PAEBM

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO

BARRAGEM DO VENÉ II

Mineração Aurizona S.A.
CMOC Brasil

PAEBM

Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração

Barragem Vené II

Mineração Aurizona S.A. - CMOC Brasil

CONTROLE DE ATUALIZAÇÕES E REVISÕES				
ELABORADO	**APROVADO**	**DESCRIÇÃO**	**VERSÃO**	**DATA**
SETE	MASA	Emissão inicial	1.0	28/09/2023
SETE	MASA	Atendimento a comentários	1.1	20/05/2024
SETE	MASA	Atendimento a comentários	1.1	14/06/2024
SETE	MASA	Atendimento a comentários	1.2	25/06/2024
SETE	MASA	Atualização do documento	2_0	05/05/2025
SETE	MASA	Atualização do documento	3_0	16/06/2025
SETE	MASA	Atualização do documento	4_0	29/06/2026

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO
Nome do Empreendedor: CMOC Brasil – Mineração Aurizona S.A. CNPJ: [redacted] Endereço: Avenida Principal s/n, Vila de Aurizona CEP: 65.285-000 Município: Godofredo Viana – U.F.: MA Telefone: [redacted] Responsável: Herbert Guido Ernesto E-mail: [redacted]
EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO
Nome da Empresa: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental Ltda. CNPJ: [redacted] Endereço: Avenida do Contorno, 6.777 – 2º andar – Santo Antônio CEP: 30110-935 – Município: Belo Horizonte – UF.: Minas Gerais Telefone: [redacted] Responsável: José Eduardo Caetano Correa E-mail: [redacted]

EQUIPE TÉCNICA		
TÉCNICO	FORMAÇÃO	RESPONSABILIDADE NO PROJETO
José Eduardo C. Correa	Engenheiro Civil	Coordenação Técnica
Raylene R. Frade dos Santos	Engenheira Ambiental e Sanitarista	Atualização e Operacionalização do PAEBM
Leonora Pio Fassy	Engenheira Ambiental e Sanitarista	Atualização e Operacionalização do PAEBM

EQUIPE DE APOIO	
TÉCNICO	RESPONSABILIDADE
Laís Ferreira	Coordenação Geoprocessamento
Rayane Vasconcelos	Geoprocessamento
Leonardo Sanches Ferreira	Edição e Produção
Douglas Morais de Medeiros	
Lucas Oliveira	

Sumário

DEFINIÇÕES E SIGLAS 10
APRESENTAÇÃO 12
1. OBJETIVO 13
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 13
3. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO PAEBM 14
4. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM 15
4.1 Características de Construção e Dados da Barragem 18
5. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS 20
5.1 Procedimentos Preventivos 20
5.1.1 Monitoramento 20
5.1.1.1 Monitoramento por instrumentos 20
5.1.1.2 Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) 24
5.1.2 Inspeções de Segurança Regulares 24
5.1.3 Manutenção 26
5.2 Procedimentos Corretivos 28
6. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ANOMALIAS – NÍVEIS DE EMERGÊNCIA 28
6.1 Detecção e Avaliação de Anomalias 28
6.2 Classificação dos Níveis de Emergência 32
7. SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA E MAPAS DE INUNDAÇÃO 36
7.1 Introdução 36
7.2 Síntese metodológica 36
7.3 Cenários considerados 37
7.4 Resultados do Estudo de Ruptura Hipotética e Mapeamento da Inundação Potencial 38
8. CARACTERIZAÇÃO DA ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS) E ZONA DE SEGURANÇA SECUNDÁRIA (ZSS) 42
9. RESPONSABILIDADES NO PAEBM 51
9.1 Agentes Externos 53
9.2 Agentes Internos 54
9.2.1 Responsabilidades da MASA como Empreendedor 54
9.2.2 Responsabilidades do Coordenador do PAEBM 55
9.2.3 Responsabilidades da Assessoria Técnica 57
9.2.4 Responsabilidades da Equipe do Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) 57
9.2.5 Responsabilidades da Equipe de Operação 58
9.2.6 Responsabilidades da Equipe de Segurança de Barragem 59
9.2.7 Responsabilidades da Equipe de Saúde e Segurança 60
9.2.8 Responsabilidades da Equipe de Defesa 61

9.2.9 Responsabilidades da Equipe do Administrativo (ADM) 61
10. AÇÕES ESPERADAS E FLUXOGRAMAS DE NOTIFICAÇÃO PARA CADA NÍVEL DE EMERGÊNCIA 63
10.1 Nível de Alerta 64
10.2 Nível de Emergência 1 (NE-1) 65
10.3 Nível de Emergência 2 (NE-2) 67
10.4 Nível de Emergência 3 (NE-3) 69
11. PLANO DE COMUNICAÇÃO 71
12. PLANO DE EVACUAÇÃO 72
12.1 Sistema de Alerta e Notificação 73
12.1.1 Sistema de Alerta Principal 73
12.1.2 Sistema de Alerta Complementar 79
12.1.3 Rádios e Telefone da Sala de Crise 82
12.2 Pontos de Bloqueio 83
12.3 Rotas de Fuga e Pontos de Encontro 87
12.4 Pontos de Acolhimento e Abrigo 93
13. MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA 94
13.1 Materiais disponíveis em caso de emergência 94
14. MEDIDAS ESPECÍFICAS, EM ARTICULAÇÃO COM O PODER PÚBLICO, PARA RESGATAR ATINGIDOS, PESSOAS E ANIMAIS, PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTAIS, PARA ASSEGURAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL E RESGATAR E SALVAGUARDAR O PATRIMÔNIO CULTURAL 95
15. AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE 97
16. DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTOS E DIVULGAÇÃO PARA OS ENVOLVIDOS E PARA AS COMUNIDADES POTENCIALMENTE AFETADAS 98
17. FICHAS DE EMERGÊNCIA 99
17.1 Galgamento 99
17.2 Instabilidade 102
18. REFERÊNCIAS 117
ANEXOS 118

Lista de Quadros

Quadro 01 Documentos de referência para construção do PAEBM 13
Quadro 02 Identificação do empreendimento e dados da barragem 18
Quadro 03 Dados da instrumentação da Barragem do Vené II 21
Quadro 04 Modo de Falha, Causas e Evidencias 29
Quadro 05 Definição do Nível de Emergência 32
Quadro 06 Critérios para avaliação e classificação de Nível de Emergência 1 33
Quadro 07 Critérios para avaliação e classificação de Nível de Emergência 2 34
Quadro 08 Critérios para avaliação e classificação de Nível de Emergência 3 35
Quadro 09 Mapas de Inundação – Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem do Vené e Vené II 40
Quadro 10 Coordenadas dos equipamentos previstos no Sistema de Alerta Principal 77
Quadro 11 Mensagens transmitidas nas sirenes durante o acionamento do sistema 77
Quadro 12 Especificações técnicas do barco utilizado como Sistema de Alerta Complementar 80
Quadro 13 Coordenadas dos Pontos de Encontro 91
Quadro 14 Dados do Hospital Regional de Carutapera/MA 93
Quadro 15 Hotéis mapeados como pontos de abrigo em caso de emergência 94
Quadro 16 Sistema de comunicação via rádio 94

