elaboração de plano de ação e controle para as fases de Prevenção, Mitigação, Resposta e Recuperação;

- Atuar nas atividades de Gestão de Crises e acolhimento em caso de evacuação da população a jusante;
- Interagir com a Defesa Civil municipal e estadual para atendimento aos procedimentos necessários dentro do escopo de cada órgão;
- Dar suporte ao isolamento das áreas de risco;
- Apoiar tecnicamente o coordenador do plano na avaliação dos riscos gerados pela emergência aos trabalhadores;
- Fornecer informações das ações realizadas durante a emergência para subsidiar a elaboração do Relatório de Encerramento do Evento de Emergência;
- Contatar, em âmbito municipal, o hospital, o SAMU e o Corpo de Bombeiros, conforme lista de contatos.

3.3.2. Comunicação

- Assessorar e orientar os colaboradores internos, *stakeholders* e comunidade para as ações de desenvolvimento, bem como para as informações institucionais;
- Apoiar na construção das mensagens-chave para notificação à população potencialmente afetada;
- Promover e/ou conceder aos órgãos de comunicação, conforme a ocorrência, entrevistas e coletivas de imprensa relativas às emergências ocorridas;
- Fornecer informações das ações realizadas durante a emergência para subsidiar a elaboração do Relatório de Encerramento do Evento de Emergência;
- Notificar a equipe do PAEBM para qualquer necessidade de posicionamento técnico e de segurança que considere a barragem e suas estruturas auxiliares;
- Contatar, em âmbito municipal, a Imprensa, conforme lista de contatos.

3.3.3. Meio Ambiente

- 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;
- Avaliar os impactos ambientais ocorridos e propor ações para mitigá-los, bem como medidas para evitar e/ou minimizar a incidência de novos impactos;
- Acompanhar e prestar as informações necessárias aos representantes dos órgãos de meio ambiente;
- Atuar na fiscalização das ações e projetos relativos à barragem;
- Alertar para correta atuação e atendimento as leis de proteção ao meio ambiente;
- em caso de acionamento do plano de emergência dar o suporte no resgate e proteção dos animais da região da ZAS;
- Realizar os estudos de impacto com implantação de medidas mitigadoras;
- Contatar, em âmbito estadual, os órgãos ambientais SEMAD, IEPHA, FEAM, IMA, IGAM e IEF, conforme lista de contatos.

3.3.4. Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)

- Acompanhar o monitoramento geotécnico da estrutura;
- Reportar qualquer anomalia, de imediato e a qualquer momento;
- Realizar os relatórios diários de monitoramento geotécnico;
- Realizar as inspeções diárias de campo, com emissão de ISE;
- Manter o coordenador o PAEBM atualizado sobre a situação na estrutura;
- Notificar os Pontos de Bloqueio dentro da ZAS;
- Controlar a permanência de pessoas dentro da ZAS;
- Acompanhar e informar a evolução da emergência;
- Contatar, em caso de Níveis de Emergência 1, 2 e 3, o Coordenador do PAEBM e os responsáveis pelos Pontos de Bloqueio da ZAS.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

3.3.5. Geotecnia

Responsável pelo apoio técnico à equipe do Centro de Monitoramento Geotécnico, participando as análises do monitoramento geotécnico e validação dos relatórios e procedimentos relacionados.

Suas principais atribuições são:

- Acompanhar o monitoramento geotécnico da estrutura;
- Reportar qualquer anomalia, de imediato e a qualquer momento;
- Realizar os relatórios diários de monitoramento geotécnico;
- Inserir as ISEs no SIGBM;
- Certificar que os procedimentos estão sendo aplicados na condução das atividades;
- Comunicar de imediato o coordenador do PAEBM em caso de emergência;
- Acompanhar as inspeções de campo;
- Checar os equipamentos de monitoramento;
- Validar os dados de campo;
- Emitir e enviar via SIGBM a Declaração de Encerramento de Emergência de acordo com o modelo do Anexo VI da Resolução ANM nº 95/2022, em até cinco dias após o encerramento da citada emergência;
- Acompanhar e informar a evolução da emergência.

3.3.6. Projetos

A Gerência de Projetos foi criada para mitigação do risco com a construção da ECJ (Estrutura de Contenção à Jusante) e para finalizar a descaracterização da Barragem de Serra Azul. Suas principais atribuições são:

- Dar suporte ao Centro de Monitoramento Geotécnico, à Equipe de Geotecnia e ao Coordenador do PAEBM nas ações em caso de alteração no nível emergência da Barragem Serra Azul;
- Dar suporte do planejamento das ações para mitigação;

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

- Deslocar e coordenar o efetivo para as ações do PAEBM e de retomada do nível de segurança;
- Reportar ao Coordenador do PAEBM a respeito do Plano de Ação (em caso de acionamento da emergência);
- Reportar ao Coordenador do PAEBM e a alta direção a evolução das obras de descaracterização da Barragem Serra Azul;;
- Dar suporte à alta direção nas ações planejadas para correção ou mitigação da emergência.

3.4. Responsabilidades da Defesa Civil durante a Emergência

A Defesa Civil tem o objetivo de reduzir os riscos e danos sofridos pela população em caso de desastres. Atua antes, durante e depois de desastres por meio de ações distintas e inter-relacionadas: Prevenção, Mitigação, Resposta e Recuperação. Suas principais atribuições são:

- Estabelecer os requisitos mínimos necessários para elaboração e aprovação do Plano de Ação de Emergência – PAE concernentes à competência do órgão estadual de Proteção e Defesa Civil, expressa no Decreto Estadual nº 48.078, de 05 de novembro de 2020;
- Atuar de acordo com as prerrogativas definidas na Lei Federal nº 12.608/2012, Lei Federal nº 12.340/2010, Portaria do Ministério da Integração nº 413/2018 e Instrução Técnica GMG/CEDEC nº 01/2021;
- Atuar conforme definido na Seção II do PAEBM.

4. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A Barragem Serra Azul está inserida no município de Itatiaiuçu/MG, na Mina Serra Azul, administrada pela empresa ArcelorMittal Brasil. As principais características dessa estrutura estão listadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados Gerais da Barragem Serra Azul.

DADOS GERAIS	
Nome da estrutura	Barragem Serra Azul
Empreendedor	ArcelorMittal Brasil S.A.
CNPJ	17.469.701/0150-18
Endereço – sede administrativa	Rodovia MG-431, km 10 – Fazenda Pacheco - Zona Rural – Itatiaiuçu/MG
Mina	Mina Serra Azul
Município / UF	Itatiaiuçu/MG
Coordenadas de localização ¹	20°08'15.3"S e 44°23'46.2"W
Finalidade	Disposição de rejeitos
Situação operacional	Paralisada
Início de operação	Década de 80
Final da operação	Paralisada desde outubro de 2012
Materiais armazenados	Rejeito fino de minério de ferro
Classe dos resíduos (ABNT/NBR 10.004)	Classe II A (não perigosos, não inertes)
Metodologia construtiva	Montante
Seção típica	Rejeito, Terra / Enrocamento, Enrocamento (cadastrado no SIGBM)
Altura da barragem (m)	85,00
Volume do reservatório ² (m³)	4.774.173,43

¹ Coordenadas em SIRGAS2000.

² Volume do lago referente ao NA Normal + volume de material (sólidos) submerso + volume de material (sólidos) emerso.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

DADOS GERAIS	
Bacia hidrográfica	Rio Paraopeba
Curso d'água barrado	Córrego Mota e Rio Veloso
Dano Potencial Associado ³	Alto
Nível de emergência	NE-3
Sistema extravasor	O sistema extravasor da barragem é composto por uma galeria de encosta, com torres extravasoras, servidas por <i>stop-logs</i> , conectada a uma galeria de fundo, que descarrega a vazão captada no terreno natural, recoberto com canga, e daí para a drenagem natural, fluindo no sentido do Córrego Mota.
Estrutura Associada	ECJ

4.1. Localização

A Barragem Serra Azul se localiza no município de Itatiaiuçu/MG, na região central do estado. A estrutura se localiza próxima às coordenadas 563.235 m E e 7.773.172 m N (UTM 23S – datum SIRGAS2000).

O acesso à Mina Serra Azul, a partir de Belo Horizonte, é realizado pela BR-381 – Rodovia Fernão Dias (sentido São Paulo) até o km 533 e posterior entrada à direita pelo trevo situado neste quilômetro. Deste ponto até a mina são percorridos 7,00 km na estrada vicinal pavimentada. A Figura 4.1 apresenta a localização do empreendimento.

³ Classificação conforme a Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

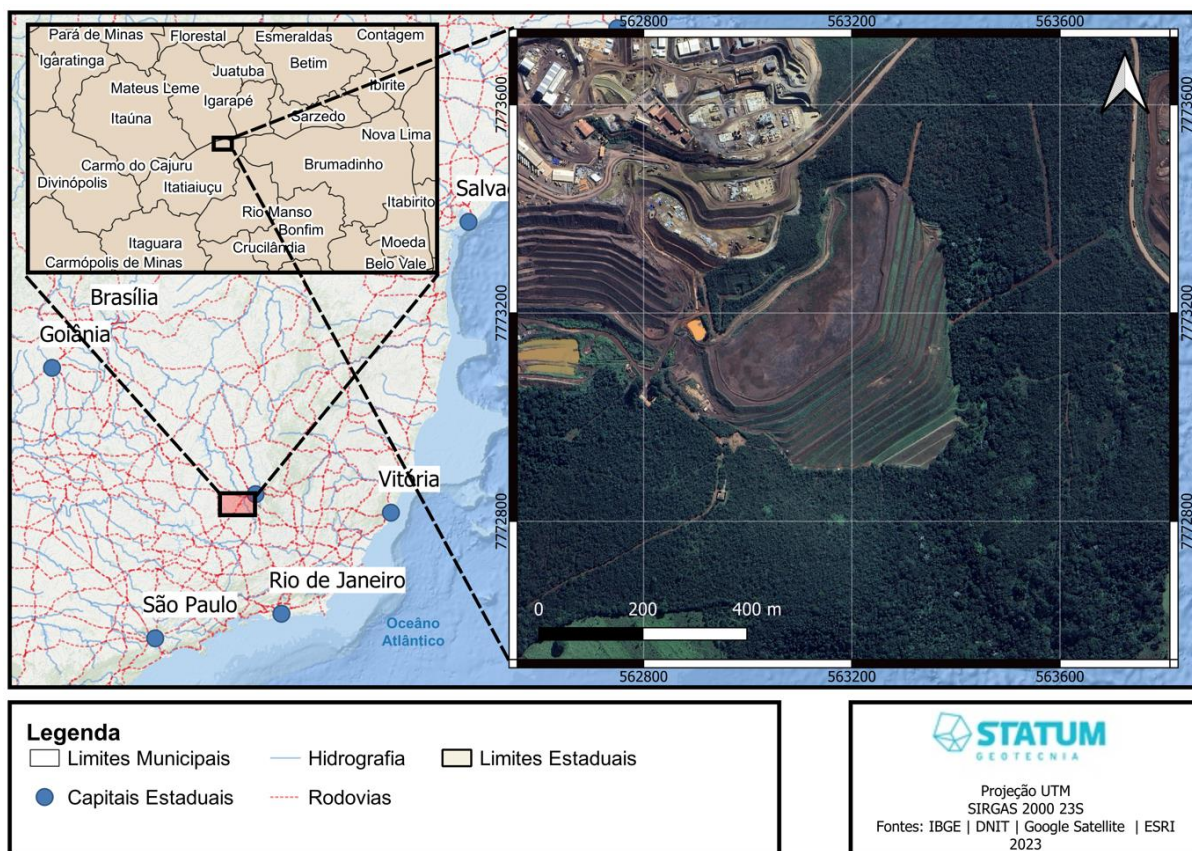


Figura 4.1– Localização da Barragem Serra Azul.

4.2. Descrição do Sistema de Monitoramento da Estrutura

Os dispositivos de instrumentação e monitoramento utilizados na Barragem Serra Azul, ou nas proximidades, são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Instrumentação instalada na Barragem Serra Azul.

INSTRUMENTAÇÃO		
Instrumento	Quantidade	Tipo de leitura
Piezômetro tipo Casagrande	02	Manual
	34	Automática
Indicador de Nível d'Água	14	Manual
	15	Automática
Medidor de vazão	5	Automática
Pluviômetro	1	Automática
	2	Manual
Marco topográfico superficial	49	Manual
Radar Ibis FM	1	Automática

INSTRUMENTAÇÃO

Instrumento	Quantidade	Tipo de leitura
Radar Doppler	1	Automática
Radar SarX	1	Automática
Geofone (monitoramento sísmico)	21	Automática
Chave de Corda (redundância radar Doppler)	1	Automática
GNSS (medidor de deslocamento)	5	Automática
CFTV – Video Monitoramento	2	Automática
Estação total robótica (ETR)	1	Automática
Primas de monitoramento	30	Automática
Tiltímetros	8	Automática

A barragem possui instrumentos com leituras manuais, lidos com periodicidade mínima quinzenal e instrumentos com leituras automáticas. As leituras automáticas dos instrumentos convencionais e tecnologias remotas são realizadas com frequência definida conforme tipo de instrumento e avaliação da área responsável e/ou critérios da projetista.

A estrutura também possui o Sistema GNSS, implantado para acompanhamento do deslocamento do dique de partida, composto por 4 pontos de monitoramento. O sistema se soma e é redundância ao monitoramento via radar (IBIS e RADAR SAR X), juntamente com tiltímetros e estação total robótica com 30 prismas de monitoramento e trabalham on-line com o (CMG) Centro de Monitoramento Geotécnico (coleta de dados via satélite).

As leituras manuais e automáticas dos instrumentos instalados na Barragem Serra Azul são armazenadas nos sistemas SENTNEL e PASE Hidrometria e são acompanhadas pelo Centro de Monitoramento Geotécnico, que realiza análise e interpretação dos dados de instrumentação em conjunto com a equipe de Geotecnia.

Além disso, a barragem possui monitoramento 24h por meio de câmeras de vídeo vigilância instaladas nas adjacências da estrutura. O acompanhamento das imagens ocorre através do Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) e da equipe de geotecnia operacional. As imagens são registradas e armazenadas no *software* de gestão e banco de dados intitulado SISTEMA CFTV - PROGRAMA DIGIFORT, e ficam disponíveis no período mínimo de 90 dias.

As informações sobre cada tipo de instrumento, localização e registros de monitoramento estão disponíveis no Plano de Segurança da Barragem (PSB) e a descrição das atividades do Centro de Monitoramento Geotécnico é apresentada no item 7.1.4.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

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

5.1. Detecção e Avaliação de uma Situação de Alerta

De acordo com a Resolução nº 95/2022 da ANM, inciso I, artigo 40, considera-se iniciada uma Situação de Alerta quando:

- I - 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 da Resolução nº 95/2022 ANM em 2 (dois) EIR seguidos; ou
- II - Quando for detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada; ou
- III - A critério da ANM.

A Tabela 5.1 apresenta a síntese dos critérios básicos orientativos para auxiliar os profissionais responsáveis na classificação do nível de alerta.

Tabela 5.1 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Alerta.

NÍVEL	SITUAÇÃO	AÇÕES CORRETIVAS
Nível de Alerta	For detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do quadro Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) em 2 (dois) Extratos de Inspeção Regular seguido.	
	For detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada.	
	A DCO não for enviada, conforme os prazos previstos no inciso II do Art 45 desta Resolução ANM nº 95/2022.	Realizar a manutenção imediata conforme orientação da Geotecnia de modo a evitar a progressão dessa anomalia, evitando comprometer a segurança das estruturas.
	A DCO for enviada concluindo pela não conformidade e operacionalidade do PAEBM da barragem.	
	A barragem for classificada como risco inaceitável no PGRMB.	
	O sistema extravasor não estiver dimensionado de acordo com o Tempo de Retorno estabelecido no art. 24 da Resolução ANM nº 95/2022, alterada pelas Resoluções ANM nº 130/2023 e nº 175/2024, exceto quando estiver em adequação, conforme § 6º, do artigo 24.	
	A critério da ANM.	

5.2. Detecção e Avaliação de uma Situação de Emergência

A detecção de uma situação de emergência inicia-se a partir de inspeções de campo realizadas pelo Centro de Monitoramento Geotécnico ou através de observações de irregularidades percebidas por outros colaboradores da ArcelorMittal Brasil, ou por profissionais de empresas terceirizadas, que informam a equipe de Geotecnia. Após identificação de uma situação insegura, a equipe de

Geotecnia avalia, classifica e aciona o Coordenador do PAEBM caso seja configurada uma situação de emergência. A descrição desse processo é apresentada na Figura 5.1.

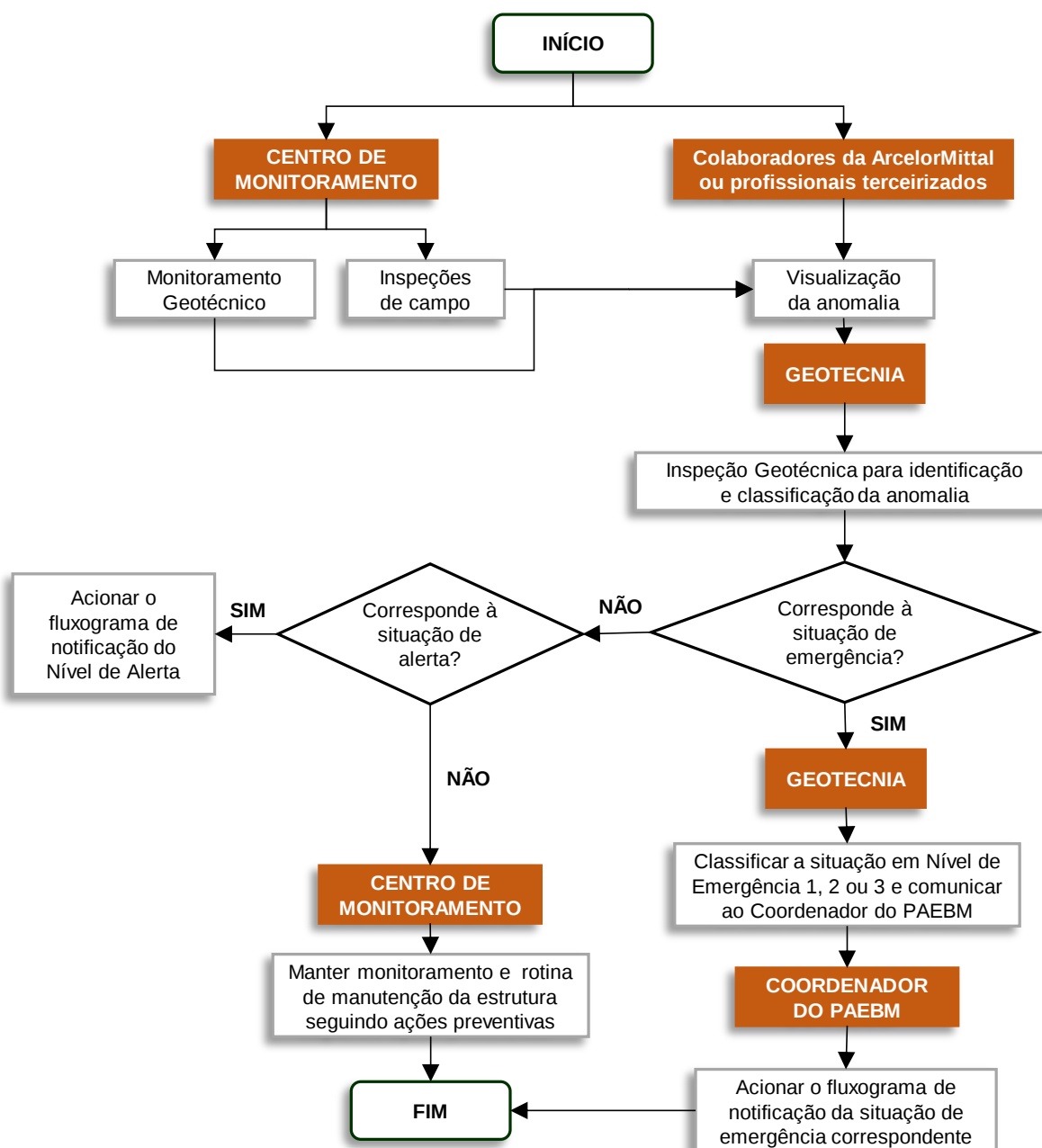


Figura 5.1 – Fluxograma de detecção de situação de alerta e emergência.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

De acordo com a Resolução ANM nº 95/2022, considera-se iniciada uma Situação de Emergência quando:

I – Inicia-se uma Inspeção de Segurança Especial (ISE) da barragem de mineração, ou seja:

- Sempre que detectadas anomalias com pontuação 10 (dez) em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022; ou
- Em qualquer tempo, quando exigidas pela ANM, bem como, independentemente de solicitação formal pela agência, após a ocorrência de eventos excepcionais que possam significar impactos nas condições de estabilidade.

Ou

II – Em qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura;

Ou

III - Em qualquer dos casos elencados no inciso II do art. 41 da Resolução ANM nº 95/2022, que são representados na Tabela 5.4, na Tabela 5.5 e na Tabela 5.6;

Ou

IV - A critério da ANM.

As situações com potencial de comprometimento da segurança que, porventura, possam ocorrer na barragem estão associadas a determinadas causas, que por sua vez apresentam evidências que podem auxiliar sua identificação. As possíveis causas e suas evidências encontram-se apresentadas na Tabela 5.2, cabendo destacar que as evidências apresentadas se trata apenas de indicativos iniciais. Desta forma, toda e qualquer anomalia identificada deve ser avaliada pela equipe de Geotecnia, composta por profissionais tecnicamente capacitados.

Para o modo de falha liquefação, ao qual a Barragem Serra Azul está susceptível, foi elaborada a Tabela 5.3 que apresenta as causas e potenciais eventos de gatilhos associados. Neste caso, não é possível definir algumas evidências, pois como se trata de um evento instantâneo, é difícil estabelecer certos limites.

Tabela 5.2 – Causas e evidências associadas aos modos de falha possíveis de ocorrer na Barragem Serra Azul.

Modo de Falha	Evidências	Causa
Galgamento	Diminuição da borda livre; Aumento do nível de assoreamento, comprometendo o volume de amortecimento.	Volume de amortecimento insuficiente; Obstrução do sistema extravasor; Vazões afluentes acima da capacidade do extravasor; Chuvas excepcionais.
Erosão interna	Zonas encharcadas ou saturadas no talude de jusante ou na fundação e/ou nas ombreiras a jusante do maciço; Surgências de água.	Falha no sistema de drenagem interna (obstrução, colmatação, transição inadequada, etc.); Gradientes hidráulicos elevados; Fissuramento do maciço.
Erosão Superficial	Controle da percolação através da estrutura.	Falha na drenagem superficial em áreas cobertas por estruturas filtrantes.
	Erosões aparentes na face dos taludes.	Água pluvial carreando materiais.
Instabilização	Recalques, abatimentos, subsidências e/ou desalinhamentos na crista, bermas, taludes e drenagem externa; Trincas longitudinais e/ou transversais.	Baixa resistência do material de fundação/maciço; Falha no sistema de drenagem interna; Mau funcionamento do sistema de drenagem superficial.
	Instabilidade global.	Abalo sísmico / desmonte.

Tabela 5.3 – Causas e gatilhos associados ao modo de falha liquefação, possíveis de ocorrer na Barragem Serra Azul.

Modo de Falha	Evidências	Causa
Liquefação	• Formação de lago e redução do comprimento de praia; • Variação das poropressões. • Vibração cisalhante acima dos limites admissíveis. • Modificações da tensão, com deformação decorrente de ações na estrutura. • Ruptura em condições drenadas ou não drenadas. • Surgências de água no maciço e/ou saturação. • Piping. • Ruptura em condições não drenadas.	• Presença de materiais no maciço ou fundação que sejam suscetíveis a liquefação. • Desmonte de mina. • Deformação excessiva. • Controle da percolação através da estrutura. • Controle da percolação através da estrutura. • Abalos sísmico.

5.2.1. Classificação dos Níveis de Emergência

A Tabela 5.4, a Tabela 5.5 e a Tabela 5.6 apresentam critérios básicos orientativos para auxiliar os profissionais responsáveis na classificação dos níveis de emergência, com base nos principais modos de falha identificados para a barragem. Salienta-se que tal lista não é exaustiva, e eventuais outras situações não descritas, mas com potencial comprometimento da segurança, poderão ser identificadas, as quais deverão ser avaliadas e classificadas pela equipe de Geotecnia da estrutura.

Após declarada uma situação de emergência devem ser realizadas ações corretivas, onde as principais orientações são apresentadas nas FICHAS DE EMERGÊNCIA (Apêndices 13.6, 13.7 e 13.8).

Tabela 5.4 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Emergência 1.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	FICHA DE AÇÕES CORRETIVAS
NE-1	Barragem classificada como Categoria de Risco Alta.	
	INSTABILIZAÇÃO	
	DCE Negativa quanto a estabilidade física do maciço. <u>Estado de conservação:</u> Detecção de anomalia que resulte em pontuação 10 (dez) do quadro de Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) no Extrato de Inspeção Regular; Detecção de anomalia que resulte em pontuação 6 (seis) na mesma coluna do quadro de Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95) em 4 (quatro) Extratos de Inspeção Regular seguidos. <u>Estudo de estabilidade:</u> Avaliação dos dados de monitoramento pela Geotecnia/EOR do grupo de instrumentos (associação) vinculados ao(s) controle(s) crítico(s): - Quando o Fator de Segurança Drenado estiver entre: $1,3 \leq FS < 1,5$; - Quando o Fator de Segurança não drenado para resistência de Pico estiver entre $1,2 \leq FS < 1,3^4$.	Ficha 1 Ficha 4 Ficha 7
	GALGAMENTO	
	DCE Negativa quanto ao dimensionamento do sistema extravasor⁵; Obstrução significativa do sistema extravasor e/ou condições hidráulicas inadequadas durante período chuvoso, que comprometa a eficiência do vertedouro e da borda livre. <u>Estado de conservação:</u>	

⁴ Critério válido conforme Art. 41, inciso I, alínea “e” da Resolução ANM 95 até dezembro de 2025. A partir desta data esse critério deverá ser reavaliado.

⁵ Estrutura não atende aos critérios estabelecidos na NBR 13028/2017 ou critérios/prazos estabelecidos na Resolução 95, de acordo com DPA da estrutura ou critério adicional indicado pelo auditor.

NÍVEL DE
EMERGÊNCIA

SITUAÇÃO

FICHA DE
AÇÕES
CORRETIVAS

Detecção de anomalia que resulte em pontuação 10 (dez) no item "Confiabilidade das Estruturas Extravasoras" do quadro Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) no Extrato de Inspeção Regular;

Detecção de anomalia que resulte em pontuação 6 (seis) no item "Confiabilidade das Estruturas Extravasoras" do quadro de Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) em 4 (quatro) Extratos de Inspeção Regular seguidos.

EROSÃO INTERNA

Alterações significativas na vazão do dreno de fundo⁶ (considerando as variações sazonais históricas), associado a carreamento de material e/ou elevada turbidez, sem a variação do nível do reservatório;

Percolação não controlada, com carreamento de sólidos emergindo no contato com estruturas de concreto e/ou em outros pontos estratégicos da estrutura, tais como diques de sela, fundação e contato com as ombreiras.

Estado de conservação:

Detecção de anomalia que resulte em pontuação 10 (dez) no item "Percolação" do quadro Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) no Extrato de Inspeção Regular;

Detecção de anomalia que resulte em pontuação 6 (seis) no item "Percolação" do quadro de Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) em 4 (quatro) Extratos de Inspeção Regular seguidos.

⁶ Considerando que houve uma verificação na confiabilidade das leituras em função de manutenção, qualidade do instrumento e aspectos operacionais.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 5.5 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Emergência 2.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	FICHA DE AÇÕES CORRETIVAS
NE-2	INSTABILIZAÇÃO <u>Estado de conservação</u> Quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como "não controlado", de acordo com a definição do § 1º do art. 31 da Resolução ANM nº 95, ou seja, anomalia não foi controlada e tampouco extinta, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la. <u>Estudo de estabilidade:</u> Avaliação dos dados de monitoramento pela Geotecnia/EOR do grupo de instrumentos (associação) vinculados ao(s) controle(s) crítico(s): - Quando o Fator de Segurança Drenado estiver entre: $1,1 \leq FS < 1,3$; - Quando o Fator de Segurança não drenado para resistência de Pico estiver entre: $1,0 \leq FS < 1,2$.	
	GALGAMENTO Elevação do Nível de Água do reservatório ultrapassa NA Máximo <i>Maximorum</i> . <u>Estado de conservação:</u> Quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como "não controlado", de acordo com a definição do § 1º do art. 31 da Resolução ANM nº 95, ou seja, anomalia não foi controlada e tampouco extinta, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la.	Ficha 2 Ficha 5 Ficha 8
	EROSÃO INTERNA Início da formação do fluxo concentrado, com saída de água fora do sistema de drenagem interno ou em região sem proteção de filtros ou em implantação, com aumento significativo de vazão. <u>Estado de conservação:</u> Quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como "não controlado", de acordo com a definição do § 1º do art. 31 da Resolução ANM nº 95, ou seja, anomalia não foi controlada e tampouco extinta, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la.	

Tabela 5.6 – Critérios para auxiliar a classificação do Nível de Emergência 3.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	FICHA DE AÇÕES CORRETIVAS
NE-3	Ruptura inevitável ou está ocorrendo.	
	INSTABILIZAÇÃO	
	<u>Estudo de estabilidade:</u> Avaliação dos dados de monitoramento pela Geotecnia/EOR do grupo de instrumentos (associação) vinculados ao(s) controle(s) crítico(s): - Quando o Fator de Segurança estiver abaixo de 1,1 para condições drenadas. - Quando o Fator de Segurança estiver abaixo de 1,0 para condição não drenada de pico.	Ficha 3 Ficha 6 Ficha 9
	GALGAMENTO	
	Elevação do nível de água do reservatório atinge o ponto mais baixo da crista da barragem.	
	EROSÃO INTERNA	
	Fluxo concentrado com carreamento de sólidos onde soluções de engenharia não são mais suficientes para realizar o controle; Erosão regressiva com formação e progressão do tubo (<i>piping</i>) e vazão crescente. Situação sem controle.	

A ArcelorMittal Brasil apresenta critérios orientativos específicos que fazem parte da rotina de monitoramento da Barragem Serra Azul. Esses critérios são apresentados através do TARP (*Trigger Action Response Plans*) que auxiliam os profissionais responsáveis na classificação dos níveis de emergência e contemplam o monitoramento por instrumentos e por inspeções de segurança realizadas na estrutura conforme apresentado na Tabela 5.7.

O objetivo deste TARP é determinar as ações necessárias para cada evento (gatilho) considerando as atividades a serem realizadas na manutenção e inspeção da área da barragem até o eixo 6, de acordo com o Plano de Acesso para Inspeção e Manutenção da Barragem Serra Azul resultando em

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

uma operação segura dentro da ZAS. Foram considerados para cada equipamento de monitoramento da barragem Serra Azul, questões técnicas e operacionais relativas aos controles de estabilidade e manutenção. Os resultados destes controles foram divididos em níveis de alertas, com ações a serem tomadas de acordo com o descrito abaixo:

- **Verde** – Situação aceitável. Condições normais. O desempenho está conforme o esperado e nenhuma comunicação extra necessita ser efetuada.
- **Amarelo** – Situação de risco menor. O Centro de Monitoramento (Eng. Responsável) Coordenador do PAEBM, Gerente Geral de Tecnologia de Mineração devem ser notificados. Pode haver um controle pré-definido a ser implementado, ou a ação pré-definida pode ser para aumentar a frequência de vigilância e análise. Atividades adicionais de vigilância podem ser realizadas.
- **Laranja** – Situação de risco moderado. Além do Centro de Monitoramento (Eng. Responsável), Coordenador do PAEBM, Gerente Geral de Tecnologia de Mineração são notificados e alerta por rádio aos líderes, equipes de segurança do trabalho, líderes de fuga e equipe de emergência. Controles de risco pré-definidos são implementados. Atividades de vigilância são intensificadas para monitorar o indicador de desempenho em questão, relacionado aos critérios de desempenho e a eficácia do controle do risco implementado. Especialistas e equipe de Geotecnia podem ser procurados. O acúmulo ou combinação de situações de risco moderado pode levar a uma situação de alto risco e acionar o gatilho Vermelho.
- **Vermelho** – Situação de alto risco. Dependendo do modo de falha e como os limiares são definidos, atingir este nível significa que **todas as atividades devem ser paralisadas**. Sala de Monitoramento (Eng. Responsável), Coordenador do PAEBM, Gerente Geral de Tecnologia de Mineração são notificados e alerta por rádio aos líderes, equipes de segurança do trabalho, líderes de fuga e equipe de emergência para as tomadas de ações imediatas.

Após a identificação do Item do TARP, um plano de ação específico deve ser executado, considerando os mesmos níveis adotados (Amarelo, Laranja e Vermelho). A equipe de monitoramento geotécnico será o responsável pelas comunicações aos demais times, além de criar planos de ação/mitigação para cada desvio encontrado.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 5.7 – Critérios para monitoramento e classificação de emergência da Barragem Serra Azul.

TARP - Trigger Action Response Plans - Zona de Auto Salvamento (ZAS) - ArcelorMittal Mineração Serra Azul						
MONITORAMENTO	INTERVENÇÃO	NÍVEL VERDE (OPERAÇÃO NORMAL)	INDICADORES INICIAIS DE PREOCUPAÇÕES	NÍVEL AMARELO (RISCO MENOR)	NÍVEL LARANJA (RISCO MODERADO)	NÍVEL VERMELHO (RISCO ELEVADO)
RADAR IBIS	ANÁLISE TÉCNICA	Vigilância por radar sem deslocamento de área, no intervalo de 0 a 2,49 mm	Vigilância por radar acusar deslocamento de área igual a 2,5 mm	Vigilância por radar acusar 5,0 mm de deslocamento de área com alarme	Vigilância por radar acusar 8,0 mm de deslocamento de área com alarme	Vigilância por radar acusar 100,0 mm de deslocamento de área com alarme.
	MANUTENÇÃO	Radar Operando normalmente, sem apresentar defeitos	Alerta Preventivo dos sistemas do Radar Ibis	Falha no equipamento que requer manutenção imediata / Radar SAR X em operação (REDUNDANCIA)	Falha no equipamento que requer manutenção imediata / Radar SAR X em operação (REDUNDANCIA)	Radar IBIS e Radar SAR X em manutenção, desligado, sem energia ou sem conexão.
RADAR SAR X	ANÁLISE TÉCNICA	Vigilância por radar sem velocidade de deslocamento, no intervalo de 0 a 19,9mm/d.	Vigilância por radar acusar velocidade de deslocamento igual ou >20 mm/d.	Vigilância por radar acusar velocidade de deslocamento igual ou > 40 mm/d.	Vigilância por radar acusar velocidade de deslocamento igual ou >60 mm/d.	Vigilância por radar acusar valor >80mm/d
	MANUTENÇÃO	Radar Operando normalmente, sem apresentar defeitos	Alerta Preventivo dos sistemas do Radar SAR X	Falha no equipamento que requer manutenção imediata / Radar IBIS em operação (REDUNDANCIA)	Falha no equipamento que requer manutenção imediata / Radar IBIS em operação (REDUNDANCIA)	Radar IBIS e Radar SAR X em manutenção, desligado, sem energia ou sem conexão.
RADAR DOPPLER	MANUTENÇÃO	Radar Operando normalmente, sem apresentar defeitos	Alerta Preventivo dos sistemas do Radar Ibis	N/A	N/A	Deslocamento acima de 4 m/s somados a 100 mm - limites de pé, limites de crista e toda barragem e tensionamento/rompimento da corda de deslocamento (Sirene Automatizadas)
	MANUTENÇÃO	Radar Operando normalmente, sem apresentar defeitos	Alerta Preventivo dos sistemas do Radar Doppler			Radar em manutenção, desligado, sem energia ou sem conexão.
GNSS - DIQUE DE PARTIDA	ANÁLISE TÉCNICA	Vigilância do Sistema de Monitoramento acusar 2,49mm de deslocamento com alarme.	Vigilância do Sistema de Monitoramento acusar 2,5mm de deslocamento com alarme.	Vigilância do Sistema de Monitoramento r acusar 5mm de deslocamento com alarme.	Vigilância do Sistema de Monitoramento acusar 8mm de deslocamento com alarme.	Vigilância acusar 100 mm de deslocamento com alarme
	MANUTENÇÃO	Sistema de Monitoramento operando normalmente, sem apresentar defeitos.	N/A	Sistema de Monitoramento operando com a perda completa de sinal de 1 antena GNSS da barragem.	Sistema de Monitoramento operando com a perda completa de 3 antenas GNSS	Sistema de Monitoramento operando com a perda completa de 3 ou mais antenas GNSS da Barragem e Perda de sinal de

TARP - Trigger Action Response Plans - Zona de Auto Salvamento (ZAS) - ArcelorMittal Mineração Serra Azul

MONITORAMENTO	INTERVENÇÃO	NÍVEL VERDE (OPERAÇÃO NORMAL)	INDICADORES INICIAIS DE PREOCUPAÇÕES	NÍVEL AMARELO (RISCO MENOR)	NÍVEL LARANJA (RISCO MODERADO)	NÍVEL VERMELHO (RISCO ELEVADO)
					da Barragem / Tiltímetros em operação (REDUNDANCIA)	CINCO ou MAIS sensores Tiltímetros na barragem. (Til01; Til02; Til03; Til04; Til05; Til06; Til07 e Til08).
TILTÍMETROS	ANÁLISE TÉCNICA	Tiltímetros operando normalmente, sem apresentar defeitos	N/A	3 tiltímetros da estrutura dispararem alarmes de “desvio muito alto” (Til 01 a Til12).	5 tiltímetros da estrutura dispararem alarmes de “desvio muito alto” (Til 01 a Til12).	7 tiltímetros ou mais da estrutura dispararem alarmes de “desvio muito alto”. (Til 01 a Til12).
	MANUTENÇÃO		Perda de sinal de TRÊS sensores Tiltímetros. (Til01; Til02; Til03; Til04; Til05; Til06; Til07 e Til08).	Perda de sinal de QUATRO sensores Tiltímetros. (Til01; Til02; Til03; Til04; Til05; Til06; Til07 e Til08).	Perda de sinal de CINCO ou MAIS sensores Tiltímetros na barragem. (Til01; Til02; Til03; Til04; Til05; Til06; Til07 e Til08) e Sistema GNSS em operação (REDUNDANCIA)	Perda de sinal de CINCO ou MAIS sensores Tiltímetros na barragem. (Til01; Til02; Til03; Til04; Til05; Til06; Til07 e Til08) e Sistema de Monitoramento operando com a perda completa de 3 ou mais antenas GNSS da Barragem
SISMÓGRAFOS	ANÁLISE TÉCNICA	Alerta Sísmico com PPV de 2,5mm/s em <u>um</u> sismógrafo instalado na Barragem (SIS01, SIS03, SIS07, SIS09, SIS11).	Alerta Sísmico com PPV de 2,5mm/s em dois sismógrafos instalados na Barragem ao mesmo tempo (SIS01, SIS03, SIS07, SIS09, SIS11).	Alerta Sísmico com PPV de 2,5mm/s em três sismógrafo instalados na Barragem ao mesmo tempo (SIS01, SIS03, SIS07, SIS09, SIS11).	Alerta Sísmico com PPV de 2,5mm/s em quatro sismógrafo instalados na Barragem ao mesmo tempo (SIS01, SIS03, SIS07, SIS09, SIS11).	Alerta Sísmico com PPV de 5mm/s em cinco sismógrafo instalados na Barragem ao mesmo tempo (SIS01, SIS03, SIS07, SIS09).
	MANUTENÇÃO	Sismógrafos funcionando normalmente	Alerta preventivo dos sistemas de manutenção	Perda de sinal de UM sensor sísmico instalados na barragem (SIS 01; SIS03; SIS07; SIS09).	N/A	Perda de sinal de QUATRO sensores sísmicos instalados na barragem (SIS01; SIS03; SIS07; SIS09).
CÂMERAS	MANUTENÇÃO	Câmeras funcionando normalmente	Alerta Preventivo dos sistemas de manutenção	Perda de Sinal da câmera 023 ou câmera 021	N/A	Perda de sinal das câmeras 021 e 023 da barragem
						Perda de sinal da câmera 23 no período noturno

TARP - Trigger Action Response Plans - Zona de Auto Salvamento (ZAS) - ArcelorMittal Mineração Serra Azul

MONITORAMENTO	INTERVENÇÃO	NÍVEL VERDE (OPERAÇÃO NORMAL)	INDICADORES INICIAIS DE PREOCUPAÇÕES	NÍVEL AMARELO (RISCO MENOR)	NÍVEL LARANJA (RISCO MODERADO)	NÍVEL VERMELHO (RISCO ELEVADO)
ALERTA CLIMÁTICO	ANÁLISE TÉCNICA	Alertas Climáticos em nível verde	Mudanças repentinas de Alertas Climáticos	Alerta amarelo do ClimaTempo para chuva, vento ou raio.	N/A	Alerta vermelho do ClimaTempo para chuva, vento ou raio.
MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA E PIEZÔMETRO	ANÁLISE TÉCNICA	Instrumentos operando com valores normais para a estrutura de acordo com a carta de risco geotécnica.	N/A	Três ou mais instrumentos na seção (L1; L2; L4 e L7) ultrapassam o limite de atenção.	Três ou mais instrumentos na seção (L1; L2; L4 e L7) ultrapassam o limite de alerta.	Dois ou mais instrumentos na seção (L1; L2; L4 e L7) ultrapassam o limite de emergência + surgências / vazão anormal.
	MANUTENÇÃO			Perda de conexão de TRÊS instrumentos na seção (L1; L2) da carta de risco.	Perda de conexão de QUATRO instrumentos na seção (L1; L2) da carta de risco.	Perda de conexão de CINCO instrumentos na seção (L1; L2) da carta de risco e sem leituras dos instrumentos durante 24 horas.
SISTEMA DE SIRENES	MANUTENÇÃO	Sistemas de Sirenes operando normalmente	Alerta Preventivo dos sistemas de manutenção	N/A	Falha do alarme de obra sob controle e acionamento a partir da ECJ.	Falha da Sirene na Região de Abrangência
	ANÁLISE TÉCNICA	N/A	N/A	N/A	N/A	Acionamento do sistema de sirenes.
RÁDIO COMUNICADOR	MANUTENÇÃO	Rádio comunicador funcionando normalmente	N/A	falta de internet em computadores e ou travamentos de links, o monitoramento deve ser realizado através do telefone e/ou tablet.	N/A	Falha de sinal e/ou interferência para todos os aparelhos de rádios e telefones (internet).
CONTROLE DE ACESSO A ZAS - R&D	MANUTENÇÃO	Sistemas de controle de acesso a ZAS operando normalmente	N/A	falta de internet em computadores e ou travamentos de links, o monitoramento deve ser realizado através do telefone e/ou tablet.	N/A	Falha no sistema de comunicação ou abastecimento elétrico.
INSPEÇÃO VISUAL	ANÁLISE TÉCNICA	Inspeção de campo somando pontos de 0 a 4 de acordo com a tabela de conservação da estrutura.	Anomalia que resulta em pontuação de 10 de acordo com a tabela de conservação.	Anomalia que resulta em 10 pontos e situação ainda controlável.	Emergência não extinta ou não controlada. Segurança estrutural afetada, barragem em estado crítico.	Situação inevitável adversa, segurança afetada. Estrutura em condição de iminente ruptura.

TARP - *Trigger Action Response Plans* - Zona de Auto Salvamento (ZAS) - ArcelorMittal Mineração Serra Azul

MONITORAMENTO	INTERVENÇÃO	NÍVEL VERDE (OPERAÇÃO NORMAL)	INDICADORES INICIAIS DE PREOCUPAÇÕES	NÍVEL AMARELO (RISCO MENOR)	NÍVEL LARANJA (RISCO MODERADO)	NÍVEL VERMELHO (RISCO ELEVADO)
INSPEÇÃO DO DIQUE DE PARTIDA E DRENO DE PÉ	ANÁLISE TÉCNICA	Água sem turbidez e com fluxo contínuo, mas no mesmo volume dos últimos 15 dias.	Água sem turbidez, mas com as alterações do volume de vazão.	Água com baixa turbidez, vazão de água aumentando significativamente. Fluxo de água superior ou crescente	Água com alta turbidez, vazão de água aumentando significativamente com presença de sedimentos.	Erosão interna (piping) evidenciada, com pequenas rupturas na saída dos drenos.

Tabela 5.8 – Plano de Ação Pós Ativação do TARP.

Plano de Ação Pós Ativação do TARP			
MONITORAMENTO	NÍVEL AMARELO (RISCO MENOR)	NÍVEL LARANJA (RISCO MODERADO)	NÍVEL VERMELHO (RISCO ELEVADO)
RADAR IBIS	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento e o Coordenador do PAEBM / EoR	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento, o Coordenador do PAEBM / EoR e Gerente Geral do Projeto	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos. Aguardar comunicado do CMG para qualquer ação.
RADAR SAR X	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento e o Coordenador do PAEBM / EoR	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento, o Coordenador do PAEBM / EoR e Gerente Geral do Projeto	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos. Aguardar comunicado do CMG para qualquer ação.
RADAR DOPPLER	N/A	N/A	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos. Aguardar comunicado do CMG para qualquer ação.
GNSS - DIQUE DE PARTIDA	Intensificar o monitoramento com radar	Intensificar o monitoramento com radar	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos. Aguardar comunicado do CMG para qualquer ação.
TILTÍMETROS	N/A	Intensificar o monitoramento com sistema	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos. Aguardar comunicado do CMG para qualquer ação
SISMÓGRAFOS	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento e o Coordenador do PAEBM / EoR	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento, o Coordenador do PAEBM / EoR e Gerente Geral do Projeto	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos. Aguardar comunicado do CMG para qualquer ação.
SISMÓGRAFOS	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento e o Coordenador do PAEBM / EoR		

Plano de Ação Pós Ativação do TARP

MONITORAMENTO	NÍVEL AMARELO (RISCO MENOR)		NÍVEL LARANJA (RISCO MODERADO)	NÍVEL VERMELHO (RISCO ELEVADO)	
			Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento, o Coordenador do PAEBM / EoR e Gerente Geral do Projeto	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos. Aguardar comunicado do CMG para qualquer ação.	
ALERTA CLIMÁTICO	ECJ:	DEMAIS ÁREAS:	N/A	ECJ:	DEMAIS ÁREAS:
	Alerta do Clima tempo para chuva (precipitação igual ou acima de 20mm/h) e vento (rajadas acima de 50km/h) e alerta por proximidade de raios detectados entre 7 e 15km.	Alerta amarelo do Clima tempo para chuva, vento ou raio		Em alerta por proximidade de raios detectados abaixo de 7km, bloquear/evacuar a ZAS	Em alerta vermelho do Clima tempo para chuva, vento e raios, bloquear/evacuar a ZAS.
MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA E PIEZÔMETRO	Realizar análise comparativa das leituras com instrumentos adjacentes ou da mesma seção para identificação de padrões ou inconsistências. Intensificar o monitoramento da instrumentação envolvida, com maior frequência de análise e acompanhamento da tendência evolutiva das leituras.		Realização de leitura manual para validação das leituras automatizadas. Realizar análise comparativa das leituras com instrumentos adjacentes ou da mesma seção para identificação de padrões ou inconsistências. Avaliar a necessidade de calibração ou substituição do sensor automatizado, considerando histórico de funcionamento. Elaboração de parecer técnico. Para o Grupo 4 (instrumentos manuais) a frequência de leituras deverá ser diária para identificação e validação do comportamento do instrumento.	Realizar análise técnica imediata para confirmar a anomalia, utilizando dados de instrumentação redundante, histórico das leituras e inspeções visuais (quando viável). Elaborar parecer técnico emergencial, com participação da ArcelorMittal, EdR, projetistas e consultores, avaliando a condição da estrutura e a confiabilidade das leituras. Realizar simulações de estabilidade considerando as condições críticas observadas na instrumentação. Priorizar a coleta de dados adicionais, como leituras manuais e inspeções de campo (via drone), com envio de equipe técnica caso haja condições seguras. Documentar o evento de forma estruturada, alimentando o banco de dados do histórico de emergências e apoiando a gestão do evento.	
SIRENES E ALARME DE OBRA	N/A		Divulgar entre todas as lideranças e equipes atuando na ZAS o alerta para tomada de decisão em conjunto	Falha das Sirenes - Bloquear a Zona correspondente a zona de abrangência das sirenes	

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Plano de Ação Pós Ativação do TARP

MONITORAMENTO	NÍVEL AMARELO (RISCO MENOR)	NÍVEL LARANJA (RISCO MODERADO)	NÍVEL VERMELHO (RISCO ELEVADO)
		perante as atividades críticas e possibilidade de mudança para farol vermelho. Providenciar reparo imediato do alarme de obra.	Falha das Sirenes - Bloquear a Zona correspondente a zona de abrangência das sirenes. Acionamento das sirenes - EVACUAR TODA A ZAS.
RÁDIO COMUNICADOR	N/A	N/A	Bloquear a ZAS, comunicar o Centro de Monitoramento e aguardar até o retorno da funcionalidade do sistema
CONTROLE DE ACESSO A ZAS - R&D	N/A	N/A	Bloquear a ZAS e aguardar comunicado do CMG para qualquer ação.
DESMONTE DE ROCHAS	N/A	N/A	Bloqueio prévio da ZAS. Liberação da área pelo CMG após análise pós desmonte.
INSPEÇÃO VISUAL	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento Geotécnico e o Coordenador do PAEBM / EoR	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento Geotécnico, o Coordenador do PAEBM / EoR e Gerente Geral do Projeto	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos
INSPEÇÃO DO DIQUE DE PARTIDA E DRENO DE PÉ	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento Geotécnico e o Coordenador do PAEBM / EoR	Acionar o coordenador do Centro de Monitoramento Geotécnico, o Coordenador do PAEBM / EoR e Gerente Geral do Projeto	Bloquear a ZAS e intensificar o monitoramento dos outros instrumentos

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

5.2.2. Encerramento dos Níveis de Emergência

O encerramento dos Níveis de Emergência 1, 2 e 3 ocorre após a implantação de medidas corretivas, que são acompanhadas e avaliadas pelas equipes de Geotecnia Operacional e Meio Ambiente Operacional da ArcelorMittal Brasil, com objetivo de extinguir a anomalia detectada. Após a execução de tais medidas, segundo Resolução ANM nº 95/2022, o empreendedor fica responsável por notificar o encerramento do NE-1, NE-2 ou NE-3 à ANM e aos órgãos ambientais competentes através da emissão e envio da Declaração de Encerramento de Emergência (DEE). Quando cessada situação que ensejar a realização de Inspeção Especial, o empreendedor fica também responsável por apresentação de Relatório Conclusivo de Inspeção Especial (RCIE) à ANM.