Lista de Figuras

Figura 01 Barragem do Vené II 16
Figura 02 Localização da estrutura 17
Figura 03 Fluxograma de ações para detecção de anomalias 31
Figura 04 Envoltória de Inundação da Barragem do Vené e Vené II – Cenário 1 41
Figura 05 Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS) 44
Figura 06 Propriedades particulares afetadas pela mancha de inundação 46
Figura 07 Terras Indígenas e Quilombolas 48
Figura 08 Unidades de Conservação federais 49
Figura 09 Sítios Arqueológicos 50
Figura 10 Organograma do PAEBM 52
Figura 11 Central de Operação Local – COL 74
Figura 12 Módulo de acionamento e potência modelo Televale – APM.CP.V04 75
Figura 13 Estação Remota instalada 76
Figura 14 Localização dos equipamentos do Sistema de Alerta Principal 78
Figura 15 Trajeto percorrido pelo barco do Sistema de Alerta Complementar 81
Figura 16 Rádios e Telefone da Sala de Crise 82

Figura 17 Material para bloqueio localizado na portaria P4 83
Figura 18 Material para bloqueio localizado na portaria P6 84
Figura 19 Pontos de Bloqueio de vias externas 85
Figura 20 Pontos de Bloqueio de vias internas 86
Figura 21 Rota de fuga 88
Figura 22 Ponto de Encontro 89
Figura 23 Pontos de Encontro e Rotas de Fuga instalados 90
Figura 24 Placa de Atenção (1) 92
Figura 25 Placa de Atenção (2) 92

DEFINIÇÕES E SIGLAS

ACO – Avaliação de Conformidade e Operacionalidade: Entende-se por Conformidade a avaliação e comprovação dos itens mínimos do PAEBM e, por Operacionalidade, a comprovação de efetividade do PAEBM em eventual situação de emergência (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

ANM – Agência Nacional de Mineração: é uma autarquia federal sob regime especial, criada pela Lei n.º 13.575, de 26 de dezembro de 2017, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), dotada de personalidade jurídica de direito público com autonomia patrimonial, administrativa e financeira, tem sede e foro em Brasília, Distrito Federal, e circunscrição em todo o território nacional (ANM.2024);

CMG – Centro de Monitoramento Geotécnico: ambiente físico projetado, estruturado e dedicado exclusivamente ao monitoramento de barragens e acionamento dos dispositivos de alerta e alarme, quando necessário, com equipe dedicada, tratando e analisando os dados advindos da instrumentação, câmeras e demais dispositivos inerentes à segurança das barragens, objetivando intervenção célere e imediata quando necessário, com operação ininterrupta 24 (vinte e quatro) horas por dia (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

DCE - Declaração de Condição de Estabilidade: documento assinado pelo empreendedor e pelo responsável técnico que o elaborou, atestando a condição de estabilidade da estrutura em análise, com cópia da respectiva ART (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

DPA - Dano Potencial Associado: dano que pode ocorrer devido ao rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

Empreendedor: 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 (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

Estudo de Ruptura Hipotética ou ***Dam break*:** estudo capaz de caracterizar adequadamente os potenciais impactos, provenientes do processo de inundação em virtude de ruptura ou mau funcionamento da Barragem de Mineração, que deverá ser feito por profissional legalmente habilitado para essa atividade, cuja descrição e justificativa deverá, necessariamente, constar no PSB, sendo de responsabilidade do empreendedor e deste profissional a escolha da melhor metodologia para sua elaboração; (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

Mapa de inundação: produto do estudo de inundação, compreendendo a delimitação geográfica georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por eventual vazamento ou ruptura da barragem e seus possíveis cenários associados, que objetiva facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por esta situação (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

PAEBM – Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração: documento técnico e de fácil entendimento elaborado pelo empreendedor, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

PE – Ponto de Encontro: Local seguro, previamente estabelecido, para o qual deverá se deslocar uma população após o acionamento de um sistema de alarmes numa emergência (CENAD - ORIENTAÇÕES-PLANOS-CONTINGÊNCIA-BARRAGENS/2016);

PSB – Plano de Segurança da Barragem: instrumento da PNSB, de elaboração e implementação obrigatória pelo empreendedor, de atualização constante e que se trata de um repositório de dados, informações e documentos da estrutura (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

RF – Rota de Fuga: Caminho pré-definido a ser percorrido pela população após o acionamento de um sistema de alarme numa emergência, visando se deslocar para um Ponto de Encontro (CENAD - ORIENTAÇÕES-PLANOS-CONTINGÊNCIA-BARRAGENS/2016);

RPSB - Revisão Periódica de Segurança de Barragem: estudo cujo objetivo é diagnosticar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização de dados hidrológicos, as alterações das condições a montante e a jusante do empreendimento, e indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

Seminário Orientativo: Seminário realizado pelo empreendedor, com a participação das prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem, demais empregados do empreendimento, população compreendida na ZAS e, caso tenha sido solicitado formalmente pela defesa civil, população compreendida na ZSS também. Seu conteúdo deve compreender a exposição do mapa de inundação envolvendo participantes internos e externos visando a discussão de procedimentos não abrangendo um teste real (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

SIGBM - Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração: sistema operacional desenvolvido pela ANM com o objetivo de gerenciar as barragens de mineração no território nacional (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

Simulado: teste prático que tem por função permitir que a população e agentes envolvidos diretamente no PAEBM da ZAS tomem conhecimento das ações previstas e sejam treinados em como proceder, caso haja alguma situação de emergência real (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens: é um dos pilares da Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei 12334/2010) e é gerido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (SNISB.2024);

Situações de emergência: situações decorrentes de eventos adversos que afetem a segurança da barragem e possam causar danos à sua integridade estrutural e operacional, à preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

ZAS – Zona de Autossalvamento: 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), (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações);

ZSS - Zona de Segurança Secundária: trecho constante do Mapa de Inundação, não definida como ZAS (RESOLUÇÃO ANM nº95/2022 e alterações).

APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) referente à Barragem do Vené II, da Mineração Aurizona (MASA), de propriedade da CMOC Brasil, localizada no município de Godofredo Viana, no estado do Maranhão.

O plano foi elaborado pela Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, em atendimento à Lei Federal n° 12.334/2010, alterada pela Lei nº 14.066/2020; assim como à Resolução n° 95/2022, alterada pelas Resoluções n° 130/2023 e nº 175/2024, deliberadas pela Agência Nacional de Mineração (ANM).

Este documento foi estruturado de acordo com o Volume V - Plano de Ação de Emergência (PAEBM) da Resolução ANM n° 95/2022, que consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.

1. OBJETIVO

O Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração é um documento técnico e de fácil entendimento, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, estabelecidas as ações a serem executadas nestes casos, e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de **minimizar o risco de perdas de vidas humanas e animais, minimizar o risco de impactos ambientais e ao patrimônio sociocultural**.