Em caso de acidente, o empreendedor deverá ainda apresentar à ANM o Relatório de Causas e Consequências do Acidente (RCCA) apresentado no item 14 e anexado ao Volume V do Plano de Segurança de Barragem. O conteúdo mínimo desse relatório é apresentado no 17.1 e segue as diretrizes do Anexo II da Resolução ANM nº 95/2022.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

6. AÇÕES ESPERADAS PARA SITUAÇÕES DE ALERTA E/OU DE EMERGÊNCIA EM NÍVEIS 1, 2 E/OU 3

As ações previstas para situações de alerta e de emergência incluem medidas específicas de controle e notificação, conforme o nível identificado. Essas ações estão detalhadas na Tabela 6.1, na Tabela 6.2, na Tabela 6.3 e na Tabela 6.457, nas Fichas de Emergência (**APÊNDICE 17**) e nos Fluxogramas de Notificação (item 9.3).



Tabela 6.1 – Ações esperadas para a Situação de Alerta.

NÍVEL DE ALERTA	DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS OBJETIVOS QUE CARACTERIZAM DO NÍVEL	AÇÃO A SER TOMADA A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO RESPECTIVO NÍVEL DE EMERGÊNCIA	QUEM
SITUAÇÃO DE ALERTA Situação de Alerta sem risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada.	Situação de Alerta: a) 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 da Resolução ANM nº 95/2022, alterada pelas Resoluções ANM nº 130/2023 e nº175/2024, em 2 (dois) EIR seguidos; ou b) for detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada; ou c) a DCO não for enviada anualmente à ANM, via SIGBM, entre 1º e 30 de junho; ou d) a DCO for enviada concluindo pela não conformidade e operacionalidade do PAEBM da barragem; ou e) a barragem for classificada como risco inaceitável no PGRBM; ou f) o sistema extravasor não estiver dimensionado de acordo com o Tempo de Retorno estabelecido no art. 24 da Resolução ANM nº 95/2022, exceto quando estiver em adequação, conforme § 6º; ou f) a critério da ANM.	Situação de operação das barragens dentro das condições operacionais especificadas; Avaliar, definir e orientar ações de manutenção; Leituras da instrumentação dos maciços dentro do esperado. Ações de Notificação: Fluxograma de Notificação para o SITUAÇÃO DE ALERTA inserido no item 9.3.	Equipe de Geotecnia (Geotecnia, Operação e Manutenção, do PAEBM)
		Conforme Resolução ANM nº 95/2022, alterada pelas Resoluções ANM nº 130/2023 e nº175/2024, Artigo 40 - Item "e", barragem classificada como risco inaceitável no PGRBM, 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, até que seja reclassificada para o nível ALARP ou aceitável.	Empreendedor

Tabela 6.2 – Ações esperadas para o Nível de Emergência 1.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	AÇÃO A SER TOMADA A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO RESPECTIVO NÍVEL DE EMERGÊNCIA	QUEM
NE-1	Barragem classificada como Categoria de Risco Alta. INSTABILIZAÇÃO DCE Negativa quanto a estabilidade física do maciço. <u>Estado de conservação:</u> Detecção de anomalia que resulte em pontuação 10 (dez) do quadro de Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) no Extrato de Inspeção Regular; Detecção de anomalia que resulte em pontuação 6 (seis) na mesma coluna do quadro de Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95) em 4 (quatro) Extratos de Inspeção Regular seguidos. <u>Estudo de estabilidade:</u> Avaliação dos dados de monitoramento pela Geotecnia/EOR do grupo de instrumentos (associação) vinculados ao(s) controle(s) crítico(s): Quando o Fator de Segurança Drenado estiver entre: $1,3 \leq FS < 1,5$;	Ações de Controle: Fichas de Emergência do Nível de Emergência 1 Ficha 1 Ficha 4 Ficha 7 Ações de Notificação: Fluxograma de Notificação para Nível de Emergência 1 Ações de Comunicação: Comunicação aos Órgãos envolvidos no atendimento a situação de emergência	Coordenador do PAEBM Empreendedor Geotécnica Operacional CMG Equipe Técnica interna de Atuação direta

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	AÇÃO A SER TOMADA A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO RESPECTIVO NÍVEL DE EMERGÊNCIA	QUEM
	Quando o Fator de Segurança não drenado para resistência de Pico estiver entre $1,2 \leq FS < 1,3^7$. GALGAMENTO DCE Negativa quanto ao dimensionamento do sistema extravasor⁸; Obstrução significativa do sistema extravasor e/ou condições hidráulicas inadequadas durante período chuvoso, que comprometa a eficiência do vertedouro e da borda livre. <u>Estado de conservação:</u> Detecção de anomalia que resulte em pontuação 10 (dez) no item "Confiabilidade das Estruturas Extravasoras" do quadro Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) no Extrato de Inspeção Regular; Detecção de anomalia que resulte em pontuação 6 (seis) no item "Confiabilidade das Estruturas Extravasoras" do quadro de Estado de		

⁷ Critério válido conforme Art. 41, inciso I, alínea "e" da Resolução ANM 95 até dezembro de 2025. A partir desta data esse critério deverá ser reavaliado.

⁸ Estrutura não atende aos critérios estabelecidos na NBR 13028/2017 ou critérios/prazos estabelecidos na Resolução 95, de acordo com DPA da estrutura ou critério adicional indicado pelo auditor.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	AÇÃO A SER TOMADA A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO RESPECTIVO NÍVEL DE EMERGÊNCIA	QUEM
	Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) em 4 (quatro) Extratos de Inspeção Regular seguidos. EROSÃO INTERNA Alterações significativas na vazão do dreno de fundo⁹ (considerando as variações sazonais históricas), associado a carreamento de material e/ou elevada turbidez, sem a variação do nível do reservatório; Percolação não controlada, com carreamento de sólidos emergindo no contato com estruturas de concreto e/ou em outros pontos estratégicos da estrutura, tais como diques de sela, fundação e contato com as ombreiras. <u>Estado de conservação:</u> Deteção de anomalia que resulte em pontuação 10 (dez) no item “Percolação” do quadro Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) no Extrato de Inspeção Regular; Deteção de anomalia que resulte em pontuação 6 (seis) no item “Percolação” do quadro de Estado de Conservação (Quadro 3 do anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022) em 4 (quatro) Extratos de Inspeção Regular seguidos.		

⁹ Considerando que houve uma verificação na confiabilidade das leituras em função de manutenção, qualidade do instrumento e aspectos operacionais.

Tabela 6.3 – Ações esperadas para o Nível de Emergência 2.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	AÇÃO A SER TOMADA A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO RESPECTIVO NÍVEL DE EMERGÊNCIA	QUEM
NE-2	INSTABILIZAÇÃO <u>Estado de conservação</u> Quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como “não controlado”, de acordo com a definição do § 1º do art. 31 da Resolução ANM nº 95, ou seja, anomalia não foi controlada e tampouco extinta, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la. <u>Estudo de estabilidade:</u> Avaliação dos dados de monitoramento pela Geotecnia/EOR do grupo de instrumentos (associação) vinculados ao(s) controle(s) crítico(s): - Quando o Fator de Segurança Drenado estiver entre: $1,1 \leq FS < 1,3$; - Quando o Fator de Segurança não drenado para resistência de Pico estiver entre: $1,0 \leq FS < 1,2$. GALGAMENTO Elevação do Nível de Água do reservatório ultrapassa NA Máximo <i>Maximorum</i>. <u>Estado de conservação:</u> Quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como “não controlado”, de acordo com a definição do § 1º do art. 31 da Resolução ANM nº 95, ou seja, anomalia não foi controlada e tampouco extinta, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la.	Ações de Controle: Fichas de Emergência do Nível de Emergência 2 Ficha 2 Ficha 5 Ficha 8 Ações de Notificação: Fluxograma de Notificação para Nível de Emergência 2 Ações de Comunicação: Comunicação para a Defesa Civil para início da evacuação preventiva na Zona de Autossalvamento (ZAS) O acionamento do Sistema de Alerta (Sirene de Emergência) será realizado em Nível de Emergência 2 mediante articulação com a Coordenação da Defesa Civil dos municípios da ZAS Comunicação aos Órgãos envolvidos no atendimento a situação de emergência	Coordenador do PAEBM Empreendedor Geotécnica Operacional CMG Equipe Técnica Interna de Atuação Direta Defesa Civil e Demais autoridades Públicas competentes

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	AÇÃO A SER TOMADA A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO RESPECTIVO NÍVEL DE EMERGÊNCIA	QUEM
	EROSÃO INTERNA Início da formação do fluxo concentrado, com saída de água fora do sistema de drenagem interno ou em região sem proteção de filtros ou em implantação, com aumento significativo de vazão. <u>Estado de conservação:</u> Quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como “não controlado”, de acordo com a definição do § 1º do art. 31 da Resolução ANM nº 95, ou seja, anomalia não foi controlada e tampouco extinta, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la.		

Tabela 6.4 – Ações esperadas para o Nível de Emergência 3.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA	SITUAÇÃO	AÇÃO A SER TOMADA A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO RESPECTIVO NÍVEL DE EMERGÊNCIA	QUEM
NE-3	Ruptura inevitável ou está ocorrendo. INSTABILIZAÇÃO <u>Estudo de estabilidade:</u> Avaliação dos dados de monitoramento pela Geotecnia/EOR do grupo de instrumentos (associação) vinculados ao(s) controle(s) crítico(s): - Quando o Fator de Segurança estiver abaixo de 1,1 para condições drenadas. - Quando o Fator de Segurança estiver abaixo de 1,0 para condição não drenada de pico. GALGAMENTO Elevação do nível de água do reservatório atinge o ponto mais baixo da crista da barragem. EROSÃO INTERNA Fluxo concentrado com carreamento de sólidos onde soluções de engenharia não são mais suficientes para realizar o controle; Erosão regressiva com formação e progressão do tubo (<i>piping</i>) e vazão crescente. Situação sem controle.	Ações de Controle: Fichas de Emergência do Nível de Emergência 3 Ficha 3 Ficha 6 Ficha 9 Ações de Notificação: Fluxograma de Notificação para Nível de Emergência 3 Acionamento das Sirenes de Emergência para evacuação imediata da ZAS Defesa Civil assume o controle das ações de resposta a emergência, em conjunto com o Empreendedor. Avaliação da evacuação da Zona de Segurança Secundária (ZSS)	Coordenador do PAEBM Empreendedor Geotécnica Operacional CMG Equipe Técnica Interna de Atuação Direta Defesa Civil e Demais autoridades Públicas competentes

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

7. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS

7.1. Descrição dos Procedimentos Preventivos

Os procedimentos preventivos têm como finalidade garantir a integridade da estrutura e a manutenção do nível aceitável das suas condições de segurança, de modo a evitar situações que ponham em risco a barragem e a área a jusante. Estes procedimentos fazem parte do Sistema de Gestão de Segurança da ArcelorMittal Brasil. Em linhas gerais, os procedimentos preventivos consistem nos itens mencionados a seguir.

7.1.1. Inspeções de Segurança Regular (ISRs) e Especial (ISEs)

As Inspeções de Segurança Regular (ISRs) são atividades essenciais para avaliação do estado de segurança da estrutura, uma vez que permitem detectar visualmente anomalias, deficiências operacionais dos elementos que a compõem e/ou outras condições que possam vir a comprometer sua estabilidade.

As ISRs são realizadas com frequência mínima quinzenal pelas equipes de Geotecnia e do Centro de Monitoramento Geotécnico por meio de visualizações de todos os componentes da estrutura, buscando identificar problemas instalados ou passíveis de ocorrerem, com o respectivo registro em Ficha de Inspeção Regular. Para maiores informações, consultar o Manual de Operação da Barragem Serra Azul (AC06-MO-01-Rev0).

As ISRs são realizadas com o apoio de drone para captura de fotos de pontos importantes e de anomalias que possam surgir e afetar o estado de segurança da barragem. Para maiores informações, consultar o Procedimento Operacional de Operação do Drone SAZULBAR BARRAGEM PO 0002.

Em caso de identificação de alguma anomalia, é realizado o registro na ficha de inspeção. O Engenheiro Geotécnico avalia a anomalia e determina sua severidade. Sempre que detectadas anomalias com pontuação 10 (dez) em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo IV da Resolução ANM nº 95/2022, deve ser realizada Inspeção de Segurança Especial (ISE) com frequência diária.

A Barragem Serra Azul encontra-se em Nível de Emergência NE-3, por isso atualmente estão sendo realizadas ISEs com frequência diária por meio de sobrevoos de drone e presencialmente, conforme

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

necessidade. Os registros das inspeções de segurança são inseridos pela equipe da ArcelorMittal Brasil no sistema Sentnel, que permite o armazenamento de todos os arquivos técnicos da estrutura, o monitoramento da instrumentação e acompanhamento dos planos de ação da estrutura.

7.1.2. Monitoramento (Leituras e Análise da Instrumentação)

O monitoramento da estrutura ocorre através do acompanhamento das leituras de instrumentação e desempenha um papel fundamental na avaliação de seu comportamento.

Os dados da instrumentação são armazenados no sistema Sentnel para análise e interpretação, tendo como objetivo correlacionar as leituras dos instrumentos com os níveis de controle e detectar condições insatisfatórias na estrutura e/ou sua evolução, que não foram possíveis de serem observadas pela inspeção visual, complementando as ISRs e ISEs.

No caso dos instrumentos de controle hídrico automatizados (indicadores de nível d'água, piezômetros, medidores de vazão e pluviômetros), as leituras são armazenadas no sistema da PASE Hidrometria. Esse servidor permite a verificação do histórico de leituras de cada instrumento, além de verificação de nível de coluna d'água e coluna seca, gráficos e informações básicas de cada instrumento, certificado de calibração e manutenções.

A relação dos instrumentos monitorados para a Barragem Serra Azul e a frequência da leitura da instrumentação são descritas no item 4.2 deste documento.

O monitoramento da estrutura também conta com câmeras de vídeo instaladas nas adjacências da barragem, com avaliação remota através do Centro de Monitoramento Geotécnico.

7.1.3. Manutenção

A manutenção da Barragem Serra Azul é dividida em três tipos: de rotina, preventiva e corretiva. A manutenção de rotina engloba atividades previstas no plano de manutenção, que devem atender a periodicidade indicada nos procedimentos internos, e ocorrências identificadas pelo Centro de Monitoramento Geotécnico por meio das inspeções de segurança. As manutenções rotineiras são realizadas diariamente pelos funcionários de uma empresa subcontratada, que realizam as atividades de poda, limpeza de drenagem, entre outras. A avaliação do comportamento dos sensores da instrumentação é realizada pela empresa PASE Hidrometria.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

A manutenção preventiva contempla medidas apresentadas mediante alertas climáticos ou conforme plano de manutenção preventiva dos sistemas automatizados. As manutenções preventivas envolvem empresas subcontratadas que realizam manutenção nos instrumentos automatizados para controle hídrico, nos radares IBIS e *GroundProbe*, nos sismógrafos, nas câmeras de vídeo vigilância e nas sirenes.

A necessidade da manutenção corretiva é identificada nas inspeções pela equipe do Centro de Monitoramento Geotécnico ou através da indisponibilidade de algum equipamento do sistema de monitoramento.

Devido à condição de segurança da Barragem Serra Azul, o acesso à ZAS está sendo controlado pela equipe do Centro de Monitoramento, através da plataforma RFID e Plataforma ZTRAX, seguindo as diretrizes do procedimento “Plano de acesso para trabalho seguro de inspeção e manutenção da Barragem Serra Azul” apresentado no **ANEXO E** deste documento. Além disso, para realização de atividades laborais à jusante da barragem dentro da ZAS, todos empregados próprios e terceiros devem seguir o procedimento “Plano de Trabalho Seguro na ZAS”, apresentado no **ANEXO E** deste documento.

7.1.4. Atividades do Centro de Monitoramento Geotécnico

O Centro de Monitoramento Geotécnico compreende as instalações de onde a ArcelorMittal Brasil monitora, em tempo real e permanentemente, as condições da Barragem Serra Azul.

O Centro é formado por uma equipe de profissionais capacitados e de inteira prontidão, em regime de 24h por dia, 7 dias por semana, onde são realizados acompanhamentos das imagens das câmeras de vídeo vigilância, que monitoram a estrutura em tempo real. A Imagem 7.1 apresenta o Centro de Monitoramento da Barragem Serra Azul.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Imagem 7.1 – Centro de Monitoramento Geotécnico da Barragem Serra Azul.



Fonte: ArcelorMittal Brasil (2023).

A equipe do Centro de Monitoramento Geotécnico é responsável por realizar inspeções diárias na Barragem Serra Azul e por emitir relatórios técnicos com apoio de geotécnicos e de consultores.

O Centro de Monitoramento Geotécnico realiza o acompanhamento das leituras da instrumentação instalada na barragem por meio dos sistemas Sentnel e PASE Hidrometria. A análise das leituras da instrumentação é realizada inicialmente pela equipe técnica do Centro de Monitoramento Geotécnico por meio de coleta e filtragem de dados. Após primeira análise, caso seja observada alguma situação crítica nas leituras, a equipe de Geotecnia é acionada para realizar avaliação e interpretação final.

O Centro de Monitoramento Geotécnico também é responsável por realizar o controle dos funcionários que acessam a ZAS em tempo real através dos aplicativos Z-TRAX e HOME PAGE GPS.

Em condição de emergência na estrutura (anomalia que põe em risco sua integridade), são acionados imediatamente o Engenheiro Geotécnico responsável e o Coordenador do PAEBM,

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

sendo o primeiro incumbido de emitir a resposta da tratativa com a maior celeridade possível. Em caso de falha no acionamento automático das sirenes, o acionamento dessas poderá ser feito pelo Centro de Monitoramento Geotécnico.

Para maiores informações sobre o Centro de Monitoramento Geotécnico, consultar o Procedimento Operacional de Monitoramento da Barragem (SAZULBAR CMG PO 0008).

7.2. Descrição dos Procedimentos Corretivos

As situações de emergência podem ser caracterizadas a partir de anomalias identificadas na estrutura da barragem, especificamente nos taludes de montante, taludes de jusante, crista, infiltrações e fugas de água na barragem e vertedouro, as quais podem, eventualmente, contribuir para um rompimento. Essas situações devem ser classificadas em NE-1, NE-2 ou NE-3, bem como seguir o fluxo de comunicação correspondente.

Considerando-se que este PAEBM é para atendimento à Barragem de Serra Azul, que se encontra paralisada desde 2012, sem o aporte de rejeitos, serão consideradas nos procedimentos corretivos as situações ou anomalias mais prováveis de ocorrer, entretanto ainda é possível que a barragem esteja sujeita a uma situação de emergência não prevista. Neste caso, o responsável técnico pela barragem e o Coordenador do PAEBM deverão ser notificados para que a anomalia seja prontamente classificada e as medidas necessárias sejam tomadas.

Na Tabela 7.1 são apresentadas as anomalias que podem originar situações de emergência para cada região da barragem, suas causas prováveis, possíveis consequências e ações imediatas que devem ser implementadas no Plano de Ação do Monitoramento.

Tabela 7.1 – Anomalias que podem originar situações de emergência na Barragem Serra Azul.

TALUDE DE MONTANTE				
Anomalia	Causa provável	Consequência	Ações	Plano de Ação
Sumidouros	Erosão Interna ou <i>piping</i> do maciço da fundação.	Pode provocar a ruptura da barragem, quando os canais atravessam o maciço ou fundação.	Inspeções de campo para identificação de surgência de água, carreamento de material.	Monitoramento

Rachaduras grandes	Perda de resistência com movimento do maciço.	Indica início de deslizamento ou recalque do maciço, causado por ruptura na fundação.	Inspeções de campo e acompanhamento da evolução da anomalia.	Monitoramento
--------------------	---	---	--	---------------

TALUDE DE JUSANTE

Anomalia	Causa provável	Consequência	Ações	Plano de Ação
Deslizamento	Perda de resistência por infiltração no maciço ou falta de suporte da fundação.	Pode resultar em colapso da estrutura.	Medir e controlar a extensão do escorregamento.	Monitoramento
Rachadura transversal	Recalque diferenciado no maciço da barragem. Por exemplo: o centro recalando mais que as ombreiras.	Rachadura devido a recalque ou retração que pode provocar infiltrações.	Obstruir as rachaduras do talude.	Mitigação, reparo e controle
Rachadura longitudinal	Deformação para jusante devido ao recalque do maciço.	Pode ser indício de futuro deslizamento. Apresenta perda de resistência e pode levar a ruína.	Cobrir com material compactado e manter seco (monitorar).	Mitigação, reparo e controle
Erosão	Águas das chuvas carregam material da superfície do talude.	Podem deteriorar a superfície do maciço levando a ruptura.	Fazer a recuperação com rip-rap ou enrocamento. Proteção com grama do local deteriorado.	Mitigação e controle
Animais e insetos	Buracos e túneis são causados por toca de animais, além de cupinzeiros e formigueiros.	Pode provocar <i>piping</i> , se passando pela linha freática.	Controlar a população de animais, aterrar os buracos e compactar.	Mitigação e controle

TALUDE DE CRISTA

Anomalia	Causa provável	Consequência	Ações	Plano de Ação
Deslocamento vertical	Movimento vertical entre seções	Ruptura do maciço, ponto de entrada para	Inspeccionar cuidadosamente o	Monitoramento



	adjacentes do maciço da barragem. Deformação ou falha estrutural causados por instabilidade estrutural ou falha de fundação.	água superficial e reduz a seção transversal efetiva da barragem.	deslocamento e anotar qualquer anomalia.	
Desabamento na crista	Atividades de roedores, erosão interna ou <i>piping</i> . Carreamento de material do maciço.	Vazios dentro da barragem podem causar desabamentos.	Inspecionar cuidadosamente a crista e anotar qualquer anomalia.	Monitoramento
Rachadura transversais	Movimentos desiguais das partes adjacentes do maciço.	Pode criar um caminho para infiltração na direção transversal do maciço. Cria área de baixa resistência e causar ruptura.	Inspecionar e determinas as medidas de controle e mitigação.	Mitigação e controle
Buraco de animais	Presença de buracos, tuneis e cavernas causados por animais acessando a estrutura.	Cria passagem de água superficial, pode reduzir a percolação e causar o <i>piping</i> .	Controlar a população de animais e insetos. Aterrar buracos com material compactado.	Mitigação e controle
Erosões	Material mau graduado e drenagem inadequada da crista.	Pode reduzir a folga e a seção transversal da barragem.	Promover o reaterro, readequando a condição da barragem.	Mitigação e controle

INFILTRAÇÕES E FUGAS DE ÁGUA NA BARRAGEM

Anomalia	Causa provável	Consequência	Ações	Plano de Ação
Mudança acentuada na vegetação	Material do maciço permitindo o fluxo de água.	Pode indicar a existência de uma área saturada.	Escavar manualmente para identificar o nível da umidade no talude.	Mitigação e controle
Área molhada	Camada de material permeável usado na construção do maciço.	Saturação das áreas abaixo da zona de infiltração. Fluxos excessivos podem provocar erosão acelerada.	Medir a vazão que está ocorrendo. Demarcar a área envolvida.	Mitigação e controle

Fuga de água localizada	Falha na fundação, pressão externa excessiva.	Distúrbios no escoamento. Erosão na fundação.	Medir e averiguar o carregamento de sedimentos, propor medidas de controle.	Mitigação e controle
Fuga de água localizada com carregamento de material sólido	Água encontrou ou abriu um caminho para passagem. Erosão carreando material.	Pode causar ruptura no material do maciço.	Inspecionar cuidadosamente a área e medir o fluxo. Dique com sacos de areia em volta da surgência.	Mitigação e controle
VERTEDOURO				
Anomalia	Causa provável	Consequência	Ações	Plano de Ação
Descalçamento por erosão	Má adequação da bacia de dissipação, materiais erosivos.	Dano na estrutura do vertedouro.	Limpar e aterrar com material adequado. Implantar enrocamento com blocos de tamanho adequado.	Mitigação e controle
Parede deslocada	Falha na execução. Recalque diferencial da fundação. Pressão excessiva do aterro.	Pequenos deslocamentos podem causar tubulações no fluxo. Grandes deslocamentos causando rachadura e eventual ruptura da estrutura.	Reconstrução, com a preparação da fundação. Drenos para diminuir a pressão nas paredes e limpar drenos.	Mitigação e controle
Rachaduras	Falha de construção. Concentração localizada de tensões. Falha na fundação.	Erosão na fundação e aterro lateral. Colapso da estrutura.	Grandes rachaduras sem grandes deslocamentos devem ser reparadas.	Mitigação e controle
Vazamento dentro ou ao redor	Fendas e juntas na fundação do vertedouro permitindo a infiltração.	Pode permitir uma perda excessiva de água do reservatório. Pode causar erosão dos materiais.	Examinar a área de saída do fluxo para ver se o tipo de material pode ser aplicado.	Mitigação e controle
Infiltração em juntas	Água acumulada atrás da estrutura.	Pode causar queda das paredes. Pode ocorrer deterioração da armadura.	Checar e identificar as zonas saturadas. Checar a limpeza.	Mitigação e controle

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Os procedimentos corretivos devem ser executados caso ocorram problemas de desempenho que possam afetar a segurança da estrutura, ou seja, quando detectada alguma anomalia que caracterize uma situação de emergência.

As principais orientações para execução das **AÇÕES CORRETIVAS** relacionadas ao modo de falha e nível de emergência são apresentadas nas **FICHAS DE EMERGÊNCIAS** nos Apêndices 17.2, 17.3 e 17.4.

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

Os equipamentos e recursos materiais apresentados na Tabela 10.1 compõem o quadro operacional da mina e no contexto de uma emergência, serão revertidos para atendimento e mitigação da situação adversa.

Em situação de emergência, o Coordenador do PAEBM solicitará que a equipe de Projetos providencie recursos para atendimento a emergência de acordo com o plano de ação apresentado.

Tabela 8.1 – Equipamentos e recursos materiais disponíveis e sua localização.

RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS	
Equipamento / Material	Quantidade
Caminhão bascula	30
Caminhão munck	1
Motoniveladora	1
Caminhão Pipa	1
Escavadeira	4
Caminhonete	4
Gerador	6
Pá carregadeira	1
Torre de iluminação	6
Trator de esteira	3
Veículo de passeio	7
Comboio	1

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

9. PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA

O presente item descreve as estratégias de acionamento dos agentes internos que possuem atuação no PAEBM, assim como os órgãos públicos das esferas federal, estadual e municipal. Também são apresentados os meios de notificação e divulgação de alertas a serem utilizados, em caso de uma possível situação de emergência, nas comunidades potencialmente afetadas.

De acordo com a Resolução ANM nº 95/2022, considera-se Zona de Autossalvamento (ZAS) o trecho do vale à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 (trinta) minutos ou 10 km (dez quilômetros).

No caso de ruptura da Barragem Serra Azul, a ZAS foi determinada como tendo uma extensão de 2,65 km a jusante, até a localização da Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ).

No cenário de ruptura em cascata, envolvendo simultaneamente a Barragem Serra Azul e a ECJ, a área de impacto estende-se até 10,0 km a jusante da ECJ. Para sua delimitação, foram utilizados os mesmos critérios adotados para definição da Zona de Autossalvamento (ZAS).

Não se aplica a definição de Zona de Segurança Secundária (ZSS) nesse cenário, uma vez que o rompimento da ECJ configura um evento extremo de contenção, exigindo resposta imediata por parte do empreendedor, assim como ocorre no caso da barragem principal. Para mais detalhes, ver item 11.

9.1. Estratégia de Acionamento dos Órgãos Públicos

As autoridades e órgãos públicos que têm como responsabilidade atuar durante a ocorrência de situações de emergência no município, por meio da ação coordenada entre estes nas diferentes esferas (municipal, estadual e/ou federal), serão notificados sobre a eventual situação de emergência envolvendo a barragem a partir do Nível de Emergência 1 (NE-1), conforme apresentado na Tabela 9.1.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 9.1 – Estratégia de notificação dos órgãos públicos.

NOTIFICAÇÃO DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS			
Órgão público	Responsável pela notificação	Como	Tipo de notificação
Prefeitura, Defesa Civil e demais instituições externas	Coordenador PAEBM	Contato telefônico e e-mail	Objetiva, contendo informações do nome e localização da estrutura, descrição do nível de emergência e da ocorrência observada.
ANM	Geotecnia	Registro via Sistema SIGBM	Conforme campos do sistema SIGBM da ANM.
Órgãos ambientais: SEMAD / FEAM / IEF / IGAM / IEPHA e IMA	Meio Ambiente	Contato telefônico e e-mail	Objetiva, contendo informações do nome e localização da estrutura, descrição do nível de emergência e da ocorrência observada.

A principal função da notificação no NE-1 é manter os organismos públicos em estado de prontidão. Já no nível de emergência NE-2, foi coordenada a evacuação preventiva de forma planejada da população presente na ZAS, com o apoio da Defesa Civil de Itatiaiuçu/MG. No nível de emergência NE-3, deverá ser conduzida pelos referidos órgãos a coordenação das ações de resposta a desastre, contando com apoio e recursos do empreendedor.

9.2. Estratégia de Comunicação na ZAS

Os mecanismos de comunicação com a ZAS que poderão ser utilizados em caso de emergência da Barragem Serra Azul são apresentados na Tabela 9.2.

Tabela 9.2 – Mecanismos de comunicação na ZAS em caso de emergência.

MECANISMOS DE COMUNICAÇÃO NA ZAS		
Meio de comunicação	Responsável pelo acionamento	Objetivo de utilização
Sistema de alerta sonoro	Acionamento automático	Sistema de alerta sonoro para informação de estado de emergência na estrutura, bem como para ações preventivas e de treinamento.
Sistema de alerta via rádio comunicador	CMG	Aviso de alerta via rádio comunicador sistema redundante nos pontos de bloqueio das vias na ZAS em caso de NE-3.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

MECANISMOS DE COMUNICAÇÃO NA ZAS		
Meio de comunicação	Responsável pelo acionamento	Objetivo de utilização
Mensagem via e-mail e WhatsApp	CMG	Mensagem via e-mail e WhatsApp como redundância para comunicação com trabalhadores inseridos na ZAS.

9.3. Fluxogramas de Notificações

Os fluxogramas de notificações e ações de resposta descrevem os processos que envolvem a comunicação estabelecida entre os agentes internos da empresa e as autoridades no ambiente externo, representadas pelos organismos da Defesa Civil Municipal, Estadual e Nacional e demais autoridades públicas competentes, além das ações de resposta a emergência.

Os fluxogramas foram desenvolvidos especificamente para o Nível de Alerta e para cada Nível de Emergência tendo como objetivo demonstrar o processo de tomada de decisão numa situação de alerta ou emergência, de modo a contribuir para minimizar os possíveis danos e agilizar as ações de resposta, e encontram-se apresentados na Figura 9.1, Figura 9.22, Figura 9.3 e Figura 9.4.

De forma resumida são apresentadas na Tabela 9.3, na Tabela 9.4, na Tabela 9.5 e na Tabela 9.6 as principais ações de notificação e resposta apresentadas nos fluxogramas. Ressalta-se que a descrição detalhada das responsabilidades de cada equipe envolvida nas ações de resposta encontra-se no item 3.

SITUAÇÃO DE ALERTA

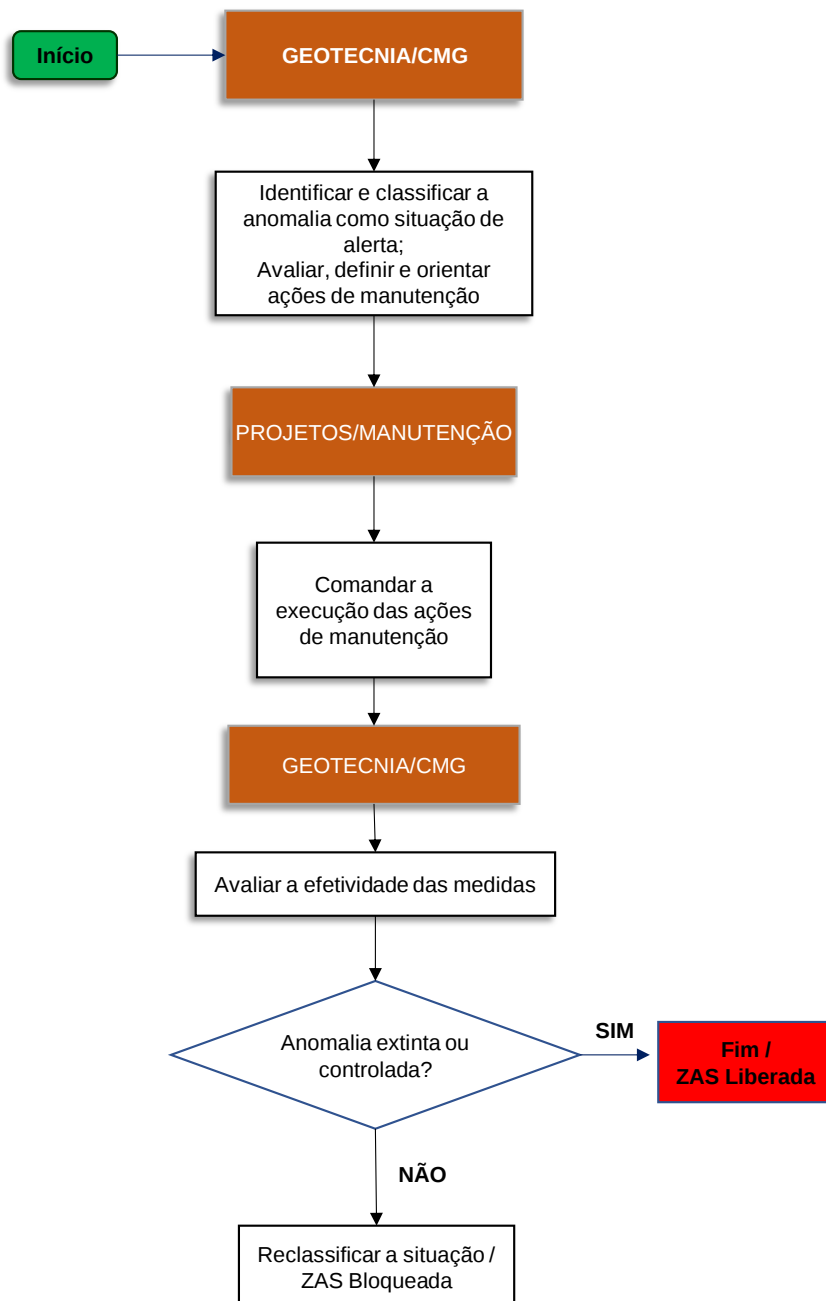


Figura 9.1 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Alerta.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 9.3 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Alerta.

NÍVEL DE ALERTA			
Responsável	Ação	Quando	Como
Geotecnia / Projetos	Identificar e classificar o Nível de Alerta.	Ao identificar anomalia ≥ 6 pontos em 2 EIRs consecutivos, ou a critério técnico ou da ANM.	Analisar EIRs, verificar critérios do Art. 40 da Resolução nº 95/2022 e validar com a instrumentação da barragem
Geotecnia / Projetos	Notificar internamente as equipes do PAEBM.	Imediatamente após a classificação do Nível de Alerta.	Contato telefônico com os agentes internos e externos.
Geotecnia / Coordenador do PAEBM	Comunicar os órgãos oficiais.	Até 1 hora após a confirmação do Nível de Alerta.	Enviar notificação por e-mail, telefone ou sistema eletrônico (ex: SIGBM), com protocolo de confirmação.
Geotecnia / Coordenador do PAEBM	Realizar inspeção extraordinária da barragem e propor ações mitigatórias.	Em até 6 horas após a identificação do alerta.	Realizar inspeção visual e técnica com checklist, fotos, relatório técnico e, se necessário, acionar consultor externo.
Geotecnia / Coordenador do PAEBM	Avaliar a situação, propor e acompanhar ações mitigatórias,	Durante todo o evento, até que a anomalia seja classificada como extinta ou controlada.	Inspeções de campo, contato com projetista e/ou consultorias especializadas, quando pertinente, e registros no SIGBM.
Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	Reforçar o monitoramento instrumental e visual.	Logo após a identificação da condição anômala.	Aumentar a frequência de leituras dos instrumentos.
Jurídico	Realizar orientações jurídicas diversas pertinentes à situação de alerta.	Após a identificação do alerta.	Contato telefônico ou e-mail com os agentes internos.
Comunicação	Prestar esclarecimentos à comunidade da ZAS.	Após a classificação do alerta.	Por meio de boletins informativos.
Projetos	Comandar a execução das ações corretivas definidas pela equipe de Geotecnia e e/ou apoiar empresa especializada contratada para execução.	Após a definição das ações corretivas.	Utilizando recursos humanos e materiais disponíveis no site e, se necessário, providenciar o fornecimento de recursos e contratação de empresas especializadas.

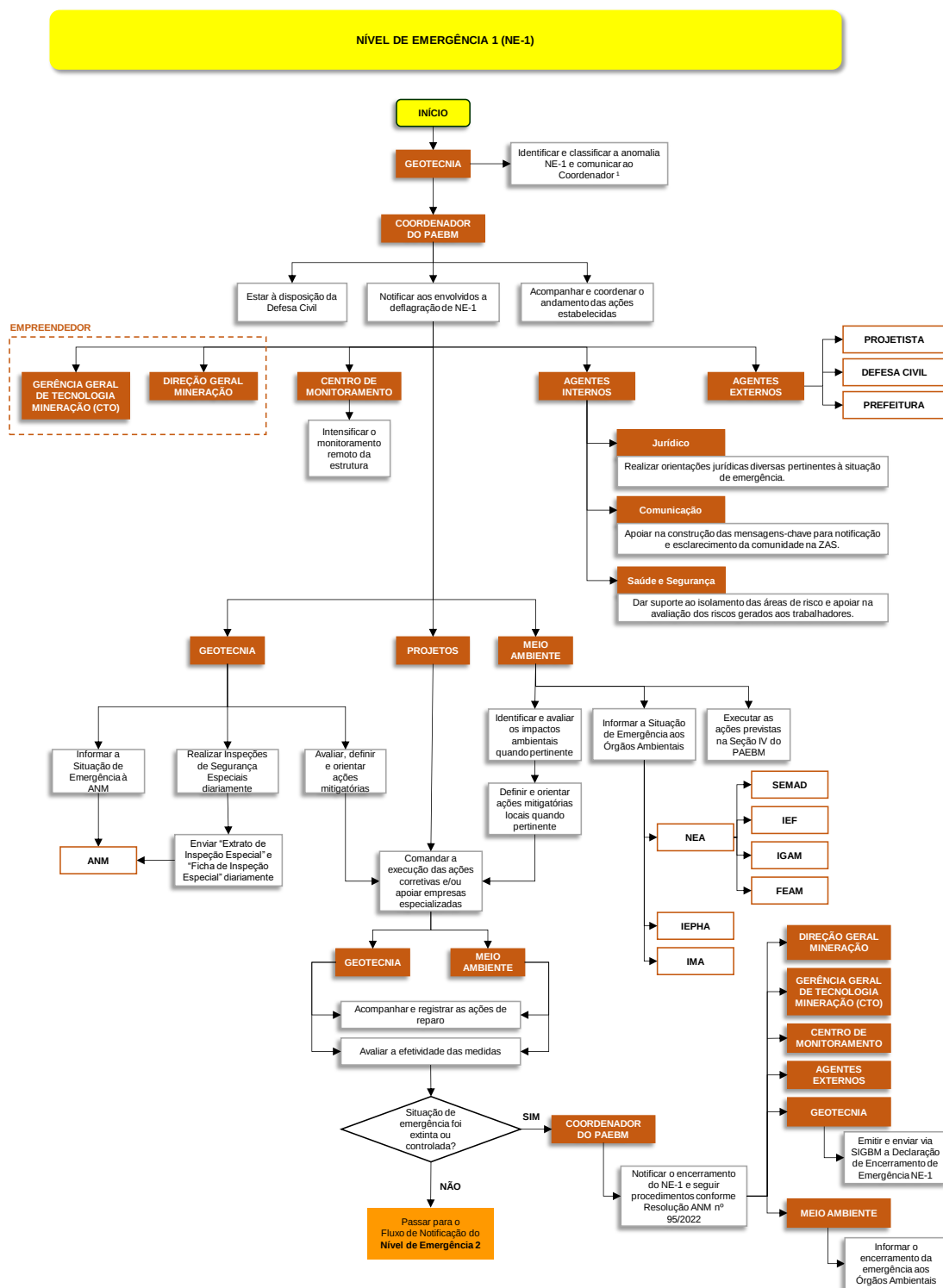


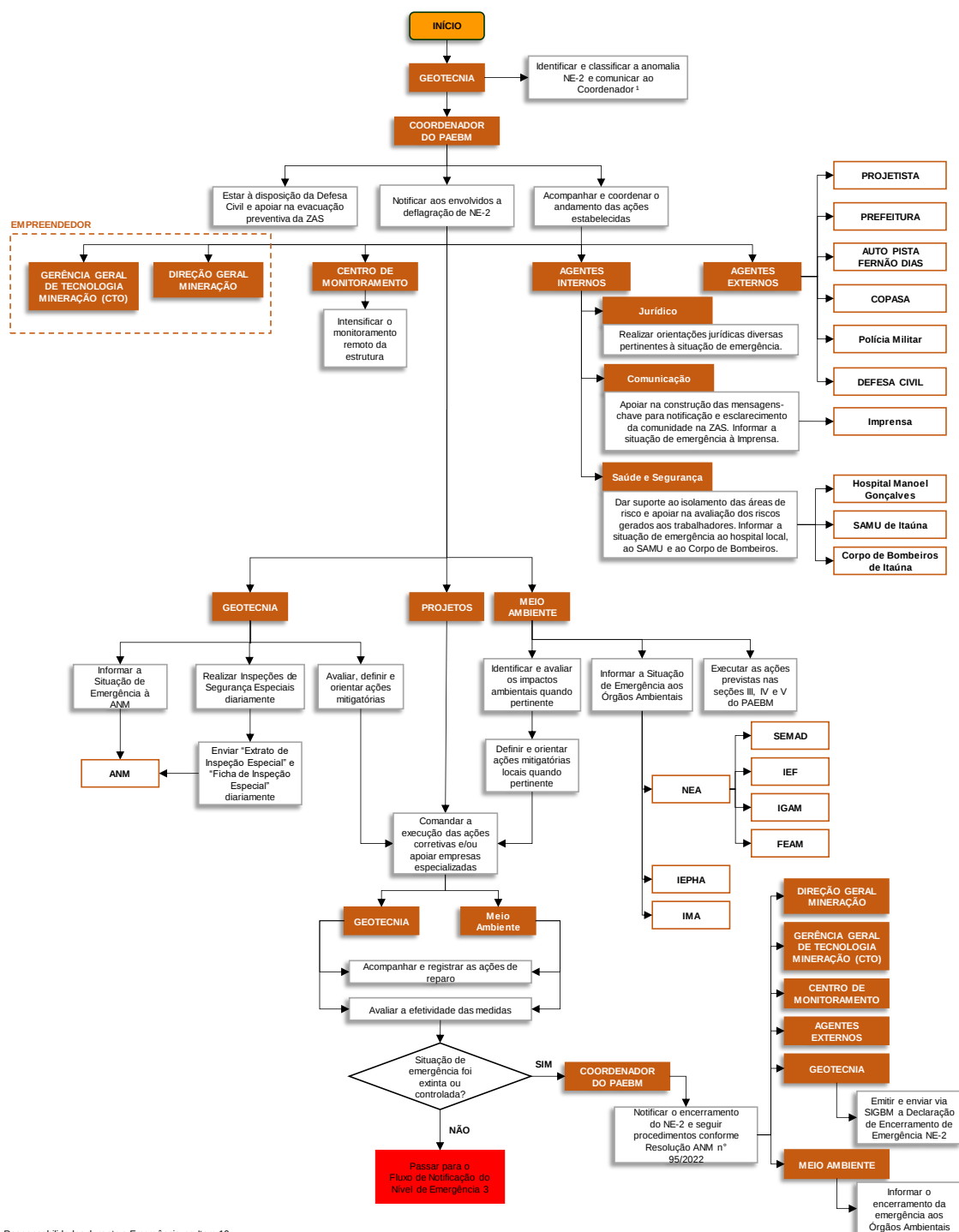
Figura 9.2 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Emergência 1.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 9.4 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Emergência 1.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA 1 (NE-1)			
Responsável	Ação	Quando	Como
Geotecnia / CMG	Classificar o nível de emergência.	Quando cumprido algum dos critérios necessários para classificação do Nível de Emergência da barragem em NE-1 conforme Tabela 5.3	Através de inspeções, monitoramento e auditoria.
Coordenador do PAEBM	Iniciar Fluxo de Notificação definido para NE-1.	Imediatamente após a classificação da emergência como NE-1.	Contato telefônico com os agentes internos e externos.
Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	Intensificar o monitoramento remoto da estrutura.	Após acionado e orientado pelo Coordenador do PAEBM.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos.
Jurídico	Realizar orientações jurídicas diversas pertinentes à situação de emergência.	Após a classificação da emergência como NE-1.	Contato telefônico ou e-mail com os agentes internos.
Comunicação	Prestar esclarecimentos à comunidade da ZAS.	Após a classificação da emergência como NE-1.	Por meio de boletins informativos.
Saúde e Segurança	Dar suporte ao isolamento das áreas de risco e apoiar na avaliação dos riscos gerados aos trabalhadores.	Após a classificação da emergência como NE-1.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos.
Geotecnia	Avaliar a situação, propor e acompanhar ações mitigatórias, realizar inspeções especiais e notificar ANM.	Durante todo o evento, até que a anomalia seja classificada como extinta ou controlada.	Inspeções de campo, contato com projetista e/ou consultorias especializadas, quando pertinente, e registros no SIGBM.
Meio Ambiente	Identificar potenciais impactos ao meio ambiente, propor ações de mitigação, acompanhar e registrar as ações de resposta, notificar os órgãos ambientais e executar as ações previstas na Seção IV do PAEBM.	Durante todo o evento, até que a anomalia seja classificada como extinta ou controlada.	Inspeções de campo, contato com consultorias especializadas, quando pertinente, e contato com os órgãos ambientais.
Projetos	Comandar a execução das ações corretivas definidas pelas equipes de Geotecnia e Meio Ambiente e/ou apoiar empresa especializada contratada para execução.	Após a definição das ações corretivas.	Utilizando recursos humanos e materiais disponíveis no site e, se necessário, providenciar o fornecimento de recursos e contratação de empresas especializadas.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA 2 (NE-2)



Nota 1: Ver Responsabilidades durante a Emergência no Item 10.