Dentre as ações propostas no plano para atingir o objetivo principal, é possível destacar:

- Identificação, classificação e análises de situações que possam colocar em risco a integridade da estrutura;
- Definição de procedimentos preventivos e corretivos para assegurar a segurança da barragem;
- Estabelecimento de um fluxo de comunicação com todos os agentes envolvidos;
- Estabelecimento de estratégias de comunicação, divulgação e alerta para a população possivelmente atingida pela mancha de inundação;
- Proposição de medidas para resgatar pessoas e animais atingidos visando a reconstrução e o restabelecimento dos ambientes;
- Medidas para assegurar o abastecimento de água potável às comunidades afetadas.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos de referência utilizados para a construção deste PAEBM estão listados no Quadro 01. As informações sobre a Barragem do Vené II contidas neste documento foram cedidas pela MASA, cabendo à Sete analisar e, com base nessas informações, construir o PAEBM.

Quadro 01 Documentos de referência para construção do PAEBM

Documento	Nome	Autor	Ano
2 - Vene 2 TSF - Stage 1 Detailed Engineering Design (Portuguese)	Projeto da Engenharia detalhada da Etapa 1 da TSF do Vené 2	Knight Piésold	2022, a
OMS Manual - Vene TSF Stage 6 Expansion Rev 11 (Portuguese)	Manual de Operações, Manutenção e Segurança para a Barragem do Vené – Etapa 1 (El. 30,00m)	Knight Piésold	2022, b
VA22-02061 - Vene 2 Surface Water Management Infrastructure (Portuguese)	Infraestrutura de gestão de água superficial do TSF do Vené 2	Knight Piésold	2022, c
Vene 2 TSF - Technical Specifications Rev 0 (Portuguese)	Especificações técnicas para a TSF do Vené 2 – Etapa 1 (El. de 30,0 m)	Knight Piésold	2022, d
1 - Construction Summary Report_Rev 3 (PORT)	Relatório Sumário de Construção da Etapa 1 da TSF da Vené 2	Knight Piésold	2023

Documento	Nome	Autor	Ano
TV_PTE_ARZ_002_Rv.3	Proposta técnica: Empreitada com aquisição, implantação, ativação, comissionamento e manutenções do Sistema Notificação de Emergência – Equinox Gold: Mineração Aurizona – Vené II	Televale	2023
TL24-0214-0000-EG-RT-0049	Relatório de Inspeção de Segurança Regular – RISR 01/2025	Tellus Company	2025
SAFF-MASA016-RT-003-R3	Estudo De Ruptura Hipotética - Relatório Técnico Barragem Vené I e Vené II	SAFF	2025
TL24-0214-0000-EG-RT-0056_4	Relatório Técnico – Níveis de Controle Barragem do Vené II	Tellus Company	2026
TL24-0214-0000-EG-RT-0053	Relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem (RISR) 01/2026 – Barragem do Vené II	Tellus Company	2026
TL25-0149-0000-EG-RT-0001	Estudo de Ruptura Hipotética – Barragem do Vené e Vené II	Tellus Company	2026

3. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO PAEBM

Na necessidade de acionamento do PAEBM, deverão ser notificados as áreas da Mineração Aurizona (MASA), além dos demais órgãos nacionais, estaduais e municipais, a depender do nível de emergência em que a estrutura se enquadra.

As entidades externas identificadas neste plano são:

- Agência Nacional de Mineração (ANM);
- Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD);
- Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC);
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA);
- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN);
- Ministério Público Federal (MPF);
- Superintendência Regional do Trabalho e Emprego no Maranhão (SRTE/MA);
- Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Estado do Maranhão (CEPDECMA);
- Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA);
- 8º Batalhão de Bombeiros Militar de Pinheiro/MA (8º BBM);
- Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA);
- Secretaria de Estado dos Direitos Humanos e Participação Popular (SEDIHPOP);
- Polícia Militar do Maranhão (PMMA);

- Polícia Civil do Maranhão (PCMA);
- Ministério Público do Estado do Maranhão (MPMA);
- Defesa Civil do Município de Godofredo Viana/MA;
- Prefeitura Municipal de Godofredo Viana/MA;
- Prefeitura Municipal de Luís Domingues/MA.

Os contatos e representantes de todos que devem ser notificados estão no Anexo A – Identificação e Contatos do PAEBM.

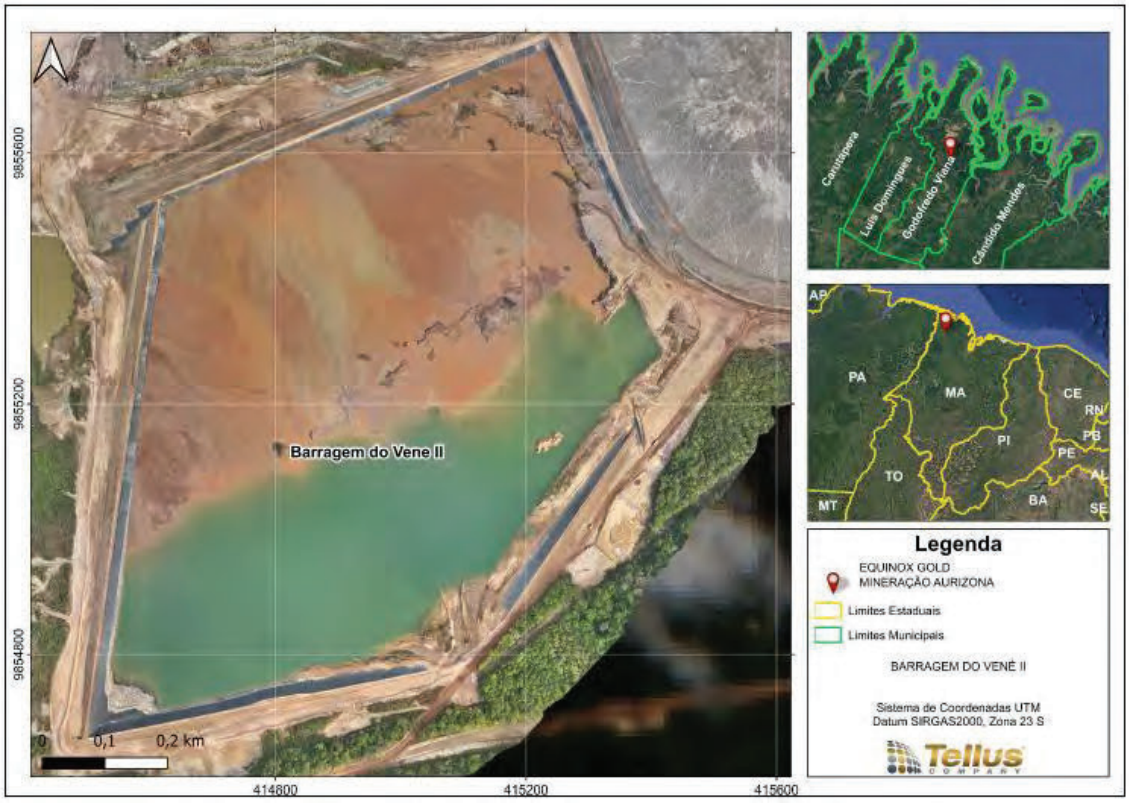
4. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM

A Barragem do Vené II constitui uma das estruturas integradas à Mina do Piaba, operada pela Mineração Aurizona S.A (MASA), pertencente ao grupo CMOC Brasil (Figura 01). Está localizada a aproximadamente 17 km ao norte do município de Godofredo Viana, no estado do Maranhão (MA), e a aproximadamente 344 km do município de São Luís/MA. A partir de São Luís/MA o acesso pode ser feito através da travessia São Luís/MA – Cujupe/MA e posteriormente pela rodovia MA-106 até a BR 316 e MA- 206.