Figura 9.3 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Emergência 2.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 9.5 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Emergência 2.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA 2 (NE-2)			
Responsável	Ação	Quando	Como
Geotecnia/ (CMG)	Classificar o nível de emergência.	Existência de anomalia em NE-1 não controlada ou não extinta.	Através do acompanhamento da evolução do NE-1.
Coordenador do PAEBM	Iniciar Fluxo de Notificação definido para NE-2.	Após a classificação da emergência NE-2.	Contato telefônico com os agentes internos e externos.
Coordenador do PAEBM / Geotecnia	Articular com a Defesa Civil a evacuação preventiva da população inserida na ZAS.	Após a classificação da emergência NE-2.	Contato telefônico ou e-mail.
Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	Intensificar o monitoramento.	Após acionado e orientado pelo Coordenador do PAEBM.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos.
Jurídico	Realizar orientações jurídicas diversas pertinentes à situação de emergência.	Após a classificação da emergência como NE-2.	Contato telefônico ou e-mail com os agentes internos.
Comunicação	Prestar esclarecimentos à comunidade da ZAS.	Após a classificação da emergência como NE-2.	Por meio de boletins informativos.
Comunicação	Informar a situação de emergência à Imprensa.	Após a classificação da emergência como NE-2.	Contato telefônico ou e-mail.
Saúde e Segurança	Dar suporte ao isolamento das áreas de risco e apoiar na avaliação dos riscos gerados aos trabalhadores.	Após a classificação da emergência como NE-2.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos.
Saúde e Segurança	Informar a situação de emergência ao hospital local, ao SAMU e ao Corpo de Bombeiros.	Após a classificação da emergência como NE-2.	Contato telefônico.
Geotecnia	Avaliar evolução da situação, propor e acompanhar ações corretivas, realizar inspeções especiais e notificar ANM.	Durante todo o evento, até que a anomalia seja classificada como extinta ou controlada.	Inspeções de campo, contato com projetista e/ou consultorias especializadas, quando pertinente, e registros no SIGBM.
Meio Ambiente	Identificar potenciais impactos ao meio ambiente, propor ações de mitigação, acompanhar e registrar as ações de resposta, notificar os órgãos ambientais e executar as ações previstas nas Seções III, IV e V do PAEBM.	Durante todo o evento, até que a anomalia seja classificada como extinta ou controlada.	Inspeções de campo, contato com consultorias especializadas, quando pertinente, e contato com os órgãos ambientais.
Projetos	Comandar a execução das ações corretivas definidas pelas Equipes de Geotecnia e Meio Ambiente e/ou apoiar empresa especializada contratada para execução.	Após a definição das ações corretivas.	Utilizando recursos humanos e materiais disponíveis no site e, se necessário, providenciar o fornecimento de recursos e contratação de empresas especializadas.

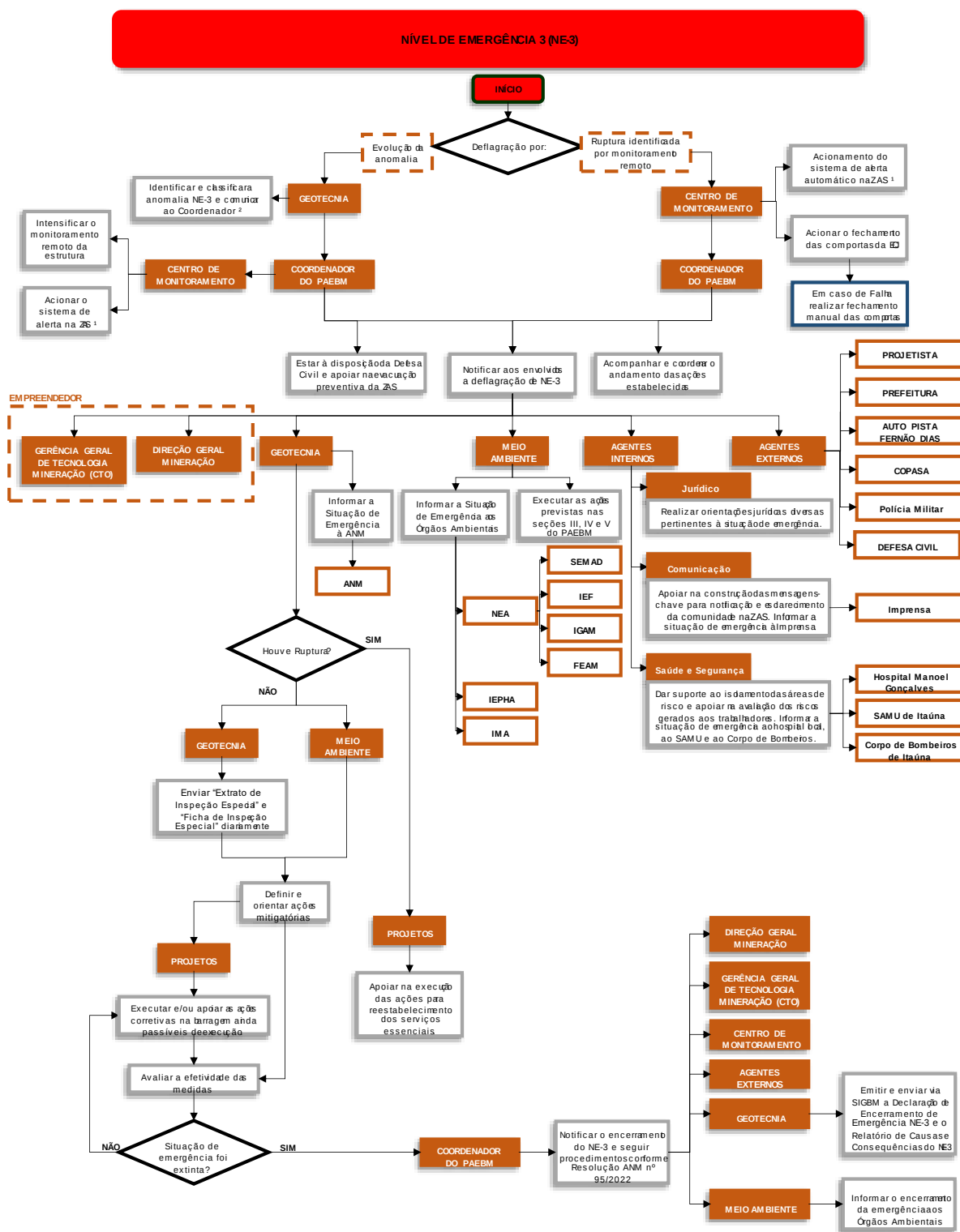


Figura 9.4 – Fluxograma de Notificação e Ações de Resposta para Nível de Emergência 3.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Tabela 9.6 – Ações de notificação e resposta esperadas para o Nível de Emergência 3.

NÍVEL DE EMERGÊNCIA 3 (NE-3)			
Responsável	Ação	Quando	Como
Geotecnia / (CMG)	Classificar o nível de emergência.	Deflagração por evolução da anomalia: Existência de anomalia em NE-2 não controlada ou não extinta.	Através do acompanhamento do NE-2 e por meio das câmeras de vídeo vigilância.
Coordenador do PAEBM	Iniciar Fluxo de Notificação definido para NE-3, solicitar o acionamento do sistema de alerta na ZAS ao Centro de Monitoramento Geotécnico.	Deflagração por evolução da anomalia: Imediatamente após a classificação da emergência como NE-3.	Contato telefônico com os agentes internos e agentes externos.
Coordenador do PAEBM / Geotecnia	Articular com a Defesa Civil a evacuação preventiva da população inserida na ZAS.	Deflagração por evolução da anomalia: Imediatamente após a classificação da emergência como NE-3.	Contato telefônico ou e-mail.
Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	Acionar o sistema de alerta sonoro na ZAS. Intensificar o monitoramento.	Deflagração por evolução da anomalia: Imediatamente após acionado pelo Coordenador do PAEBM ou quando identificada a ruptura pelas câmeras de vídeo vigilância.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos.
Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	Acionar o sistema de fechamento das comportas da ECJ.	Imediatamente após acionado pela Geotecnia.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos
Centro de Monitoramento	Confirmar o acionamento automático das sirenes.	<u>Ruptura identificada por monitoramento remoto:</u> acionamento do sistema automático de sirenes.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos.
Coordenador do PAEBM	Iniciar Fluxo de Notificação definido para NE-3.	<u>Ruptura identificada por monitoramento remoto:</u> Imediatamente após confirmação da ruptura pelo Centro de Monitoramento Geotécnico.	Contato telefônico com os agentes internos e agentes externos.
Jurídico	Realizar orientações jurídicas diversas pertinentes à situação de emergência.	Após a classificação da emergência como NE-3.	Contato telefônico ou e-mail com os agentes internos.
Comunicação	Prestar esclarecimentos à comunidade da ZAS.	Após a classificação da emergência como NE-3.	Por meio de boletins informativos.
Comunicação	Informar a situação de emergência à Imprensa.	Após a classificação da emergência como NE-3.	Contato telefônico ou e-mail.
Saúde e Segurança	Dar suporte ao isolamento das áreas de risco e apoiar na avaliação dos riscos gerados aos trabalhadores.	Após a classificação da emergência como NE-3.	Seguindo procedimentos internos pré-estabelecidos.
Saúde e Segurança	Informar a situação de emergência hospital local, ao SAMU e ao Corpo de Bombeiros.	Após a classificação da emergência como NE-3.	Contato telefônico.
Meio Ambiente	Identificar potenciais impactos ao meio ambiente, propor ações de	Em caso de iminência de rompimento e durante a	Inspeções de campo, contato com consultorias

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

NÍVEL DE EMERGÊNCIA 3 (NE-3)			
Responsável	Ação	Quando	Como
	mitigação, acompanhar e registrar as ações de resposta, notificar os órgãos ambientais e executar as ações previstas nas Seções III, IV e V do PAEBM.	permanência da situação NE-3.	especializadas, quando pertinente, e contato com os órgãos ambientais.
Geotecnia	Informar a Situação de Emergência à ANM.	Em caso de iminência de rompimento e durante a permanência da situação NE-3.	Registros no SIGBM.
Projetos	Executar e/ou apoiar as ações corretivas na barragem ainda passíveis de execução definidas pelas equipes de Geotecnia e Meio Ambiente e/ou apoiar empresa especializada contratada para execução.	Em caso de iminência de rompimento e durante a permanência da situação NE-3.	Utilizando recursos humanos e materiais disponíveis no site e, se necessário, providenciar o fornecimento de recursos e contratação de empresas especializadas.



10. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO GERAL DO SISTEMA DE ALERTA PARA A POPULAÇÃO A JUSANTE

10.1. Descrição do Sistema de Sirenes

O sistema de comunicação em massa da ArcelorMittal Brasil, voltado para a Barragem Serra Azul, conta com alerta sonoro por meio de sirenes instaladas na Zona de Autossalvamento (ZAS). No cenário de ruptura da Barragem Serra Azul com o rejeito contido na ECJ, estão instaladas 3 sirenes na ZAS, cujas coordenadas estão apresentadas na Tabela 10.1.

Tabela 10.1 – Coordenadas das sirenes que compõem o sistema de alerta/alarme – Ruptura da Barragem Serra Azul.

Sirenes da Barragem Serra Azul		
Nome	Coordenadas (datum SIRGAS 2000)	
	Latitude	Longitude
SIRENE 1	-20,138982°	-44,398025°
SIRENE 2	-20,153334°	-44,393350°
SIRENE 7	-20,154538°	-44,391921°

Além disso, há um sistema de comunicação para a Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ), composto por 04 sirenes, conforme apresentado na Tabela 10.2 instaladas em trecho do vale a jusante da estrutura (área de impacto).

Tabela 10.2 – Coordenadas das sirenes que compõem o sistema de alerta/alarme - Ruptura em cascata da Barragem Serra Azul juntamente com a ECJ.

Sirenes da Barragem Serra Azul		
Nome	Coordenadas (datum SIRGAS 2000)	
	Latitude	Longitude
SIRENE 3	-20,164448°	-44,385556°
SIRENE 4	-20,167226°	-44,376397°
SIRENE 5	-20,181458°	-44,376787°

Sirenes da Barragem Serra Azul		
Nome	Coordenadas (datum SIRGAS 2000)	
	Latitude	Longitude
SIRENE 6	-20,161261º	-44,344050º

10.2.Acionamento

O sistema de acionamento das sirenes é automatizado, e é realizado por meio do instrumento Radar Doppler. Além disso, a Barragem Serra Azul conta com um sistema redundante de detecção de deslocamento da barragem, que consiste em uma chave de corda instalada em toda extensão do banco 952 (Figura 10.1) com acionamento de chave semelhante ao sistema de emergência de corda aplicado em transportadores de correia (Imagem 10.1).



Figura 10.1 – Vista aérea da locação da chave de corda para acionamento redundante.

Imagem 10.1 – Caixa de ancoragem da chave de corda nas ombreiras da Barragem Serra Azul.



Fonte: ArcelorMittal Brasil (2025).

A Figura 10.2 apresenta o fluxo de ações a serem realizadas pela ArcelorMittal Brasil para o acionamento das sirenes de alerta à população localizada na ZAS.

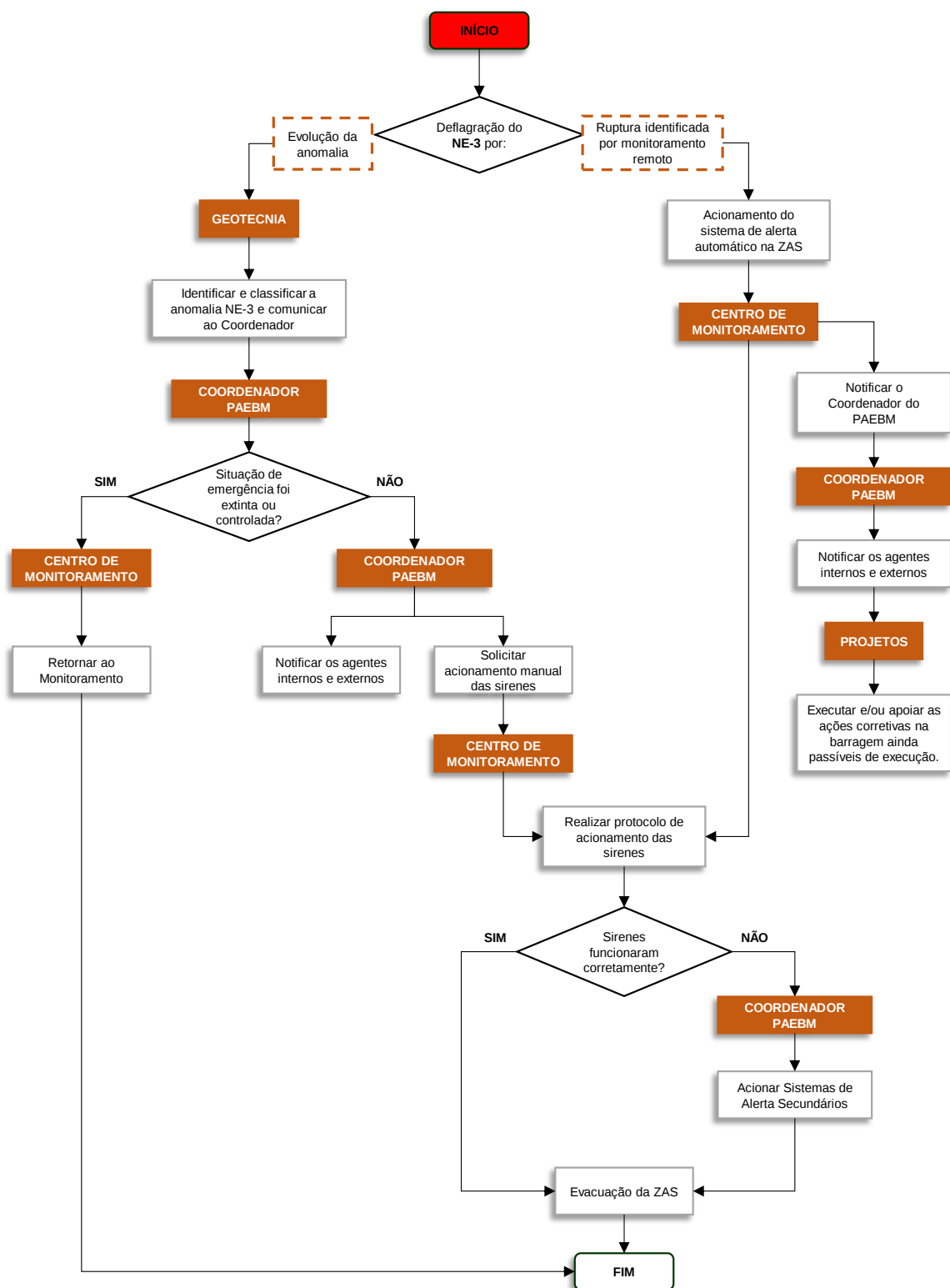


Figura 10.2 – Fluxograma para acionamento de sirene.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Em 13/05/2025, na Nota Técnica (documento atestou a estabilidade estrutural, funcionalidade hidráulica e segurança operacional da ECJ) enviado pela Fontes Geotécnica, foi atestada a estabilidade, funcionalidade hidráulica e segurança operacional da ECJ implantada, considerando-a em condições satisfatórias. A estrutura cumpre sua finalidade de contenção emergencial, em conformidade com os requisitos da Agência Nacional de Mineração (ANM) e com as boas práticas de engenharia aplicáveis ao setor de disposição de rejeitos.

Diante disso, o Plano de Trabalho Seguro na Zona de Autossalvamento (ZAS) foi revisado, considerando que toda a área a jusante da ECJ não foi mais classificada como ZAS para a execução de atividades de finalização das estruturas auxiliares da ECJ, bem como para serviços gerais de manutenção na área de Reparação Socioambiental (RSA) e em demais áreas a jusante da estrutura de contenção.

Para mais informações, consultar o Procedimento Operacional do Plano de Trabalho Seguro EIXO2B – Projeto Barragem (ECJ) (SAZULBAR SS 0001), apresentado no **ANEXO E**.

10.3. Pontos de Encontro e Rotas de Fuga

Todas as pessoas que estiverem por qualquer motivo na ZAS, ao ouvirem o alerta sonoro das sirenes, devem se locomover para os pontos de encontro seguindo as rotas de fuga apresentados nos mapas conforme citados no item 8.1.1 e disponibilizados no Capítulo I da Seção II e as coordenadas dos Pontos de Encontro e Rotas de Fuga estão descritas no **ANEXO D** deste documento.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

11. SÍNTESE DOS ESTUDOS DE INUNDAÇÃO

11.1. Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem Serra Azul

O estudo de ruptura hipotética (*Dam Break*) da Barragem Serra Azul, disponibilizado para elaboração desta síntese, foi realizado pela BVP em 2024 (número MS-3045-HID-RL-0001) (datado de 10/2024), desenvolvido para a delimitação da envoltória máxima de inundação e demais parâmetros necessários para a definição da ZAS (Zona de Autossalvamento) para a Etapa 0 do projeto, considerando os períodos de chuva e de estiagem. Ressalta-se que o estudo considera exclusivamente a ruptura da Barragem Serra Azul (BSA), com todo o rejeito contido na Estrutura de CONTENÇÃO DE JUSANTE (ECJ).

11.1.1. Características do Reservatório

Segundo o documento MS-3045-HID-RL-0001, a Barragem Serra Azul possui capacidade de 133.077 m³ e área de drenagem de 0,16 km². A estrutura conta com vertedouro do tipo flauta em concreto, composto por torres de emboque, galeria e canal de saída.

11.1.2. Caracterização da Área a Jusante

A área de jusante considerada no estudo da BVP é limitada pela ECJ, considerando sua implantação finalizada, localizada a aproximadamente 2,65 km a jusante da barragem Serra Azul.

11.1.3. Caracterização Geotécnica do Reservatório e do Barramento

Segundo o documento MS-3045-HID-RL-0001, a Barragem Serra Azul foi construída inicialmente com um dique de partida em solo compactado, seguido de alteamentos sucessivos até a cota 985,00 m com o mesmo material. Os alteamentos subsequentes foram realizados com rejeito compactado. A caracterização física dos materiais do maciço foi feita com base nos diques de partida, dique de alteamento de canga compactado, dique de alteamento de solo compactado e dique de alteamento de rejeito compactado, conforme apresentado na Tabela 11.1.

Tabela 11.1 – Parâmetros do maciço.

Maciços	Massa específica real dos grãos (g/cm³)	Massa específica aparente (g/cm³)
Diques de partida	2,83	1,53
Dique de alteamento de canga compactado	3,05	-
Dique de alteamento de solo compactado	3,18	1,76
Dique de alteamento de rejeito compactado	3,86	-
Parâmetros adotados	3,23	1,63

Fonte: BVP (2024).

No que se refere aos rejeitos armazenados, o relatório considerou quatro tipos principais: Rejeito A, Rejeito B, Rejeito C e Rejeito Drenado. Esses materiais são oriundos do beneficiamento de minério de ferro da Mina Serra Azul e foram classificados como inertes (classe IIB), conforme a ABNT NBR 10.004/2004. Os parâmetros físicos médios adotados para os rejeitos estão apresentados na Tabela 11.2.

Tabela 11.2 – Parâmetros do rejeito.

Depósito de rejeitos	Massa específica real dos grãos (g/cm³)	Massa específica aparente (g/cm³)
Rejeito A	3,62	1,76
Rejeito B	3,59	2,05
Rejeito C	3,79	2,03
Rejeito drenado	3,67	1,92
Parâmetros adotados	3,67	1,94

Fonte: BVP (2024).

Com base nas massas específicas dos rejeitos e no volume total depositado, foi possível calcular o volume de sólidos e o volume de água retida na estrutura.

Foi adotado um valor médio de diâmetro dos grãos considerando as curvas granulométricas do Rejeito A, Rejeito B, Rejeito C e Rejeito D, resultando no parâmetro D_{50} adotado é igual a 0,0555 mm.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

11.1.4. Caracterização Reológica do Material

A campanha de ensaios reométricos conduzida pela empresa Potamos em 2022 teve como objetivo caracterizar o comportamento dos rejeitos da Barragem Serra Azul para subsidiar estudos de ruptura hipotética. A amostra analisada foi considerada representativa dos rejeitos da barragem e passou por ensaios de granulometria e determinação da massa específica dos grãos. A granulometria foi realizada pela UFOP, enquanto a massa específica dos grãos, determinada pela Potamos conforme norma ABNT NBR 6458 (2017), apresentou valor de 3,480 g/cm³.

Foram realizados 30 ensaios rotacionais em reômetro de alta precisão, utilizando diferentes concentrações de sólidos (entre 35% e 52%). Cada concentração foi submetida a testes de fluxo e deformação com controle de tensão em rampas crescentes. As condições de ensaio variaram conforme a concentração e permitiram avaliar a resposta reológica dos rejeitos sob diferentes condições de escoamento. Os dados obtidos foram fundamentais para modelagem do comportamento mecânico do material em situações hipotéticas de falha.

Com base nos resultados, os parâmetros de tensão de escoamento e viscosidade foram ajustados utilizando o modelo de Bingham. Apesar de limitações observadas nos ensaios com concentrações mais elevadas, foi possível obter curvas representativas do comportamento dos rejeitos. Análises de sensibilidade indicaram que a adoção dos valores médios de tensão e viscosidade foi suficiente para representar adequadamente os rejeitos nas simulações hidrodinâmicas utilizadas nos estudos de ruptura.