Outra via usual de acesso é feita através da cidade de Belém/PA percorrendo a BR-316 por cerca de 283 km até a rodovia MA-206, entre as cidades de Gurupi/MA e Junco do Maranhão/MA. Após 50 km nesta rodovia, acessa-se a MA-101, percorrendo mais 90 km até a cidade de Godofredo Viana/MA. A MASA está localizada na Vila Aurizona, onde o acesso é feito por estrada de terra por cerca de 16km (Figura 02).

A Barragem do Vené II é uma estrutura que tem por finalidade o recebimento dos rejeitos provenientes do processo de beneficiamento de minério de ouro (SAFF, 2025). Foi projetada pela Knight Piésold (KP) e compreende cinco estruturas em aterro separadas: Barragem Leste, Barragem Norte, Barragem Oeste, Barragem Sul e Barragem Sudeste (Knight Piésold, 2023).

Figura 01 Barragem do Vené II



Fonte: TELLUS, 2026.

Figura 02 Localização da estrutura



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

4.1 Características de Construção e Dados da Barragem

A Barragem do Vené II possui estruturas em aterro com possuem face de montante revestida em geomembrana de PEAD ligada ao substrato rochoso saprolítico ou laterita compactada, para controle de percolação. Além disso, a Barragem incorpora um sistema interno de coleta de percolação de filtro de areia, com drenos internos e tubos de saída, canais de drenagem superficial, extravasor e instrumentos de monitoramento (Knight Piésold, 2023). A polpa de rejeitos é bombeada da usina de processamento e descarregada sobre a crista da barragem, utilizando espigotes posicionados com espaçamento regular. A água sobrenadante é coletada e bombeada de volta à usina (Knight Piésold, 2022, a).

A primeira etapa de desenvolvimento da barragem até a elevação de 30 m (SAD69LOCAL) e 28,40 m (SIRGAS 2000) teve início em setembro de 2022 e foi concluída em outubro de 2023, com a instalação da instrumentação. De acordo com os projetos de engenharia desenvolvidos pela KP, a barragem terá capacidade para conter 2,3 Mm^3 de rejeitos e 0,5 Mm^3 de água sobrenadante no reservatório, na Etapa 1, por um período de aproximadamente 1 ano. A configuração final da barragem terá uma capacidade de estoque definitiva de 16,9 Mm^3 de rejeitos e 0,5 Mm^3 de água sobrenadante. De acordo com o Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração, a Barragem do Vené II é classificada como Categoria de Risco (CRI) Média e Dano Potencial Associado (DPA) Alto (SIGBM, 2025).

A identificação do empreendimento e as principais informações sobre a barragem estão listadas no Quadro 02.

Quadro 02 Identificação do empreendimento e dados da barragem

IDENTIFICAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS	
Nome da estrutura	Barragem do Vené II
Empreendedor	Mineração Aurizona S/A
CNPJ	42.422.048/0001-38
Endereço – sede administrativa	Avenida Principal s/n, Vila de Aurizona, Godofredo Viana – MA
Complexo	Mineração Aurizona
Mina	Mina de Piaba
Município / UF	Godofredo Viana/MA
DADOS DA BARRAGEM	
Barragem	Barragem do Vené II
Código SNISB[1]	32393
CRI [2]	Médio
DPA [2]	Alto
Coordenadas de localização (UTM)	Lat: 9855595.73 m S; Long: 415312.43m E.
Finalidade [3]	Armazenamento de rejeitos provenientes do beneficiamento de ouro e recirculação de água
Situação Operacional [2]	Ativa

DADOS DA BARRAGEM	
Tipo Construtivo [3]	Barragem de material terroso, seção homogênea construída com estéril, filtro de areia para drenagem interna e talude de montante revestido em geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) de 1,5 mm (0,06 pol).
Metodologia Construtiva [4]	Etapa única (a ser alteada pelo método de jusante em uma segunda etapa)
Elevação da crista [3]	30 m (SAD69LOCAL) / 28,40 m (SIRGAS 2000)
Altura atual [3]	20,00 m
Largura da crista [3]	6 m
Comprimento da crista [3]	3.000 m
Ângulo de inclinação da face a montante[3]	1,0V:3H
Ângulo de inclinação da face a jusante [3]	Entre bermas – 1,0V:2,5H Global – 1,0V:3,5H
Área ocupada pelo reservatório [3]	680.000 m^2
Classificação ANBT 10.004 [3]	Classe II B (inerte)
Drenagem Interna [3]	Tubos de PEAD perfurados com 0,30 m de diâmetro, instalados nos maciços Norte, Sul e Sudeste. Esses tubos estão alocados em valas preenchidas com brita, conectando-se ao filtro de areia posicionado entre o material do forro de base e o material residual que compõe o maciço. Localizados na base da fundação da barragem, os tubos de descarga encontram-se situados nos pontos mais baixos da estrutura, garantindo eficiência no sistema de drenagem.
Drenagem Superficial [3]	O sistema de drenagem superficial da Barragem do Vené II é composto por sarjetas, canaletas de concreto pré-moldadas com seção do tipo meia cana e 0,30 m de diâmetro, canais periféricos revestidos com geotêxtil e blocos argamassados. Parte do sistema de captação e condução direciona o fluxo superficial de parte do maciço principal ao sump Sul (instalado imediatamente a jusante do barramento).
Sistema Extravasor/Vertedouros [3]	Apresenta um emboque trapezoidal com 5,54 m de largura na base, 1,49 m de altura e taludes laterais com inclinação de 0,42H:1V.

Fonte: [1]SNISB, 2026; [2]SIGBM, 2026; [3]TELLUS, 2026; [4]SAFF, 2025.

5. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS

5.1 Procedimentos Preventivos

Para evitar situações que coloquem em risco a barragem e a área a jusante, são realizados os procedimentos preventivos, que tem como finalidade garantir a integridade da barragem e mantê-la em nível aceitável de segurança. Estes procedimentos estão em consonância com o sistema de gestão de segurança praticados pela MASA, além de estarem de acordo com o Art. 65 da Resolução ANM nº 95, que obriga a designação de um profissional Engenheiro de Registro (EdR), devendo este manter contato direto com a equipe técnica da MASA e corporativa da CMOC Brasil, visando o atendimento à legislação e a segurança das estruturas.