Dessa forma, os parâmetros de entrada no modelo hidrodinâmico, considerando a curva exponencial da viscosidade pela concentração de sólidos são $\alpha_1 = 0,008324$ e $\beta_1 = 8,9171$. Já para a curva exponencial reológica da tensão de escoamento pelo C_v , os parâmetros de entrada adotados foram $\alpha_2 = 0,004849$ e $\beta_2 = 22,6317$.

11.1.5. Estudos Hidrológicos

11.1.5.1. Período Chuvoso

Os estudos hidrológicos da Barragem Serra Azul foram conduzidos com base em dados pluviométricos de 1987 a 2023. As precipitações críticas foram determinadas para diferentes

durações (de 10 minutos a 30 dias), considerando tempos de retorno de até 10.000 anos e a Precipitação Máxima Provável (PMP).

A série histórica da estação local foi validada pelo método da Dupla Massa, com excelente correlação com estações vizinhas ($R^2 = 0,9999$). Os quantis anuais máximos foram ajustados pela distribuição de Gumbel, com teste de aderência Anderson-Darling. Para a desagregação temporal da chuva diária, foi utilizado o método de Torga Torrico.

A PMP foi estimada pelo método de Hershfield para durações até 24h e, para períodos superiores, pelo método de Burger (2014), com geração de séries sintéticas via modelo AR(1) com distribuição log-normal e simulação de Monte Carlo. Os hietogramas foram distribuídos segundo a metodologia de Huff (1990).

O trânsito de cheias foi simulado no HEC-HMS 4.10, considerando as características da bacia, curva cota-volume, curva de descarga e tempo de concentração. As simulações consideraram diferentes tempos de retorno e durações de chuva, sendo adotada a condição CNII (umidade média).

Foram avaliados tempos de retorno de até 10.000 anos e o evento da Precipitação Máxima Provável (PMP), conforme exigido pela Norma NBR 13.028/2017 e Resolução ANM 95/2022 para estruturas com Dano Potencial Associado (DPA) Alto em operação. O evento mais crítico identificado foi a PMP, com duração crítica de 10 horas, resultando no nível d'água máximo maximorum de 1.012,46 m para o reservatório da Serra Azul, conforme relatório RISR 1º Ciclo/2024 (nº MS-2020-ENG-RT-1223).

Na Tabela 11.3 seguir, apresenta-se a síntese dos resultados do trânsito de cheias para o evento PMP e duração crítica de 10 horas.

Tabela 11.3 – Síntese dos resultados do trânsito de cheias – Período Chuvoso.

Variável	PMP
Duração crítica	10h
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	2,78
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	0,964
NA máximo (m)	1.012,46
Cota do Coroamento (m)	1.015,00
Borda livre (m)	2,54

Fonte: BVP (2024).

11.1.5.1. Período Seco

Para a definição dos quantis de precipitação no período seco (abril a setembro), foi utilizada a série histórica da estação pluviométrica da Mina Serra Azul, com dados de 1987 a 2021. A análise estatística das precipitações máximas anuais desse período indicou que a distribuição Exponencial apresentou melhor ajuste, conforme os testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado (5% de significância).

O quantil de precipitação para 24 horas foi ajustado por um fator de 1,10 e a desagregação temporal para durações menores foi realizada pelo método das isozonas de Taborga, que considera a uniformidade regional da distribuição das chuvas.

Os quantis para tempo de retorno (TR) de 200 anos foram calculados e apresentados para durações que variam de 5 minutos a 24 horas.

Para estimar a vazão de aporte ao reservatório no período seco, simulou-se o trânsito de cheias adotando TR de 200 anos, considerando condição de umidade antecedente CN I (mais seca). A modelagem hidrológica foi realizada com o software HEC-HMS 4.10, aplicando a metodologia de distribuição temporal de chuvas de Huff (1967) para geração dos hietogramas.

As características físicas da bacia permaneceram iguais às do período chuvoso, com ajuste apenas para a condição de umidade antecedente.

Os resultados do trânsito de cheias obtidos são apresentados na Tabela 11.4.

Tabela 11.4 – Resultados do trânsito de cheias para o TR 200 anos – Período seco.

TR (anos)	Risco Hidrológico (%)	Duração de chuva crítica	Q_{aflu} (m³/s)	Q_{eflu} (m³/s)	$NA_{máx}$ (m)
200	3,45%	10 h	1,08	0,32	1012,16

Fonte: BVP (2024).

11.1.6. Topografia e Imageamento da Área a Jusante

Dados Utilizados e Processamento

Para o Estudo de Ruptura Hipotética (*Dam Break*) da Barragem Serra Azul elaborado pela BVP, foi utilizado um Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução de 1 metro, gerado a partir de curvas de nível de 2021 fornecidas pela ArcelorMittal. A topografia foi complementada com dados gratuitos

do ALOS PALSAR (2006–2011), com resolução de 12,5 metros, e com a topografia primitiva da barragem desenvolvida pela BVP, para representar a mobilização do volume do reservatório. O MDT cobre desde a barragem até a Estrutura de Contenção de Rejeitos (ECJ) e está em coordenadas UTM, com datum SIRGAS 2000 e altimétrico de Imbituba.

A Figura 11.1 apresenta a abrangência das topografias utilizadas.

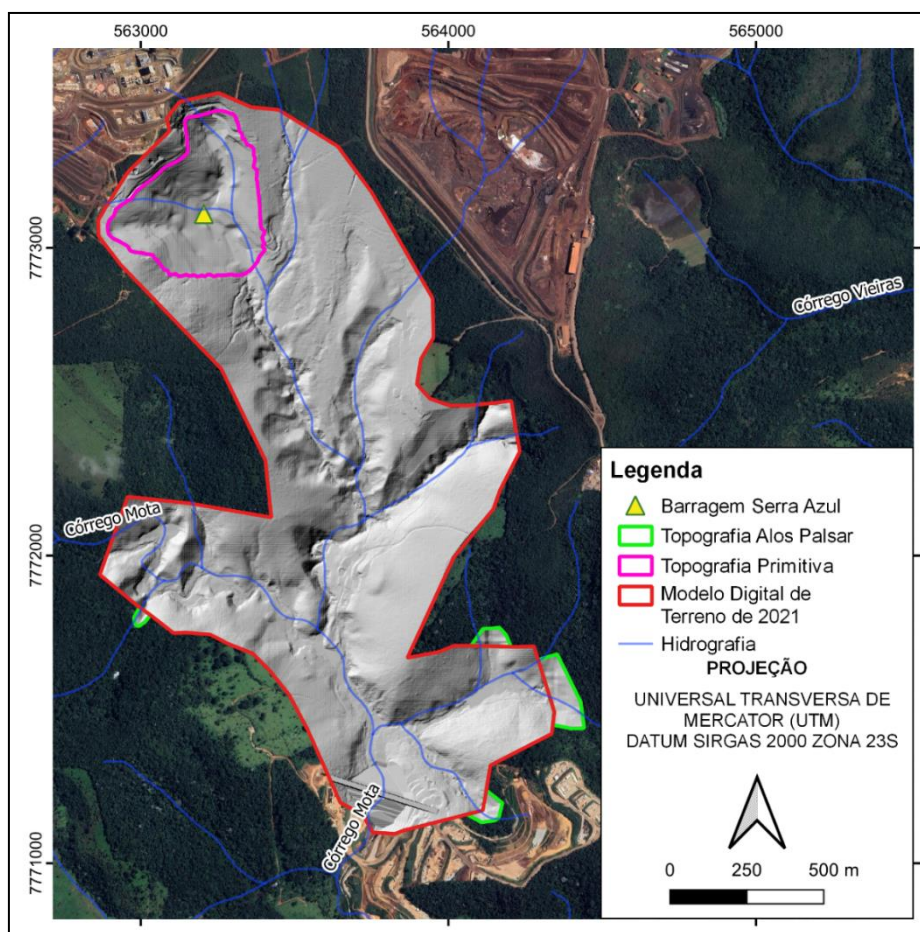


Figura 11.1 – Topografia Utilizada.

Fonte: BVP (2024).

Mapeamento do uso e Ocupação do Solo

Para a simulação da propagação hidráulica no estudo da Barragem Serra Azul, foram definidos coeficientes de rugosidade de Manning com base nas características do uso e cobertura do solo a jusante. A região é predominantemente composta por vegetação rasteira e áreas de mata. A classificação foi realizada manualmente a partir de imagens de satélite atualizadas (fevereiro de

2024), considerando o arranjo final da Estrutura de Contenção de Rejeitos (ECJ). Os coeficientes adotados variam conforme o tipo de uso, com valores entre 0,025 e 0,080, conforme recomendação de CHOW (1959).

Para a determinação do coeficiente de Manning da área a jusante da barragem utilizou-se a classificação apresentada na Figura 11.2.

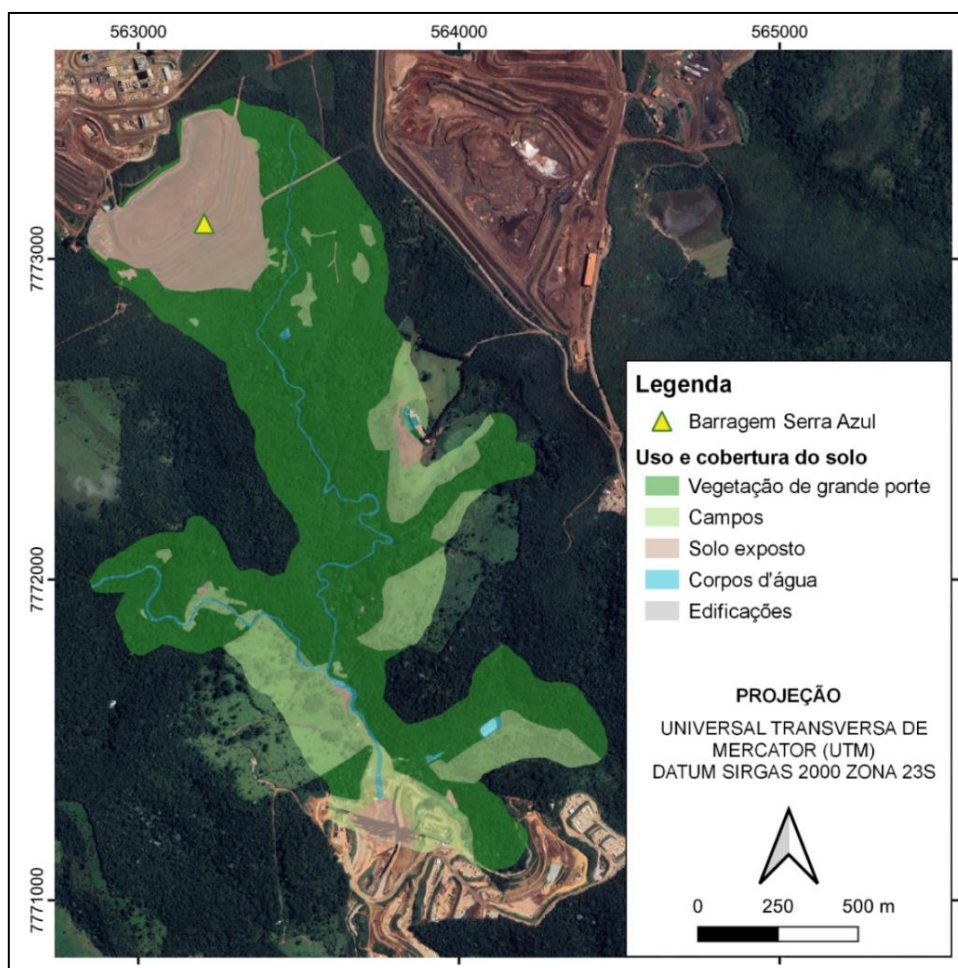


Figura 11.2 - Classificação de uso e cobertura para coeficiente de Manning.

Fonte: BVP (2024).

11.1.7. Regionalização de Vazões a Jusante

Segundo o estudo, a definição das vazões naturais que preenchem a calha a jusante da Barragem Serra Azul foi realizada por meio da regionalização de dados fluviométricos, utilizando estações hidrológicas da bacia do Rio Paraopeba. Para isso, foram selecionadas estações com séries

temporais consistentes e representativas da região, e aplicou-se o método *index-flood* para construção de curvas relacionando área de drenagem e vazões.

Para a análise de frequências das vazões máximas anuais, foram ajustadas diversas distribuições estatísticas, sendo adotada a distribuição Exponencial por seu melhor desempenho nos dados observados. A partir da regionalização, foram obtidos quantis adimensionais que permitiram construir a curva regional associando o tempo de retorno e a vazão para diferentes áreas de drenagem.

No contexto do vale a jusante, as vazões foram estimadas considerando tanto cenários ordinários (tempo de retorno de 2 anos) quanto extremos, com base em curvas que relacionam a área de drenagem à vazão máxima de cheia.

A Tabela 11.5 sintetiza as vazões incrementais associadas às principais entradas de contribuição do vale a jusante da Barragem Serra Azul, detalhando a área acumulada de drenagem em cada ponto, assim como as vazões ordinárias (TR 2 anos) e as vazões extremas.

Tabela 11.5 – Entradas de vazão para o vale jusante da estrutura da Barragem Serra Azul.

Ponto de entrada	Descrição	Área de drenagem acumulada (km²)	Vazão ordinária (TR 2 anos) incremental (m³/s)	Vazão extrema incremental (m³/s)
1	Córrego Mota	6,31	0,73	5,66
2	Córrego sem Nome até Confluência com Córrego Mota a montante da ECJ	5,00	0,62	3,35

Fonte: BVP (2024).

11.1.8. Metodologias, Critérios e Premissas

Cenários e Modos de Falha

O estudo geotécnico da BVP indicou comportamento contrátil nos rejeitos (A, B e C), evidenciando suscetibilidade à liquefação. Também foi observada tendência à contração em solos saprolíticos da fundação, gerando pressões de poros positivas sob cisalhamento não drenado. Assim, o modo de falha mais crítico adotado para a Barragem Serra Azul foi a liquefação.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Volume Mobilizável do Reservatório

Segundo a BVP, considerando o modo de falha por liquefação, todo o material do reservatório, incluindo o maciço e os rejeitos, será mobilizado em caso de ruptura. Para o cenário de período seco, adotou-se o nível d'água de 1.012,16 m, e para o cenário de período chuvoso, o nível de 1.012,46 m. Em ambos os casos, considerou-se a mobilização de 100% do volume de rejeitos. Os volumes totais mobilizáveis estimados são de aproximadamente 5,06 milhões m³ no período seco e 5,08 milhões m³ no período chuvoso.

Concentração Volumétrica

Conforme o relatório de *Dam Break* (MS-3045-HID-RL-0001), após definir o volume mobilizável, foram calculados os volumes de sólidos com base nas massas específicas seca e dos grãos obtidas em ensaios do material do reservatório e maciço. Para o rejeito, adotaram-se 1,94 g/cm³ (seca) e 3,67 g/cm³ (grãos); para o maciço, 1,63 g/cm³ e 3,23 g/cm³, respectivamente. As concentrações volumétricas de sólidos (C_v) resultaram em 52,27% (período seco) e 52,12% (chuvoso), valores que superam o limiar de 30%, caracterizando a mistura como fluido não-newtoniano.

Estimativa do Hidrograma de Ruptura

Nos cenários de ruptura por liquefação da Barragem Serra Azul (BSA), conforme a BVP, todo o volume é mobilizado de forma instantânea, sem formação gradual de brecha. Portanto, o hidrograma de ruptura não é utilizado como entrada no modelo hidrodinâmico.

Entretanto, o modelo hidrodinâmico inclui seções representativas, sendo a seção ST-01, situada imediatamente a jusante da barragem, destinada a registrar a vazão de pico e o comportamento do hidrograma resultante da ruptura instantânea da barragem.

Modelagem Computacional

A propagação dos hidrogramas foi simulada com o *software* RiverFlow2D (v8.02), que utiliza o método de volumes finitos para modelagem hidrodinâmica em leito móvel. A malha não estruturada triangular contou com células de até 7 m, refinadas para 5 m nas áreas críticas, totalizando cerca de 116 mil células. O tempo de simulação variou entre 2,5 e 4 horas, com discretização temporal de ~5 segundos.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Para representar o comportamento dos sedimentos, foi adotado o modelo reológico Quadrático, fundamentado em testes prévios. As equações de concentração e velocidade de sedimentação seguiram as formulações de Wu (2008) e Wu-Wang (2006), respectivamente.

Os dados de entrada incluíram modelo digital de terreno, topografia original, volume mobilizável, rugosidade regional (coeficiente de Manning) e curvas reológicas.

Critério de Parada das Modelagens

A onda de cheia oriunda da ruptura da Barragem Serra Azul foi propagada ao longo de aproximadamente 2,68 km, que corresponde à distância entre a barragem Serra Azul e a ECJ. Dessa forma, o critério de parada definido foi o atingimento à velocidade nula pelo material propagado, após este ficar contido a montante da ECJ.

11.1.9. Resultados das Modelagens

Cenário de Ruptura no Período Chuvoso

O cenário de ruptura da Etapa 0 da Barragem Serra Azul no período chuvoso considerou falha por liquefação, mobilizando instantaneamente todo o volume de rejeitos e o maciço. O nível de água inicial foi de 1.012,46 m, conforme estudo de trânsito de cheias, com vazão natural de 9,02 m³/s a jusante. O volume total escoado foi de 5.077.514 m³, com concentração volumétrica de sólidos de 52,12%. A formação da brecha foi considerada instantânea, dada a natureza da ruptura.

A onda de cheia percorreu 2,68 km até ser contida a montante da ECJ, conforme o critério de parada definido. A vazão máxima registrada na seção ST-01 foi de 128.400 m³/s, logo após a ruptura, reduzindo-se até 3.398 m³/s na seção ST-06, próxima à ECJ. Dez seções foram avaliadas ao longo do trecho, sendo seis no talvegue principal e quatro nos remansos, com resultados detalhados em gráficos e tabelas ao longo do relatório.

A análise das seções mostra redução progressiva da profundidade, velocidade e aumento do tempo de chegada da onda de inundação. A profundidade máxima caiu de 66,3 m na ST-01 para 20,9 m na ST-06. A maior velocidade (31,46 m/s) foi registrada na ST-02, e a menor (13,73 m/s) na ST-06. O tempo de chegada da onda aumentou com a distância, demonstrando atenuação natural ao longo do vale (BVP, 2024).

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Cenário de Ruptura no Período Seco

O cenário de ruptura da Etapa 0 da Barragem Serra Azul no período seco considerou o modo de falha por liquefação, com nível d'água inicial de 1.012,16 m e cheia natural ordinária a jusante (1,34 m³/s). Todo o volume da barragem foi mobilizado instantaneamente, totalizando 5.062.844 m³ com 52,27% de concentração volumétrica de sólidos. A onda de cheia propagou-se até a ECJ, a 2,68 km de distância, onde o material foi contido, atendendo ao critério de parada.

A seção ST-01 registrou a maior vazão (127.500 m³/s), enquanto a menor foi na ST-06 (3.267 m³/s), próxima à ECJ. A profundidade máxima simulada reduziu de 66,3 m para 20,9 m entre essas seções, e a velocidade máxima variou de 31,43 m/s na ST-02 a 13,66 m/s na ST-06. A onda percorreu 1 km em 29 segundos e atingiu a ECJ em 1 minuto e 52 segundos. Os resultados foram semelhantes aos do cenário chuvoso, refletindo pequena variação nos volumes propagados (BVP, 2024).

Mapeamento das Áreas Potencialmente Inundáveis

A trajetória da mancha de inundação percorre áreas de mata densa e rasteira, atingindo principalmente zonas rurais. Desde 2019, a Zona de Autossalvamento (ZAS) da Barragem Serra Azul foi evacuada. A onda de ruptura percorre cerca de 1,5 km do Córrego Mota até o extravasor da ECJ, afetando APPs, corpos d'água Classe 2 e áreas de proteção especial, sem atingir rodovias, Unidades de Conservação, terras indígenas ou patrimônios culturais.

11.1.10. Definição da ZAS

Para a ruptura isolada da Barragem Serra Azul, a **Zona de Autossalvamento (ZAS)** foi definida como toda a extensão de 2,65 km correspondente à mancha de inundação, tanto para o período chuvoso quanto para o período seco.

A **Zona de Segurança Secundária (ZSS)** não foi delimitada porque as análises indicam que a estrutura a jusante (ECJ) é capaz de conter integralmente o fluxo de rejeitos, impedindo que a inundação ultrapasse os limites da ZAS. Dessa forma, não há áreas adicionais além da ZAS que necessitem de ações específicas de proteção ou evacuação, o que torna desnecessária a definição da ZSS para esse cenário.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Os mapas temáticos gerados a partir dos estudos hidrodinâmicos realizados para a ruptura hipotética da Barragem Serra Azul (BSA) em cascata da Estrutura de Contenção Jusante (ECJ), serão contemplados na Seção II do PAEBM.

11.2. Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem Serra Azul em Cascata com a ECJ – Período Chuvoso

O estudo de ruptura hipotética (*Dam Break*) da Barragem Serra Azul em cascata com a ECJ para o período chuvoso, disponibilizado para elaboração desta síntese, foi realizado pela BVP em 2025 (número MS-2000-HID-RL-2001) (datado de 05/2025), desenvolvido para a delimitação da envoltória máxima de inundação e demais parâmetros necessários para a definição da área de impacto a jusante da ECJ considerando o período de chuva.

11.2.1. Características do Reservatório

As características do reservatório são equivalentes às descritas no 11.1.1 deste relatório.

11.2.2. Caracterização da Área a Jusante

A área a jusante considerada no estudo da BVP inclui a ECJ, situada aproximadamente a 2,65 km a jusante da Barragem Serra Azul, assim como uma região urbanizada com residências no município de Itatiaiuçu (MG). Também abrange um trecho da rodovia BR-381, entre os municípios de Rio Manso e Brumadinho, além do reservatório da Barragem Rio Manso.

11.2.3. Caracterização Geotécnica do Reservatório e do Barramento

A caracterização geotécnica do reservatório e barramento é equivalente à descritas no item 11.1.1 deste relatório.

11.2.4. Caracterização Reológica do Material

A caracterização reológica do material é equivalente à descrita no item 11.1.4 deste relatório.

11.2.5. Estudos Hidrológicos

A metodologia adotada para a determinação dos quantis de chuvas intensas e da Precipitação Máxima Provável (PMP), são as mesmas apresentadas no item 11.1.5.1.

O trânsito de cheias foi simulado no HEC-HMS 4.10, considerando as características da bacia, curva cota-volume, curva de descarga e tempo de concentração. As simulações consideraram diferentes tempos de retorno e durações de chuva, sendo adotada a condição CNII (umidade média).

Os tempos de retorno avaliados foram de TR 10.000 anos e a PMP, conforme estabelecido pela Norma NBR 13.028/2017 e a Resolução ANM 95/2022 para estruturas de Dano Potencial Associado (DPA) Alto em período de operação, adotando-se o mais crítico. Conforme apresentado na RISR 1º Ciclo/2024 (nº MS-2020-ENG-RT-1223), a PMP foi o evento mais crítico para o reservatório da BSA, com duração crítica de 10 h e N.A. máximo maximorum igual 1012,46 m

Os resultados do trânsito de cheias para o período chuvoso são apresentados na Tabela 11.6.

Tabela 11.6 – Síntese dos resultados do trânsito de cheias – Período Chuvoso.

Variável	PMP
Duração crítica	10h
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	2,78
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	0,964
NA máximo (m)	1.012,46
Cota do Coroamento (m)	1.015,00
Borda livre (m)	2,54

Fonte: BVP (2025).

11.2.6. Topografia e Imageamento da Área a Jusante

Dados Utilizados e Processamento

No estudo de ruptura hipotética em cascata da Barragem Serra Azul com a ECJ, para o período chuvoso, elaborado pela BVP, foi utilizado um Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução de 1 metro, gerado a partir de curvas de nível de 2021 fornecidas pela ArcelorMittal. A topografia foi

complementada com dados do ALOS PALSAR (2006–2011), com resolução de 12,5 metros, e com a topografia primitiva da barragem desenvolvida pela própria BVP.

Para a região a jusante da ECJ, foi utilizado o MDT “AMB_DamBreak_Rio_Manso_a.tif”, que cobre desde a BSA até o reservatório da Barragem Rio Manso. O arquivo está projetado no sistema de coordenadas UTM, com datum planimétrico SIRGAS 2000 e altimétrico de Imbituba.