5.1.1 Monitoramento

Para garantir a segurança geotécnica da barragem e os adequados padrões de estanqueidade requeridos para o material depositado, diante das exigências legais, deverá ser seguido um programa de monitoramento de segurança da estrutura.

O monitoramento das condições geotécnicas das estruturas que compõem o sistema tem como objetivo coletar informações técnicas para o diagnóstico do comportamento dos aterros, cortes, terrenos de fundação e estruturas, visando uma operação segura da barragem. Sendo assim, é necessário realizar o monitoramento visual, a partir das Inspeções de Segurança Regulares e através dos instrumentos, objetivando acompanhar possíveis mudanças nas condições de estabilidade do barramento ao longo do tempo.

5.1.1.1 Monitoramento por instrumentos

A Barragem do Vené II possui um sistema de monitoramento automatizado, que conecta a instrumentação da barragem à rede da área de trabalho, permitindo o monitoramento em tempo real, 24 horas por dia, incluindo notificações automáticas, caso os níveis de controle especificados forem atingidos por qualquer instrumento. O monitoramento dos piezômetros, medidores de vazão e marcos de deslocamento é requerido em regime diário, quinzenal, mensal e anual, conforme detalhado no Manual de Operação da Barragem do Vené II elaborado pela empresa Tellus Company (2026) (código TL24-0214-0000-EG-RT-0057).

Mensalmente são conduzidas atividades pela MASA de monitoramento e controle, como a emissão de um resumo dos dados de monitoramento de todos os marcos topográficos, piezômetros, e medidores de vazão registrados, incluindo a elaboração de gráficos e uma revisão completa pelos responsáveis pela barragem; atualização dos modelos de estabilidade da barragem, com as superfícies freáticas registradas para cada seção instrumentada, e estimativa dos Fatores de Segurança (FS) vigentes; além de uma condução de uma auditoria no sistema de monitoramento automatizado, com a verificação manual da instrumentação e dos dados coletados pelo sistema automatizado.

Anualmente é realizada uma análise do desempenho de todos os piezômetros, medidores de vazão e medidores de nível d'água, com todos os dados diários e mensais. Com base nesses dados, é elaborado um relatório de resumo anual incluindo gráficos, tendências gerais e constatações. Após análises, se necessário, deve-se programar a manutenção ou substituição de todas as unidades que tenham apresentado falhas na próxima campanha de instalação de instrumentação.

De acordo com a MASA, para monitorar o comportamento da barragem, o sistema de monitoramento consta com 90 instrumentos listados abaixo e detalhados no Quadro 03.

- 47 (quarenta e sete) piezômetros elétricos (PE);
- 13 (treze) piezômetros de tubo aberto / casagrande (PZ / PZ);
- 14 (quatorze) marcos superficiais (MS), substituídos por prismas (PR);
- 8 (oito) tiltímetros (TM);
- 4 (quatro) medidores de vazão (MV);
- 1 (um) pluviômetro (PL);
- 1 (uma) régua linimétrica (RL).

Quadro 03 Dados da instrumentação da Barragem do Vené II

Instrumento	Coordenadas UTM - Datum SIRGAS2000		Cota de topo (m)
	E	N	
MV-01 (Calha triangular)	415018,975	9855750,106	20,719
MV-02 (Calha triangular)	414706,301	9855669,063	11,398
MV-03 (Calha triangular)	414720,575	9854692,807	19,151
MV-03 (Volumétrico)	414720,58	9854692,81	19,15
MV-04 (Calha triangular)	415337,565	9855031,614	22,659
MV-DI	414523,666	9855332,704	14,232
PE-26	415236,987	9855783,381	29,51
PE-27	415004,368	9855691,117	29,67
PE-28A	414746,69	9855585,07	29,48
PE-28B	414746,69	9855585,07	29,48
PE-29A	414736,08	9855603,32	22,63
PE-29B	414736,08	9855603,32	22,058
PE-30	414729,17	9855622,47	16,1
PE-31	414747,06	9855710,79	12,003
PE-32A	414693,29	9855563,34	29,47
PE-32B	414693,29	9855563,34	29,47
PE-32C	414693,29	9855563,34	29,47
PE-33A	414686,22	9855581,28	22,51
PE-33B	414686,22	9855581,28	22,51
PE-34A	414674,62	9855599,3	16,64

Instrumento	Coordenadas UTM - Datum SIRGAS2000		Cota de topo (m)
	E	N	
PE-34B	414674,62	9855599,3	16,64
PE-36	414655,06	9855644,202	11,366
PE-37A	414658,6	9855548,86	29,32
PE-37B	414658,6	9855548,86	29,32
PE-38A	414647,47	9855564,51	22,94
PE-38B	414647,47	9855564,51	22,94
PE-39	414638,47	9855583,24	17,28
PE-40	414627,59	9855601,251	13,02
PE-41	414611,541	9855629,457	11,691
PE-42A	414618,58	9855533,381	29,75
PE-42B	414618,58	9855533,381	29,75
PE-43A	414602,25	9855544,271	23,46
PE-43B	414602,25	9855544,271	23,46
PE-44	414582,91	9855561,561	17,66
PE-45	414565,266	9855577,148	12,504
PE-46	414540,108	9855599,492	12,397
PE-47A	414600,41	9855425,541	29,21
PE-47B	414600,41	9855425,541	29,21
PE-49	414566,11	9855501,781	24,39
PE-50	414551,07	9855511,891	24,34
PE-51	414510,75	9855527,861	18,37
PE-52A	414594,6	9855380,141	29,14
PE-52B	414594,6	9855380,141	29,14
PE-53	414553,09	9855388,971	17,45
PE-54	414555,48	9855099,601	29,5
PE-55	414518,3	9854833,741	29,51
PE-56A	414672,14	9854695,131	29,48
PE-56B	414672,14	9854695,131	29,48
PE-57	414674,51	9854676,151	23,45
PE-58	415274,01	9855007,331	29,43
PE-59	415005,266	9855691,502	29,06
PE-61	414669,62	9854698,081	29,35
PE-62	414557,77	9855242,681	23,11
PL-01	414586,35	9855237,18	30
PR-27	415002,668	9855690,177	29,326
PR-28	414854,031	9855629,118	29,222
PR-29	414745,143	9855584,416	29,158
PR-30	414689,189	9855561,875	29,135
PR-31	414620,039	9855533,53	29,129
PR-32	414583,547	9855561,854	16,744
PR-33	414609,618	9855489,317	29,097

Instrumento	Coordenadas UTM - Datum SIRGAS2000		Cota de topo (m)
	E	N	
PR-34	414566,607	9855500,785	23,514
PR-35	414594,988	9855381,603	29,118
PR-36	414574,898	9855240,717	29,351
PR-37	414555,83	9855101,165	29,35
PR-38	414518,78	9854835,248	29,312
PR-39	414673,648	9854695,403	29,378
PR-40	415272,141	9855005,338	29,312
PZ-37S	414661,563	9855550,181	29,045
PZ-38S	414651,146	9855566,811	22,586
PZ-39S	414641,82	9855584,471	16,86
PZ-40S	414632,47	9855602,421	12,76
PZ-41S	414611,819	9855636,367	11,247
PZ-42S	414621,246	9855533,378	29,014
PZ-43S	414604,682	9855545,587	23,043
PZ-44S	414585,76	9855562,611	17,204
PZ-45S	414568,293	9855579,241	12,546
PZ-46S	414543,354	9855601,055	12,264
PZ-49S	414564,747	9855497,786	24,031
PZ-50S	414550,414	9855508,816	23,777
PZ-51S	414509,799	9855525,176	17,901
RL-01	414586,35	9855237,18	30
TM-05	414685,18	9855560,191	28,731
TM-06	414672,8	9855598,051	15,93
TM-07	414616,34	9855531,861	28,75
TM-08	414581,24	9855560,841	16,868
TM-09	414609,54	9855487,241	28,796
TM-10	414565,69	9855503,231	23,621
TM-11	414670,77	9854694,931	28,943
TM-12	415272,58	9855006,071	28,848

Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2026; TELLUS, 2026 (Relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem (RISR) 01/2026 - Barragem do Vené II).