A Figura 11.3 apresenta a abrangência das topografias utilizadas.

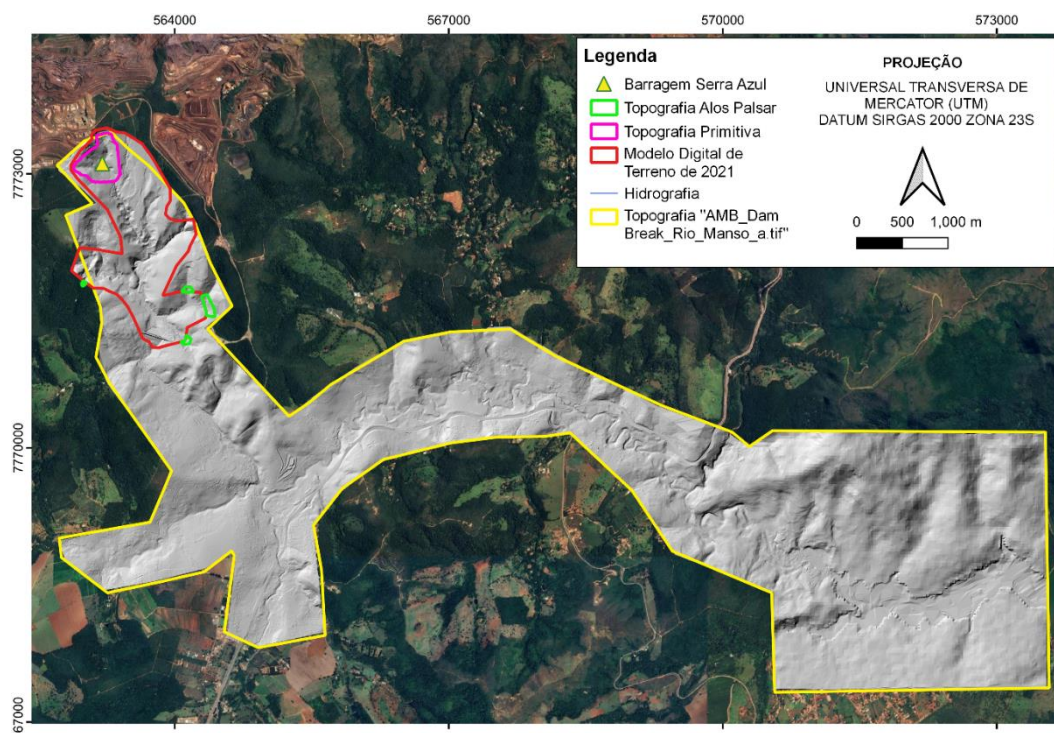


Figura 11.3 – Topografia utilizada no estudo.

Fonte: BVP (2025).

Mapeamento do uso e Ocupação do Solo

Os coeficientes de Manning adotados baseiam-se na classificação de uso e cobertura do solo definida por Chow (1959) e foram atribuídos manualmente a partir de imagens de satélite do Google, datadas de fevereiro de 2024. Essa classificação levou em consideração o arranjo final da ECJ, conforme ilustrado na Figura 11.4.

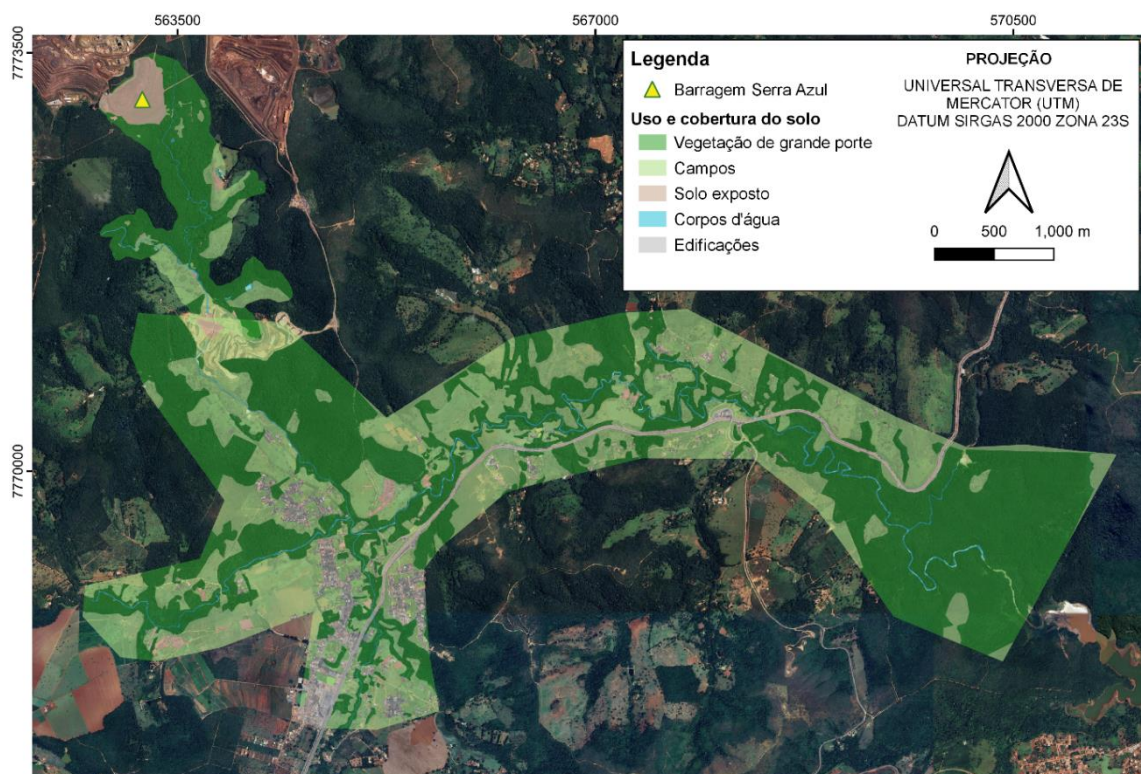


Figura 11.4 – Classificação de uso e cobertura para coeficiente de Manning.

Fonte: BVP (2025).

11.2.7. Regionalização de Vazões a Jusante

No contexto do estudo hidrológico associado à ruptura hipotética de estruturas da Barragem Serra Azul e da ECJ, foi realizada a regionalização das vazões naturais e de cheia extrema para diferentes áreas de drenagem situadas no vale a jusante. O objetivo foi estimar com precisão as contribuições hidrológicas incrementais ao longo do percurso do escoamento, considerando tanto cenários ordinários quanto eventos extremos de cheia.

A estimativa das vazões foi feita com base em curvas regionais obtidas por meio da análise de séries históricas de estações fluviométricas e da aplicação da distribuição Exponencial ajustada por Momentos-L. Essa abordagem permitiu definir os quantis adimensionais de cheia para diversos tempos de retorno, os quais foram aplicados às áreas de drenagem discretizadas no vale.

O vale jusante da ECJ foi subdividido em quatro pontos de entrada principais, cada um representando uma área de drenagem acumulada específica. Para cada ponto, foram calculadas duas vazões incrementais: uma ordinária, correspondente ao tempo de retorno de 2 anos, e uma vazão de cheia extrema, representando cenários críticos de escoamento em períodos chuvosos.

A Tabela 11.7 apresenta os valores obtidos para cada ponto.

Tabela 11.7 – Entradas de vazão para o vale jusante da ECJ.

Ponto de entrada	Área de drenagem acumulada (km²)	Vazão ordinária (TR 2 anos) incremental (m³/s)	Vazão extrema incremental (m³/s)
1	72,87	9,68	39,7
2	118,19	6,47	18,6
3	148,49	4,41	11,6
4	170,09	3,18	7,99
Total		23,7	78,0

Fonte: BVP (2025).

11.2.8. Metodologias, Critérios e Premissas

Cenários e Modos de Falha

O estudo geotécnico da BVP indicou comportamento contrátil nos rejeitos (A, B e C), evidenciando suscetibilidade à liquefação. Também foi observada tendência à contração em solos saprolíticos da fundação, gerando pressões de poros positivas sob cisalhamento não drenado. Assim, o modo de falha mais crítico adotado para a Barragem Serra Azul foi a liquefação.

Já para a Estrutura de CONTENÇÃO a Jusante (ECJ) e, diante da dificuldade de se estabelecer o modo de falha por se tratar de uma estrutura não convencional, adotou-se o modo de falha de instabilização seguido do galgamento. A ECJ é composta por um conjunto de cortinas de estacas tubulares metálicas preenchidas com concreto, e enrocamento, preenchendo os espaçamentos entre linhas, a montante e a jusante da ECJ. Neste conceito tem-se a dificuldade de visualização do modo de ruptura e a geometria de formação de brecha.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Volume Mobilizável do Reservatório

No cenário de falha por liquefação durante o período chuvoso, considerou-se que todo o conteúdo armazenado nos reservatórios da Barragem Serra Azul (BSA) e da Estrutura de Contenção Jusante (ECJ) seria mobilizado. Isso inclui rejeitos, água livre e parte do maciço das estruturas.

Para a BSA, foi adotado o nível de água máximo de El. 1012,46 m, conforme estudo de trânsito de cheias (RISR 1º ciclo/2024), resultando em um volume total mobilizável de 5.077.514 m³. Já na ECJ, assumiu-se que o reservatório encontra-se previamente cheio com base em uma chuva com TR de 10.000 anos, totalizando 5.424.137 m³ mobilizáveis.

A Tabela 11.8 apresenta o detalhamento dos volumes mobilizados, com destaque para o fato de que 100% dos volumes de rejeitos armazenados foram considerados mobilizáveis em ambas as estruturas.

Tabela 11.8 — Volumes mobilizados no cenário de período chuvoso.

Parâmetros	Barragem Serra Azul	ECJ
Volume de rejeito total (m³)	4.512.699	4.746.695
Volume de rejeito mobilizável (m³)	4.512.699	4.746.695
Volume de água livre (m³)	49.294	483.997
Volume do maciço (m³)	515.521	193.445
Volume total mobilizável (m³)	5.077.514	5.424,13738
Porcentagem do volume de rejeito mobilizável em relação ao total de rejeito armazenado	100,0%	100%

Fonte: BVP (2025).

Concentração Volumétrica

Após a definição dos volumes mobilizáveis, foi realizada a estimativa dos volumes de sólidos com base nos parâmetros físicos dos materiais. Para o maciço da barragem, foram adotadas massa específica seca de 1,63 g/cm³ e dos grãos de 3,23 g/cm³. Para os rejeitos, os valores utilizados foram 1,94 g/cm³ e 3,67 g/cm³, respectivamente.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

A partir desses dados, foram calculadas as concentrações volumétricas de sólidos (CV%) para os materiais mobilizáveis da Barragem Serra Azul (BSA) e da ECJ. A BSA apresentou CV de 52,12% e a ECJ de 47,30%.

Como ambas as concentrações estão acima do limiar de 30%, conclui-se que os materiais mobilizados têm comportamento típico de fluido não-newtoniano, o que foi considerado na modelagem da propagação da ruptura.

Estimativa do Hidrograma de Ruptura

De acordo com a BVP, no cenário hipotético de ruptura da Barragem Serra Azul (BSA), adotou-se o modo de falha por liquefação, caracterizado por mobilização instantânea do volume armazenado. Assim, não há formação gradual de brecha nem necessidade de um hidrograma de entrada no modelo hidrodinâmico. A liberação do volume foi representada por uma superfície superior (ou “tampa”) que, em conjunto com a topografia primitiva, define o volume mobilizável. A modelagem incluiu seções de controle, como a ST-01, para registrar a vazão de pico a jusante.

Para a Estrutura de Controle de Jusante (ECJ), considerou-se um modo de ruptura por instabilização seguido de galgamento. Neste caso, foi necessário gerar um hidrograma de ruptura com base na parametrização proposta por Froehlich (2016), já que a ruptura da ECJ não é instantânea. A falha da ECJ foi considerada com início três minutos após a ruptura da BSA, quando o nível d’água atinge seu máximo. O hidrograma gerado foi utilizado como entrada no modelo hidrodinâmico do trecho entre a ECJ e o reservatório da Barragem do Rio Manso.

Modelagem Computacional

A propagação dos hidrogramas e a delimitação das áreas potencialmente inundáveis foram simuladas utilizando o *software* RiverFlow2D (versão 8.02), que aplica o método de volumes finitos em malha triangular não estruturada. O modelo foi dividido em dois trechos:

- Entre a Barragem Serra Azul (BSA) e a Estação de Controle de Jusante (ECJ), com células de até 7 m e refinamento de 5 m;
- Entre a ECJ e o reservatório do Rio Manso, com células de 10 m e refinamento de 6 m.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

O tempo de simulação variou conforme o trecho, sendo 1,5 hora a montante da ECJ (discretização temporal de 5 s) e 8 horas a jusante (discretização de 1 min). Foi adotado escoamento normal como condição de contorno de jusante, com controle de estabilidade pelo número de Courant $\leq 1,0$.

A modelagem considerou a formulação reológica quadrática, fundamentada em ensaios realizados com os sedimentos da BSA, e utilizou as equações de equilíbrio e sedimentação de Wu (2008) e Wu-Wang (2006). Como dados de entrada, foram empregados modelo digital de terreno, topografia primitiva, superfície mobilizável da “tampa”, coeficientes de rugosidade de Manning e curvas reológicas previamente definidas.

Critério de Parada das Modelagens

A onda de cheia gerada pela ruptura em cascata da Barragem Serra Azul (BSA) e da ECJ foi propagada por cerca de 16 km, até o reservatório da Barragem do Rio Manso. No trecho entre a BSA e a ECJ, o modelo hidrodinâmico foi interrompido quando o material propagado atingiu velocidade nula, ficando retido a montante da ECJ.

No trecho entre a ECJ e o reservatório Rio Manso, o critério de parada foi o alcance da onda até o limite da cota da soleira do vertedouro (781,00 m). Considerando que a descarga máxima do vertedouro é de 1.280 m³/s e a área inundada do reservatório é de 10,85 km², esses dados foram utilizados para avaliar o atingimento ao critério de parada, devido à ausência de curvas de cota-volume e de descarga da barragem.

11.2.9. Resultados das Modelagens

O estudo da BVP avaliou a ruptura hipotética da Barragem Serra Azul (BSA) durante o período chuvoso, seguida de ruptura em cascata da Estrutura de Contenção Jusante (ECJ). A BSA foi considerada em falha por liquefação, com liberação instantânea de seu conteúdo, enquanto a ECJ rompeu por instabilização e galgamento, com brecha formada em cerca de 15 minutos após atingir o nível d'água máximo. O volume total mobilizado foi superior a 10 milhões de m³, com concentrações volumétricas significativas (acima de 47%), indicando comportamento de fluido não-newtoniano na propagação da onda de ruptura.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

A simulação hidrodinâmica mostrou que a onda atingiu a velocidade máxima de 31,26 m/s e profundidade máxima de 66,28 m logo após a ruptura. A onda de cheia percorreu os 16 km até o reservatório da Barragem Rio Manso em aproximadamente 1 hora, sendo amortecida progressivamente, com vazão final de 979 m³/s — abaixo da capacidade do vertedor da Rio Manso (1.280 m³/s). A análise indicou atenuação significativa da onda ao longo do trajeto, mas recomendou-se avaliar o trânsito de cheias com dados específicos da Barragem Rio Manso, para confirmar sua capacidade de contenção sob cenários extremos.

Mapeamento das Áreas Potencialmente Inundáveis

O estudo atendeu aos critérios da ANM para o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis, considerando a ruptura hipotética da Barragem Serra Azul (BSA) em cascata com a Estrutura de Contenção Jusante (ECJ).

O mapeamento considerou estruturas socioambientais atingidas, como áreas urbanas no município de Itatiaiuçu, residências, a rodovia BR-381, Áreas de Preservação Permanente (APPs), a Área de Proteção Especial da Bacia do Rio Manso, zonas de amortecimento da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, além de corpos hídricos enquadrados como Classe 2 pelo IGAM.

A propagação da onda de ruptura pode afetar diretamente o abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, devido à chegada dos rejeitos ao reservatório Rio Manso, onde está localizada a ETA Rio Manso.

A extensão total do trecho modelado para a ruptura da BSA em cascata com a ECJ em período chuvoso foi de 16,0 km. A ZAS corresponde ao trecho entre a BSA e ECJ (2,65 km) e a área de impacto mais 10 km a partir da ECJ.

11.3. Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem Serra Azul em Cascata com a ECJ – Período Seco

O estudo de ruptura hipotética (*Dam Break*) da Barragem Serra Azul em cascata com a ECJ para o período de estiagem, disponibilizado para elaboração desta síntese, foi realizado pela BVP em 2025 (número MS-2000-HID-RL-20012 (datado de 05/2025), desenvolvido para a delimitação da

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

envoltória máxima de inundação e demais parâmetros necessários para a definição da ZAS (Zona de Autossalvamento) considerando o período de chuva.

11.3.1. Características do Reservatório

As características do reservatório são equivalentes às descritas no item 11.1.4.

11.3.2. Caracterização da Área a Jusante

A caracterização da área a jusante da BSA e da ECJ é igual à descrita no item 11.2.2.

11.3.3. Caracterização Geotécnica do Reservatório e do Barramento

A caracterização geotécnica do reservatório e barramento é equivalente à descritas no item 11.1.3.

11.3.4. Caracterização Reológica do Material

A caracterização reológica do material é equivalente à descrita no item 11.1.4.

11.3.5. Estudos Hidrológicos

Precipitação de Projeto

A metodologia adotada para a determinação dos quantis de chuvas intensas para o período de estiagem e considerando o TR de 200 anos, bem como a respectiva tabela de valores, são as mesmas apresentadas no item 11.1.5.1.

Trânsito de Cheias – Período Seco

No cenário de período seco, o trânsito de cheias foi analisado com base em um tempo de retorno de 200 anos, conforme o documento MS-2000-HID-RL-2002. Essa premissa representa uma probabilidade de ocorrência inferior a 5%, considerada aceitável para estruturas temporárias.

O trânsito de cheias foi realizado no programa HEC-HMS. Foram considerados os mesmos parâmetros atualizados para o cálculo do trânsito de cheias no reservatório para o período chuvoso, alterando apenas a condição de umidade antecedente para a CN I.

Os resultados do trânsito de cheias para o período seco são apresentados na Tabela 11.9

Tabela 11.9 – Síntese dos resultados do trânsito de cheias – Período Seco.

Estrutura	TR (anos)	Risco Hidrológico (%)	Duração de chuva crítica	Q _{afllu} (m³/s)	Q _{eflu} (m³/s)	NA _{máx} (m)
Barragem Serra Azul	200	3,45	10 h	1,08	0,32	1012,16
ECJ	200	3,45	4 h	37,81	29,44	844,99

A fim de definir o NA máximo na ECJ após a ruptura hipotética da BSA, considerou-se ainda a contribuição de um hidrograma afluente ao reservatório da ECJ, proveniente dessa ruptura. O hidrograma afluente foi obtido a partir do modelo hidrodinâmico da ruptura da BSA, na seção imediatamente a montante do reservatório da ECJ. A vazão de pico desse hidrograma é igual a 64.230 m³/s, considerando a ruptura da BSA no Período Seco.

11.3.6. Topografia e Imageamento da Área a Jusante

Dados Utilizados e Processamento

No estudo de ruptura hipotética em cascata da Barragem Serra Azul com a ECJ, para o período seco, elaborado pela BVP, foi utilizado um Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução de 1 metro, gerado a partir de curvas de nível de 2021 fornecidas pela ArcelorMittal. A topografia foi complementada com dados do ALOS PALSAR (2006–2011), com resolução de 12,5 metros, e com a topografia primitiva da barragem desenvolvida pela própria BVP.

Para a região a jusante da ECJ, foi utilizado o MDT “AMB_DamBreak_Rio_Manso_a.tif”, que cobre desde a BSA até o reservatório da Barragem Rio Manso. O arquivo está projetado no sistema de coordenadas UTM, com datum planimétrico SIRGAS 2000 e altimétrico de Imituba.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Mapeamento do uso e Ocupação do Solo

Os coeficientes de Manning adotados são os mesmos apresentados no item 11.2.6.

Regionalização de Vazões a Jusante

As entradas de vazão para o vale jusante da ECJ são as mesmas apresentadas no item 11.2.7.

11.3.1. Metodologias, Critérios e Premissas

Cenários e Modos de Falha

Os cenários de falha são os mesmos apresentados no item 11.2.1.

Volume Mobilizável do Reservatório

No cenário de ruptura no período seco, considerou-se a liquefação do depósito de rejeitos como modo de falha da Barragem Serra Azul (BSA), resultando na mobilização total do material do reservatório e do maciço. O volume potencialmente mobilizável inclui toda a água e os sedimentos presentes, tendo como base a topografia primitiva registrada no arquivo MS-3000-GET-DE-2002_REV_1. O nível de água adotado foi de 1012,16 m, conforme estudo específico para o período seco.

Para a Estrutura de Controle de Jusante (ECJ), assumiu-se que 100% do volume que chega até a estrutura é mobilizado, já que o reservatório estaria previamente preenchido com volume correspondente a uma precipitação com tempo de retorno de 200 anos. Assim, a ECJ também contribuiria integralmente com o volume mobilizado para jusante após o colapso em cascata iniciado pela ruptura da BSA.

A Tabela 11.10 apresenta o detalhamento dos volumes mobilizados, com destaque para o fato de que 100% dos volumes de rejeitos armazenados foram considerados mobilizáveis em ambas as estruturas.



Tabela 11.10 – Volumes mobilizados no cenário de período seco.

Parâmetros	Barragem Serra Azul	ECJ
Volume de rejeito total (m³)	4.512.699	4.710.090
Volume de rejeito mobilizável (m³)	4.512.699	4.710.090
Volume de água livre (m³)	34.624	61.495
Volume do maciço (m³)	515.521	185.623
Volume total mobilizável (m³)	5.062.844	4.957.208
Porcentagem do volume de rejeito mobilizável em relação ao total de rejeito armazenado	100,0%	100%

Fonte: BVP (2025).

Concentração Volumétrica

Após a definição dos volumes mobilizáveis, foi realizada a estimativa dos volumes de sólidos com base nos parâmetros físicos dos materiais. Para o maciço da barragem, foram adotadas massa específica seca de 1,63 g/cm³ e dos grãos de 3,23 g/cm³. Para os rejeitos, os valores utilizados foram 1,94 g/cm³ e 3,67 g/cm³, respectivamente.

A partir desses dados, foram calculadas as concentrações volumétricas de sólidos (CV%) para os materiais mobilizáveis da Barragem Serra Azul (BSA) e da ECJ. A BSA apresentou CV de 52,27% e a ECJ de 51,60%

Como ambas as concentrações estão acima do limiar de 30%, conclui-se que os materiais mobilizados têm comportamento típico de fluido não-newtoniano, o que foi considerado na modelagem da propagação da ruptura.

Estimativa do Hidrograma de Ruptura

De acordo com a BVP, no cenário hipotético de ruptura da Barragem Serra Azul (BSA), adotou-se o modo de falha por liquefação, caracterizado por mobilização instantânea do volume armazenado.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

Assim, não há formação gradual de brecha nem necessidade de um hidrograma de entrada no modelo hidrodinâmico. A liberação do volume foi representada por uma superfície superior (ou “tampa”) que, em conjunto com a topografia primitiva, define o volume mobilizável. A modelagem incluiu seções de controle, como a ST-01, para registrar a vazão de pico a jusante.

Para a Estrutura de Controle de Jusante (ECJ), considerou-se um modo de ruptura por instabilização seguido de galgamento. Neste caso, foi necessário gerar um hidrograma de ruptura com base na parametrização proposta por Froehlich (2016), já que a ruptura da ECJ não é instantânea. A falha da ECJ foi considerada com início três minutos após a ruptura da BSA, quando o nível d’água atinge seu máximo. O hidrograma gerado foi utilizado como entrada no modelo hidrodinâmico do trecho entre a ECJ e o reservatório da Barragem do Rio Manso.

Modelagem Computacional

A simulação da onda de ruptura e definição das áreas potencialmente inundáveis foi realizada com o *software* RiverFlow2D (v8.02), que utiliza o método de volumes finitos em malha triangular não estruturada, adequada para rios e planícies de inundação.