O sistema de drenagem da estrutura também deve ser observado, já que conduz a percolação do filtro de drenagem interna da barragem para descarga em diversos pontos ao longo do perímetro da estrutura, nos canais periféricos. Esses pontos de descarga da percolação requerem o monitoramento de mudanças na vazão, na qualidade e/ou clarificação da água. Diariamente deverá ser feita a análise da percolação, registros da qualidade, clarificação e vazão aproximada, bem como qualquer observação pertinente. Os resultados deverão ser resumidos em um relatório e, caso haja anomalias, estas devem ser reportadas ao Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) e EdR, para elaboração, em conjunto com a equipe de geotecnia, do plano de ações de mitigação/eliminação da anomalia.

5.1.1.2 Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)

O Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) da CMOC Brasil, está localizado na sede corporativa da empresa, em Belo Horizonte/MG, e constitui um ambiente físico projetado, estruturado e dedicado exclusivamente ao monitoramento de barragens e acionamento dos dispositivos de alerta e alarme, quando necessário. O CMG apoia as equipes de Geotecnia Operacional no monitoramento da instrumentação instalada na barragem e é onde o comportamento dos dados de instrumentação é avaliado por equipe de profissionais capacitados, que se encontra de prontidão, em regime de 24h por dia e 07 (sete) dias por semana. De maneira rotineira são realizadas análises individuais, conjuntas e de tendência da instrumentação existente, além da verificação dos registros de videomonitoramento.

O acompanhamento das leituras é registrado no *software* de gestão e banco de dados intitulado SENTNEL, e reportadas à equipe técnica. Além disso, as gravações do videomonitoramento 24h são armazenadas por no mínimo 90 (noventa) dias.

Caso seja detectada alguma alteração na leitura da instrumentação e/ou no videomonitoramento pelo CMG, o geotécnico responsável é acionado e deve avaliar e classificar sua criticidade, planejar a tratativa, esclarecer o motivo da alteração e estabelecer o plano de resposta à situação. Em condição de emergência na estrutura (anomalia que põe em risco sua integridade), são acionados imediatamente a geotécnica responsável e o Coordenador do PAEBM, sendo o primeiro incumbido de emitir a resposta da tratativa com a maior celeridade possível.

5.1.2 Inspeções de Segurança Regulares

As Inspeções de Segurança Regulares (ISR) são atividades primordiais para avaliação do estado de segurança da estrutura e visam a identificação e registro de problemas instalados ou propensos a ocorrerem. Através delas é possível detectar visualmente anomalias, deficiências operacionais dos elementos que integram a estrutura e/ou outra condição que possa vir a afetar a sua estabilidade.

Conforme a Resolução ANM n° 95/2022 e suas alterações, a Inspeção de Segurança Regular de Barragem deve ser realizada pelo empreendedor, observadas as seguintes prescrições:

- Preencher, quinzenalmente, as Fichas de Inspeção Regular (FIR), por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade;
- Preencher, quinzenalmente, o Extrato da Inspeção de Regular (EIR) no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade; e
- Elaborar, semestralmente, o Relatório de Inspeção de Segurança Regular da barragem (RISR) com a DCE que deverá ser enviada à ANM via SIGBM.

As inspeções são realizadas na barragem pela equipe de geotecnia MASA, com periodicidade diária, quinzenal e mensal, de acordo com o Manual de Operação da Barragem do Vené II elaborado pela empresa Tellus Company (2026) (código TL24-0214-0000-EG-RT-0057). A partir dessas inspeções rotineiras são preenchidas as Fichas de Inspeção Regular (FIR).

Além disso, serão realizadas inspeções imediatamente após qualquer ocorrência de eventos incomuns ou significativos, e também mensalmente pelo Engenheiro de Registro (EdR), que preenche a FIR da quinzena da inspeção em conjunto com a equipe de geotecnia da MASA, e elabora um relatório mensal com recomendações e prazos.

Caso seja identificada alguma anomalia, esta será registrada na FIR e discutida com a equipe técnica da barragem e EdR, para definição das ações aplicáveis. Caso necessário, é estabelecida maior frequência de inspeção até que a anomalia seja extinta. A equipe deve assegurar que todos os problemas identificados sejam tratados e que todas as medidas corretivas sejam implementadas, concluídas, adequadas, documentadas e arquivadas. Sendo constatada uma emergência, o coordenador do PAEBM deverá ser informado imediatamente, para que os procedimentos previstos no PAEBM sejam seguidos. As primeiras ações corretivas a serem desenvolvidas para controle da anomalia podem ser conduzidas a partir dos Procedimentos Corretivos definidos.

As inspeções deverão abranger todas as estruturas que compõem o sistema da barragem. Deverá ser elaborado um relatório mensal, resumindo e documentando as condições e dados coletados nas inspeções diárias e quinzenais.

O Manual de Operações da barragem traz uma relação parcial de possíveis problemas, a ser utilizada como guia durante as inspeções. A observação visual de qualquer desses problemas deve resultar em uma ação imediata para tratar da questão. São eles:

- Trincas, deslocamentos, irregularidades, saliências, abatimentos, recalques, sink holes (qualquer movimentação nos taludes);
- Rupturas, rachaduras ou outros danos ao revestimento da geomembrana;
- Percolação (aumento de fluxo, alteração de cor, sólidos em suspensão, percolação existente no talude);
- Nível do reservatório acima ou abaixo do esperado (nível máximo operacional de água de 27,0 m);
- Tocas de animais;
- Excesso de vegetação;
- Desgaste e erosão;
- Perda da proteção contra erosão;
- Acúmulo de detritos;
- Bloqueios;

- Deterioração;
- Erosão, ruptura/instabilidade de taludes e bermas.

Além disso, deve-se observar:

- Existências de fendas e surgências de água nos taludes externos;
- Existência de regiões saturadas de água na superfície dos taludes de jusante do depósito, indicadas pela coloração e intensidade da vegetação;
- Verificar possíveis alterações nas características físicas do percolado proveniente dos sistemas de drenagem, cuja existência pode indicar danos;
- Verificar as estruturas de drenagem, buscando identificar processos erosivos, pontos de assoreamento e pontos com possível deficiência no revestimento.

O Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) deve ser elaborado duas vezes ao ano, deve vir acompanhado da Declaração da Condição de Estabilidade da Barragem (DCE), além da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) assinada. Em consonância com a Resolução ANM nº 95/2022 e suas alterações, o RISR é também elaborado com base nas observações de campo e análise dos documentos e projetos existentes, visando estabelecer um diagnóstico das condições geotécnicas de segurança da estrutura frente à passagem de cheias, controle de percolação e estabilidade física. O Relatório apresenta a avaliação do resultado da inspeção e revisão dos registros de instrumentação disponíveis, indicando a necessidade de manutenção e reparos.

5.1.3 Manutenção

Os serviços de manutenção deverão ser definidos a partir de observações constatadas nas inspeções, como também durante a operação ou em auditorias realizadas por empresas contratadas. A manutenção deverá ser realizada, se possível, quando constatado o problema, evitando assim a sua progressão e/ou associação com outros, evitando ameaças à operação e segurança das estruturas.

Dentre os serviços de manutenção geral da barragem, devem ser providenciados os seguintes reparos, quando se fizerem necessários:

- Limpeza de canais de drenagem superficial;
- Remoção de entulhos e obstruções no vertedouro;
- Limpeza de vegetação arbustiva sobre o coroamento ou taludes da barragem;
- Reparo da sinalização da identificação de instrumentos;
- Reparo de sulcos de erosão nos taludes, bermas;
- Reaterro da crista, para correção de eventuais recalques e correção da drenagem;
- Controle de pragas, tais como formigueiros, cupinzeiros e tocas de outros animais, caso houver;
- Reparo das estradas de acesso à barragem, e ao pé da barragem;

- Reparo das cercas de proteção da barragem e do reservatório;
- Reparo do sistema de bombeamento;
- Manutenção do volume de espera no reservatório para amortecimento de cheias;
- Reparo da tubulação;
- Inspeções na geomembrana;
- Reparo ou substituição de instrumentos;
- Calibrações e testes de verificação dos dispositivos de leitura dos instrumentos;
- Testes de vida nos medidores de nível d'água.

Importante destacar que, estes últimos, devem ser realizados sempre que algum deles apresentarem leituras suspeitas, indicando defeitos. A equipe de manutenção deverá ser especialmente treinada para executar os trabalhos de rotina na barragem, bem como para dar início aos procedimentos de controle nas situações emergenciais. Além disso, anualmente no final do período chuvoso, as seguintes atividades deverão ser realizadas e documentadas, incluindo relatórios de inspeções e ações executadas.

1) Acessos, galerias e valas/canaletas:

- Limpeza e renivelamento, conforme necessário;
- Manutenção das bermas de segurança;
- Manutenção dos postes de marcação dos equipamentos;
- Reparar o rip-rap e erosões, onde aplicável.

2) Rejeitoduto:

- Verificar todas as válvulas, conexões, pontos de saída e ancoragens;
- Assegurar que cada tubulação esteja adequadamente contida.

3) Balsas de recuperação de água e captações:

- Verificar todas as válvulas, conexões e ancoragens;
- Assegurar que cada tubulação esteja adequadamente contida.

5.2 Procedimentos Corretivos

Alguns eventos, a depender de sua magnitude, podem colaborar para a ruptura da barragem. Caso ocorra alguma anomalia que represente uma emergência na estrutura, deverão ser realizados procedimentos corretivos. As ações de mitigação e eliminação do problema podem ser aqui entendidas como medidas para prevenir ou retardar a ruptura. Tais ações deverão ter prioridade máxima pelas equipes compreendidas na execução e assistência. A detecção, avaliação e classificação das emergências são apresentadas no item 6.

As barragens podem correr o risco de ruptura parcial e/ou total por diversos modos de falha, como cisalhamento (escorregamentos), erosão interna (percolação não controlada), galgamento, deformações, liquefação, associadas ao nível de água do reservatório, às solicitações impostas à barragem, à rede de fluxos da percolação no maciço da barragem e a eventos sísmicos na região do empreendimento. Os principais eventos que podem desencadear uma situação de emergência na Barragem do Vené II foram levantados no Estudo de Ruptura Hipotético da Barragem e serão apresentados a seguir, assim como as fichas de emergência para cada situação, onde constam os procedimentos corretivos correspondentes.

Nas fichas de emergência, são apresentados os principais procedimentos de mitigação, monitoramento, e/ou 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. As Fichas de Emergência com as principais orientações para execução das ações corretivas relacionadas ao modo de falha e nível de emergência são apresentadas no item 17. As evidências para cada situação apresentada são somente um indicativo inicial, devendo ser avaliado, pelos profissionais capacitados, toda e qualquer anomalia identificada.

6. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ANOMALIAS – NÍVEIS DE EMERGÊNCIA

6.1 Detecção e Avaliação de Anomalias

A detecção de uma anomalia pode iniciar a partir de inspeções de campo realizadas pela equipe técnica de geotecnia, através de observações de irregularidades percebidas por outros colaboradores ou por meio do controle da instrumentação e análise do CMG. Deve ser considerada qualquer ocorrência gerada por eventos naturais ou provocados, que combinados com a resposta da barragem podem causar deteriorações na estrutura, e no caso mais extremo, sua ruptura, levando à liberação súbita do volume armazenado.

Para realizar uma classificação da relevância da anomalia é necessário entender as possíveis causas que se relacionam ao modo de falha ao qual a barragem encontra-se vulnerável. O Quadro 04 apresenta uma associação entre os modos de falha considerados nos Estudos de Ruptura Hipotética, suas causas e suas evidências, servindo como guia inicial para a interpretação da situação da barragem.

Quadro 04 Modo de Falha, Causas e Evidencias

Modo de Falha	Causas	Evidências
Instabilização seguido de Galgamento (ruptura em cascata)	• Ruptura da Barragem do Vené por galgamento em direção ao talude sudoeste da Barragem do Vené II • Volume de amortecimento insuficiente • Subdimensionamento do vertedouro em relação às cheias de projeto; • Obstruções parciais ou totais no canal extravasor por sedimentos, detritos ou vegetação; • Indisponibilidade operacional de dispositivos de descarga (comportas, válvulas ou canais auxiliares); • Defasagem no controle do nível d'água do reservatório em períodos de cheia; • Vazões acima da capacidade do extravasor.	• Diminuição da borda livre • Escoamento de água sobre o talude de jusante • Visualização de objetos, troncos, animais, solo, etc. dentro e/ou na entrada do sistema extravasor
Instabilização	• Erosões progressivas nos taludes de montante ou jusante; • Elevação do nível freático e consequente aumento das pressões neutras; • Rebaixamento rápido do nível do reservatório, gerando gradientes inversos; • Deficiências construtivas, como compactação inadequada ou heterogeneidade dos materiais; • Colmatação ou falha de funcionamento de filtros e drenos internos; • Eventos sísmicos ou vibrações induzidas, capazes de desestabilizar taludes marginais; • Falhas no tratamento de fundação ou erros de concepção/projeto que alterem as condições de contorno do maciço.	• Recalques, abatimentos e/ou desalinhamentos na crista, bermas e taludes; • Surgimento de trincas e/ou erosões; • Trincas longitudinais e/ou transversais; • Visualização de superfície crítica de ruptura; • Erosões; • Surgências d'água e saturação; • Elevação das poropressões; • Alteração nas medidas de vazão da drenagem interna; • Deformações no maciço e/ou fundação; • Movimentação nos taludes, podendo afetar a crista e bermas da barragem.
Destaca-se que, as evidências para cada causa apresentada são somente um indicativo inicial, devendo ser avaliado por profissional treinado, toda e qualquer anomalia identificada.		