Foram definidos dois trechos de modelagem:

- Entre a BSA e a ECJ: células de até 7 m com refino de 5 m;
- Entre a ECJ e o reservatório do Rio Manso: células de até 10 m com refino de 6 m.

A condição de contorno de jusante foi escoamento normal, com controle de estabilidade pelo número de Courant $\leq 1,0$. O tempo de simulação foi de 1,5 h a montante da ECJ e 8 h a jusante, com passo de tempo variável.

Para representar o comportamento dos rejeitos, foi adotado o modelo reológico Quadrático, com equações de concentração e sedimentação conforme Wu (2008) e Wu-Wang (2006).

Critério de Parada das Modelagens

A onda de cheia gerada pela ruptura em cascata da Barragem Serra Azul (BSA) e da ECJ foi propagada por cerca de 16 km, até o reservatório da Barragem do Rio Manso. No trecho entre a

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

BSA e a ECJ, o modelo hidrodinâmico foi interrompido quando o material propagado atingiu velocidade nula, ficando retido a montante da ECJ.

No trecho entre a ECJ e o reservatório Rio Manso, o critério de parada foi o alcance da onda até o limite da cota da soleira do vertedouro (781,00 m). Considerando que a descarga máxima do vertedouro é de 1.280 m³/s e a área inundada do reservatório é de 10,85 km², esses dados foram utilizados para avaliar o atingimento ao critério de parada, devido à ausência de curvas de cota-volume e de descarga da barragem.

11.3.2. Resultados das Modelagens

O estudo da BVP avaliou a ruptura hipotética da Barragem Serra Azul (BSA) durante o período seco da Etapa 0 de descaracterização, seguida de ruptura em cascata da Estrutura de Contenção Jusante (ECJ). A BSA foi considerada em falha por liquefação, com mobilização instantânea de todo o conteúdo do reservatório, enquanto a ECJ rompeu por instabilização seguida de galgamento, com formação de brecha em aproximadamente 15 minutos após atingir seu nível máximo. O volume total escoado das duas estruturas ultrapassou 10 milhões de m³, com concentrações volumétricas acima de 51%, evidenciando o comportamento de fluxo denso na propagação da onda de ruptura.

A simulação hidrodinâmica, realizada com o *software* RiverFlow2D, indicou velocidade máxima de 31,24 m/s e profundidade de até 66,28 m próximo à BSA. A onda percorreu 16 km até o reservatório da Barragem Rio Manso em cerca de 1 hora e 12 minutos, sendo progressivamente atenuada, com vazão final de 197 m³/s, muito inferior à capacidade do vertedor (1.280 m³/s). A modelagem apontou risco hidrodinâmico elevado (H6) em todo o trajeto. Apesar do amortecimento pelo reservatório, o estudo recomenda a realização de simulações específicas de trânsito de cheias para a Barragem Rio Manso, a fim de verificar sua real capacidade de contenção em cenários extremos.

Mapeamento das Áreas Potencialmente Inundáveis

O estudo da BVP avaliou a ruptura hipotética da Barragem Serra Azul (BSA) durante o período seco da Etapa 0 de descaracterização, seguida de ruptura em cascata da Estrutura de Contenção Jusante (ECJ).

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

O mapeamento considerou estruturas socioambientais atingidas, como áreas urbanas no município de Itatiaiuçu, residências, a rodovia BR-381, Áreas de Preservação Permanente (APPs), a Área de Proteção Especial da Bacia do Rio Manso, zonas de amortecimento da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, além de corpos hídricos enquadrados como Classe 2 pelo IGAM.

A propagação da onda de ruptura pode afetar diretamente o abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, devido à chegada dos rejeitos ao reservatório Rio Manso, onde está localizada a ETA Rio Manso.

A extensão total do trecho modelado para a ruptura da BSA em cascata com a ECJ em período chuvoso foi de 16,0 km. A ZAS corresponde ao trecho entre a BSA e ECJ (2,65 km) e a área de impacto mais 10 km a partir da ECJ.

A modelagem apontou risco hidrodinâmico elevado (H6) em todo o trajeto. Apesar do amortecimento pelo reservatório, o estudo recomenda a realização de simulações específicas de trânsito de cheias para a Barragem Rio Manso, a fim de verificar sua real capacidade de contenção em cenários extremos.

11.4.LOCALIZAÇÃO SOCIOTERRITORIAL E POTENCIAIS INTERFERÊNCIAS

A descrição da região de interesse considerada para o cenário de ruptura isolada da Barragem Serra Azul, incluindo o município, curso de água e bacias hidrográficas potencialmente impactados, está apresentada na Tabela 11.11.

Destaca-se que a Zona de Segurança Secundária (ZSS) não foi delimitada porque as análises indicam que a estrutura a jusante (ECJ) é capaz de conter integralmente o fluxo de rejeitos

Tabela 11.11 – Municípios atingidos pela mancha de inundação e principais cursos de água impactados.

BARRAGEM SERRA AZUL	
Municípios na ZAS	Itatiaiuçu-MG.
ZSS	Não há ZSS
Principais cursos de água impactados	Córrego sem Nome até Confluência com Córrego Mota a montante da ECJ.
Bacias hidrográficas	Rio Manso e Rio São Francisco, estadual e federal, respectivamente.

A Tabela 9.2 apresenta as interferências identificadas ao longo da mancha de inundação, considerando o critério de parada da onda (ECJ).

Tabela 11.12– Interferências mapeadas no vale a jusante até o critério de parada da inundação.

INTERFERÊNCIAS MAPEADAS NO VALE A JUSANTE ATÉ O FINAL DA INUNDAÇÃO			
Interferências mapeadas no vale a jusante	Município	Distância aproximada em relação ao eixo da barragem para localização no mapa de inundação (km)	Tempo de chegada da onda de ruptura aproximado (hh:mm)
Ponte e acessos	Itatiaiuçu	Entre 0,0 e 1,0	00:00:29
ECJ	Itatiaiuçu	1,00 e 3,0 km	00:01:52

Fonte: BVP (2024).

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

A caracterização da área potencialmente afetada, considerando a área de influência da mancha de inundação no advento de ruptura, será contemplada nas **Seções II a V** do PAEBM.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

12. PLANO E REGISTRO DE TREINAMENTO DO PAEBM

O histórico dos treinamentos e algumas ações de melhoria para o Plano de Treinamento da Barragem Serra Azul, estão apresentados no “**ANEXO C – Plano e Registro de Treinamento do PAEBM**”.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

13. PROTOCOLOS DE ENTREGA DO PAEBM PARA ÀS AUTORIDADES COMPETENTES

Conforme expresso na Resolução ANM Nº 95/2022, alterada pelas Resoluções ANM nº 130/2023 e nº175/2024, devem ser entregues cópias físicas atualizadas do PAEBM para os órgãos de proteção e defesa civil dos municípios inseridos no mapa de inundação ou, na inexistência destes órgãos, na prefeitura municipal.

Os protocolos de entrega do PAEBM estão apresentados no “**ANEXO B – Protocolos de entrega do PAEBM às autoridades competentes**”.



+55 31 3234-4346

statum.eng.br

statum-geotecnia

Av. Professor Mário Werneck | 26 | 10º
Bairro Estoril | Belo Horizonte| MG | CEP: 30455-610

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

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

O Relatório de Causas e Consequências do Acidente (RCCA) é um documento de responsabilidade do empreendedor, que deve ser elaborado por equipe multidisciplinar de consultoria externa. Conforme o Art. 43 da Resolução ANM nº 95/2022, o RCCA deve ser enviado à ANM, por meio do SIGBM, no prazo máximo de seis meses após a ocorrência do acidente.

No art. 43, da Resolução ANM nº175/2024, cita-se: Após a ocorrência do acidente, o empreendedor fica obrigado a apresentar à ANM, o RCCA, que deve ser anexado ao Volume V do Plano de Segurança de Barragem, devendo conter, no mínimo, os elementos listados a seguir:

- a. Descrição detalhada do evento e possíveis causas;
- b. Relatório fotográfico;
- c. Descrição das ações realizadas durante o acidente;
- d. Em caso de ruptura, a identificação das áreas afetadas;
- e. Consequências do evento, inclusive danos materiais, à vida e à propriedade;
- f. Proposições de melhorias para revisão do PAEBM;
- g. 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.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

15. DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

A Declaração de Encerramento de Emergência, deve ser emitida e enviada, via SIGBM em até 05 dias após o encerramento de cada situação e emergência. Abaixo está o modelo a ser seguido, de acordo com o Anexo VI da Resolução ANM nº175/2024.

DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

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 comprovação junto ao ANM, que a situação de emergência iniciada em XX/XX/XXXX foi encerrada em XX/XX/XXXX, em consonância com a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, e Resoluções ANM vigentes.

Local e data. _____, ____ de _____ de ____.

Nome completo do representante legal
do empreendedor CPF:

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

16. RELATÓRIO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM

O Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - RCO, bem como a Declaração de Conformidade e Operacionalidade (DCO) encontram-se disponíveis no “**ANEXO I – (RCO) e (DCO) Relatório e Declaração de Conformidade e Operacionalidade**”.

17. APÊNDICES

17.1. Relatório de Causas e Consequências do Acidente

O empreendedor fica obrigado a apresentar à ANM, em até seis meses após a ocorrência do acidente, o Relatório de Causas e Consequências do Acidente. Além disso, esse documento deverá ser anexado ao Volume V do Plano de Segurança de Barragem.

O relatório deverá ser elaborado por equipe multidisciplinar especializada de consultoria externa, contendo, no mínimo, os seguintes tópicos:

- 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.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

17.2.Ficha de Emergência - Galgamento

Abaixo, serão apresentadas as Fichas de Emergência para os níveis 1, 2 e 3, respectivamente, para o modo de falha Galgamento.

Nessas fichas são apresentados os principais procedimentos de mitigação/monitoramento/reparação a serem tomados para cada situação anômala, além de destacar os possíveis impactos associados às possíveis ocorrências e outras orientações que podem ser utilizadas nessas situações

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-1	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 1
	MODO DE FALHA: GALGAMENTO	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Obstrução significativa do sistema extravasor e/ou condições hidráulicas inadequadas durante período chuvoso, que comprometa a eficiência do vertedouro e da borda livre.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
• Diminuição da borda livre; • Danos no sistema extravasor; • Possibilidade de galgamento.		
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
• Implementar fluxo de notificação para NE-1; • Inspecionar o local para avaliar a causa do problema encontrado e subsidiar a tomada de decisão sobre qual a metodologia utilizar para solução do problema conforme orientação do Engenheiro Geotécnico e/ou equipe responsável, tais como: ○ Caso se verifique que o sistema extravasor está obstruído, providenciar sua desobstrução; ○ Se for constatada a diminuição do volume de amortecimento de cheias, providenciar o rebaixamento do nível do reservatório (instalar bombas para auxiliar no esvaziamento do reservatório); ○ Implantar ações de correção dos danos estruturais do sistema extravasor; ○ Avaliar tecnicamente a <u>opção</u> de completar a borda livre com sacos de areia e proteger o talude de jusante com lonas plásticas e/ou material similar que possa proteger a estrutura; ○ Monitorar a instrumentação presente na estrutura; ○ Avaliar tecnicamente a opção de implantar sistema de extravasão adicional, para esvaziar mais rapidamente o reservatório; ○ Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura. • Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação e pluviômetro) / Vídeo Monitoramento.		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Fita Sinalizadora.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Bombas, materiais de construção e equipamentos de terraplenagem.		

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-2	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 2
	MODO DE FALHA: GALGAMENTO	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada. E quando houver indícios de rupturas de taludes adjacentes ao reservatório, com possibilidade de geração de ondas de galgamento.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
• Diminuição do fator de segurança; • Possibilidade de galgamento.		
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
• Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-2; • Se for constatada a diminuição do volume de amortecimento de cheias, providenciar o rebaixamento do nível do reservatório (instalar bombas e/ou derivar parte da água para outro local); • Em caso de borda livre nula, avaliar tecnicamente a opção de implantar sistema extravasor adicional, para esvaziar mais rapidamente o reservatório; • Complementar a borda livre com sacos de areia e proteger o talude de jusante com lonas plásticas e/ou material similar que possa proteger a estrutura; • Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência; • Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura; • Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz, deve-se passar para a implementação do fluxo de notificação externo do Nível de Emergência 3 e para a Ficha de Emergência nº 3.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação (pluviômetro) / Vídeo Monitoramento.		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Fita Sinalizadora.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Bombas, materiais de construção e equipamentos de terraplenagem.		

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-3	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 3
	MODO DE FALHA: GALGAMENTO	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Galgamento do barramento com abertura de brecha de ruptura. A ruptura é iminente ou está ocorrendo.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
• Impactos em APP – Área de Preservação Permanente nas faixas marginais ao leito dos cursos de água; • Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica; • Inundação de áreas urbanas ao longo do vale a jusante, com danos a benfeitorias e aos moradores; • Interrupção do tráfego de vias de acesso importantes; • Assoreamento dos cursos de água a jusante da barragem com deposição de sedimentos no leito do rio a jusante e possível alteração da calha principal dos rios em alguns trechos; • Destruição da camada vegetal e do habitat, remoção do solo de cobertura, deposição de rejeitos/sedimentos, destruição de vida animal, biota aquática, e demais prejuízos à fauna e flora características da região.		
PROCEDIMENTOS DE MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
• REALIZAR IMEDIATAMENTE ALERTA NA REGIÃO DE AUTOSSALVAMENTO • Implementar fluxo de notificação externo NE-3. • Iniciar ações de gestão de crise com planos específicos de resposta, tais como: ○ Durante a ocorrência: ▪ Providenciar a construção de estruturas de contenção temporárias a jusante da barragem para barrar a continuidade de fluxo de material; ▪ Providenciar o rebaixamento do reservatório. ○ Após a ocorrência: ▪ Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos; ▪ Remover sedimentos transportados; ▪ Realizar Estudo Ambiental na área impactada; ▪ Remover material do leito do curso de água; ▪ Recuperar locais atingidos.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação (pluviômetro) / Vídeo Monitoramento.		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Não se aplica.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Bombas, materiais de construção e equipamentos de terraplenagem.		

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

17.3.Ficha de Emergência - Erosão Interna ou *Piping*

Abaixo, serão apresentadas as Fichas de Emergência para os níveis 1, 2 e 3, respectivamente, para o modo de falha Erosão Interna ou *Piping*.

Nessas fichas são apresentados os principais procedimentos de mitigação/monitoramento/reparação a serem tomados para cada situação anômala, além de destacar os possíveis impactos associados às possíveis ocorrências e outras orientações que podem ser utilizadas nessas situações.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-1	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 4
	MODO DE FALHA: EROÇÃO INTERNA OU PIPING	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Percolação não controlada do maciço, fundação, ombreiras e/ou no contato com estruturas de concreto, com carreamento de sólidos ou com vazão crescente ou infiltração do material contido.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
- Erosões no maciço; - Diminuição do Fator de Segurança; - Saturação do maciço e áreas adjacentes; - Perda de material e redução das condições de segurança da barragem; - Abatimentos e deformações.		
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-1; - Inspecionar cuidadosamente a área e verificar a causa da urgência e subsidiar a tomada de decisão sobre qual a metodologia utilizar para solução do problema conforme orientação do Engenheiro Geotécnico e/ou equipe responsável; - Confirmar se a água percolada não possui sinais de carreamento de solo; - Medir e monitorar o fluxo da saída de água e verificar se há aumento e/ou redução da vazão percolada; - Se o aumento de vazão e/ou carreamento de solo for verificado, deve-se executar imediatamente um dreno invertido; - Avaliar tecnicamente a <u>opção</u> de realizar o rebaixamento do nível do reservatório (instalar bombas para auxiliar no esvaziamento do mesmo); - Avaliar tecnicamente a opção de implantar sistema de extravasão adicional, para esvaziar mais rapidamente o reservatório; - Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação / Videomonitoramento		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Fita sinalizadora.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Materiais de construção; equipamentos de medição de vazão; equipamentos de terraplenagem; bombas.		

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-2	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 5
	MODO DE FALHA: EROSÃO INTERNA OU <i>PIPING</i>	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
- Erosões no maciço; - Diminuição do fator de segurança; - Instabilidade parcial dos taludes; - Possibilidade de ruptura da barragem, caso as ações mitigadoras adequadas não sejam tomadas.		
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-2; - Avaliar tecnicamente a <u>opção</u> de realizar o rebaixamento do nível do reservatório (instalar bombas para auxiliar no esvaziamento do mesmo); - Avaliar tecnicamente a <u>opção</u> de implantar sistema de extravasão adicional, para esvaziar mais rapidamente o reservatório; - Monitorar a ocorrência; - Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura; - Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para a implementação do fluxo de notificação externo do Nível de Emergência 3 e para a Ficha de Emergência nº 6.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação / Videomonitoramento		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Fita sinalizadora.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Bombas, materiais de construção e equipamentos de terraplenagem.		

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-3	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 6
	MODO DE FALHA: EROSÃO INTERNA OU PIPING	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Erosão regressiva (<i>piping</i>) com formação e progressão da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
• Impactos em APP – Área de Preservação Permanente nas faixas marginais ao leito dos cursos de água; • Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica; • Inundação de áreas urbanas ao longo do vale a jusante, com danos a benfeitorias e aos moradores; • Interrupção do tráfego de vias de acesso importantes; • Assoreamento dos cursos de água a jusante da barragem, com deposição de sedimentos no leito do rio a jusante e possível alteração da calha principal dos rios em alguns trechos; • Destruição da camada vegetal e do habitat, remoção do solo de cobertura, deposição de rejeitos/sedimentos, destruição de vida animal, biota aquática, e demais prejuízos à fauna e flora características da região.		
PROCEDIMENTOS DE MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
• REALIZAR IMEDIATAMENTE ALERTA NA REGIÃO DE AUTOSSALVAMENTO • Implementar fluxo de notificação externo NE-3. • Iniciar ações de gestão de crise com planos específicos de resposta, tais como: ○ Durante a ocorrência: ▪ Providenciar a construção de estruturas de contenção temporárias a jusante da barragem para barrar a continuidade de fluxo de material; ▪ Providenciar o rebaixamento do reservatório. ○ Após a ocorrência: ▪ Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos; ▪ Remover sedimentos transportados; ▪ Realizar Estudo Ambiental na área impactada; ▪ Remover material do leito do curso de água; ▪ Recuperar locais atingidos.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação / Videomonitoramento		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Não se aplica.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Materiais de construção; equipamentos de medição de vazão; equipamentos de terraplenagem; bombas.		

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

17.4.Ficha de Emergência - Instabilização

Abaixo, serão apresentadas as Fichas de Emergência para os níveis 1, 2 e 3, respectivamente, para o modo de falha Instabilização.

Nessas fichas são apresentados os principais procedimentos de mitigação/monitoramento/reparação a serem tomados para cada situação anômala, além de destacar os possíveis impactos associados às possíveis ocorrências e outras orientações que podem ser utilizadas nessas situações.

		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-1	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 7
	MODO DE FALHA: INSTABILIZAÇÃO	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Presença de sulcos erosivos; abatimentos, recalques e trincas superficiais e/ou indícios de formação de superfície de escorregamento, e demais observações visuais que caracterizem 10 pontos no estado de conversação referente a Deformações, Recalques e Deterioração dos taludes.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
- Ocorrência de erosões no maciço; - Surgimento de trincas, recalques e/ou abatimentos; - Diminuição do Fator de Segurança.		
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-1; - Realizar inspeção cuidadosa pelo Engenheiro Geotécnico e/ou equipe responsável pela barragem, para identificar a causa do problema e subsidiar a tomada de decisão sobre qual a metodologia utilizar para solucioná-lo; - Inspecionar cuidadosamente o local onde se observaram trincas, deformações ou recalques, registrar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes; - Avaliação pelo Engenheiro Geotécnico e/ou equipe responsável pela barragem, para identificar a causa do problema e subsidiar a tomada de decisão sobre qual a metodologia utilizar para solucioná-lo: - Caso se verifique a ocorrência de trincas: - realizar correção da trinca de modo eficiente utilizando técnicas de construção adequadas, conforme orientação da equipe de segurança da barragem (selar trinca contra infiltração e escoamento superficial); - Caso se verifique a ocorrência de deformações e recalques: - realizar os reparos e/ou correção da geometria utilizando técnicas de construção e materiais adequados, conforme orientação da Equipe de Geotecnia; - Caso se verifique a ocorrência de sulcos profundos de erosão: - Realizar reparo da erosão utilizando técnicas de construção e materiais adequados, conforme orientação do Engenheiro Geotécnico e/ou equipe responsável e registrar a localização, extensão e profundidade; - Verificar as condições do sistema de drenagem superficial e, se necessário, prosseguir com a manutenção do mesmo, de modo a garantir a eficiência deste sistema; - Recompor a proteção superficial (rip-rap, grama, etc.) do talude, para proteção contra ocorrência de novos processos erosivos; - Caso se verifique a ocorrência de depressões (abatimentos) e escorregamentos: - Proceder a recuperação do trecho escorregado ou abatido através da recomposição do material e de sua proteção vegetal, utilizando técnicas de construção adequadas; - Registrar a localização, extensão e o deslocamento do escorregamento; - Verificar se a instrumentação está registrando níveis dentro dos limites aceitáveis de segurança; - Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação / Videomonitoramento		

DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO

Fita sinalizadora.

RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS

Materiais de construção e equipamentos de terraplenagem.



		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-2	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 8
	MODO DE FALHA: INSTABILIZAÇÃO	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
• Instabilidade parcial do maciço; • Diminuição do fator de segurança; • Possibilidade de ruptura da barragem.		
PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
• Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-2; • Avaliar a gravidade da situação; • Avaliar tecnicamente a <u>opção</u> de se providenciar o rebaixamento do nível do reservatório (instalar bombas para auxiliar no esvaziamento do reservatório); • Avaliar tecnicamente a <u>opção</u> de implantar sistema de extravasão adicional, para esvaziar mais rapidamente o reservatório; • Monitorar a ocorrência; • Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura; • Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para a implementação do fluxo de notificação externo do Nível de Emergência 3 e para a Ficha de Emergência nº 9.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual.		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Fita sinalizadora.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Bombas, materiais de construção e equipamentos de terraplenagem.		



		PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL SEÇÃO I	
		Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
		Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001

	NÍVEL DE EMERGÊNCIA: NE-3	FICHA DE EMERGÊNCIA Nº 9
	MODO DE FALHA: INSTABILIZAÇÃO	
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Instabilização em evolução e desenvolvimento de brecha de ruptura. A ruptura é iminente ou está ocorrendo.		
POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS		
• Impactos em APP – Área de Preservação Permanente nas faixas marginais ao leito dos cursos de água; • Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica em algumas regiões; • Inundação de áreas urbanas ao longo do vale a jusante, com danos a benfeitorias e aos moradores; • Interrupção do tráfego de vias de acesso importantes; • Assoreamento dos cursos de água a jusante da barragem, com deposição de sedimentos no leito do rio a jusante e possível alteração da calha principal dos rios em alguns trechos; • Destruição da camada vegetal e do habitat, remoção do solo de cobertura, deposição de rejeitos/sedimentos, destruição de vida animal, biota aquática, e demais prejuízos à fauna e flora características da região.		
PROCEDIMENTOS DE MONITORAMENTO / REPARAÇÃO (QUANDO APLICÁVEL)		
• REALIZAR IMEDIATAMENTE ALERTA NA REGIÃO DE AUTOSSALVAMENTO; • Implementar fluxo de notificação externo NE-3; • Iniciar ações de gestão de crise com planos específicos de resposta, tais como: ○ Durante a ocorrência: ▪ Providenciar a construção de estruturas de contenção temporárias a jusante da barragem para barrar a continuidade de fluxo de material; ▪ Providenciar o rebaixamento do reservatório. ○ Após a ocorrência: ▪ Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos; ▪ Remover sedimentos transportados; ▪ Realizar Estudo Ambiental na área impactada; ▪ Remover material do leito do curso de água; ▪ Recuperar locais atingidos.		
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO		
Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de instrumentação / Videomonitoramento		
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO		
Não se aplica.		
RECURSOS MATERIAIS / EQUIPAMENTOS		
Bombas, materiais de construção e equipamentos de terraplenagem.		



PAEBM – BARRAGEM SERRA AZUL
SEÇÃO I

Nº CLIENTE:	MS-4005-GER-RL-1000
Nº STATUM:	ST25073U000-RH-RL-001