Após a identificação da anomalia, a equipe de Segurança de Barragens juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM, deverão avaliar se a anomalia é passível ou não de ativação do Nível de Emergência. De acordo com o art. 40 da Resolução ANM n° 95/2022 e suas alterações, considera-se iniciada uma Situação de Alerta ou Emergência quando:

I - 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 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, conforme os prazos previstos no inciso II do art. 45 desta Resolução; 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

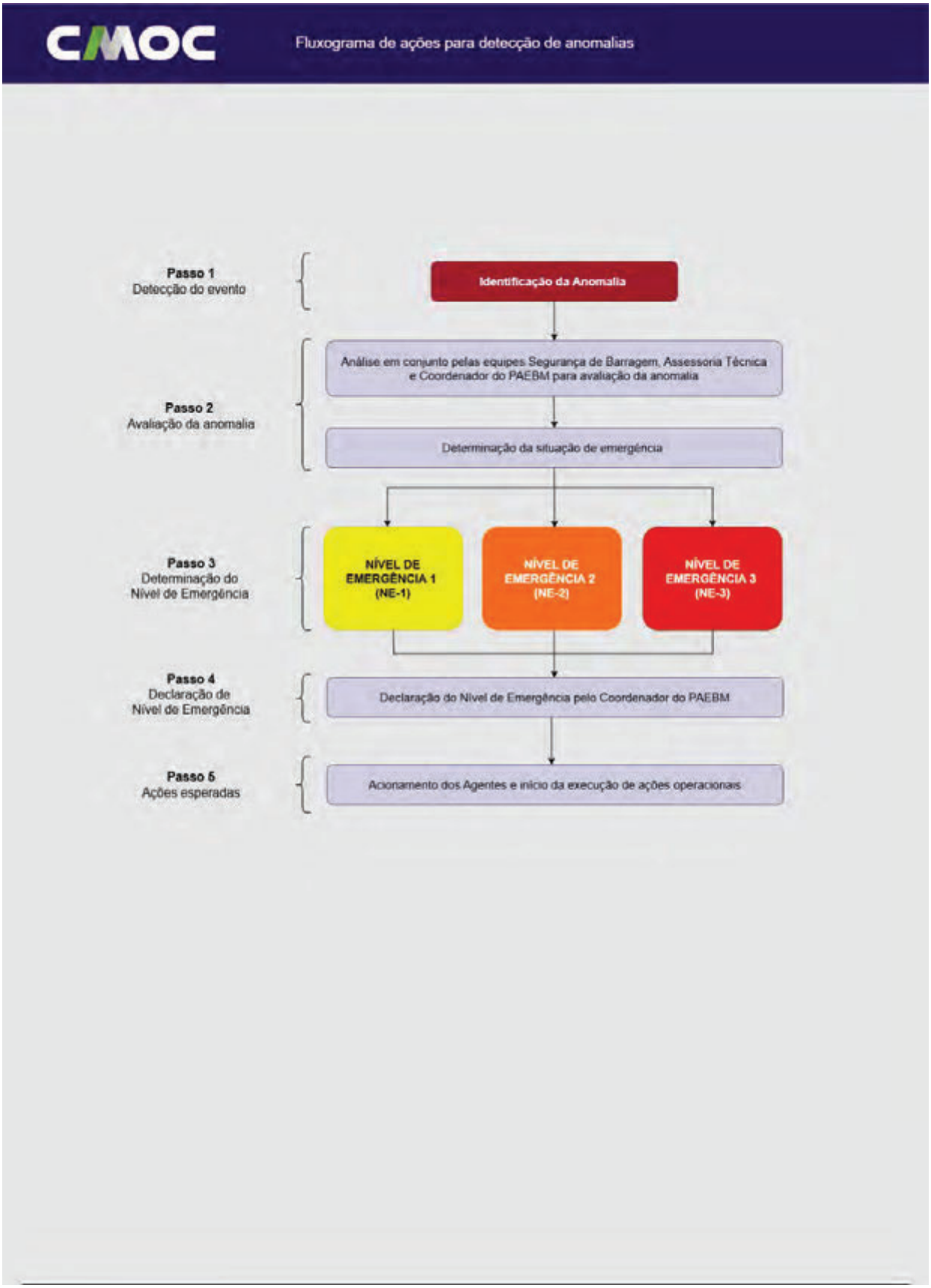
f) a critério da ANM.

II - Situação de Emergência:

a) *iniciar-se uma Inspeção Especial de Segurança (ISE) da Barragem de Mineração; ou*
b) *em qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura; ou*
c) *em qualquer dos casos elencados no inciso II do art. 41 desta Resolução; ou*
d) *a critério da ANM.*

Em caso de nível de alerta, deverão ser tomadas ações para monitoramento da estrutura, correção da anomalia, mitigação dos possíveis problemas adicionais que podem ser causados pela anomalia e controle das ações executadas, visando garantir sua efetividade. Caso seja identificada a necessidade de ativação da situação de emergência, as ações definidas neste Plano deverão ser executadas. Na Figura 25 é apresentado o fluxograma de ações para detecção e avaliação de anomalias, até a instalação do nível de emergência.

Figura 03 Fluxograma de ações para detecção de anomalias



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

6.2 Classificação dos Níveis de Emergência

Após a avaliação da anomalia e verificação da necessidade da instalação do nível de emergência, a equipe de Segurança de Barragens juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM, deverão realizar a classificação desta emergência, norteando as ações operacionais e de comunicação a serem adotadas, de acordo com este Plano. No Quadro 05 são apresentados os Níveis de Emergência existentes, de acordo com a Resolução ANM n° 95/2022 e suas alterações, e no Quadro 06, Quadro 07 e Quadro 08 são especificados quais os critérios para avaliação e classificação para cada nível, bem como as Fichas de Emergência correspondentes.

Quadro 05 Definição do Nível de Emergência

NÍVEL		DEFINIÇÃO
SITUAÇÃO DE ALERTA		Quando for detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV em 2 (dois) EIR seguidos; **Quando for detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada;** Quando a barragem for classificada como risco inaceitável no PGRBM; Quando o sistema extravasor não estiver dimensionado de acordo com o Tempo de Retorno estabelecido na legislação.
NÍVEIS DE EMERGÊNCIA	**NÍVEL 1 (NE-1)**	Quando a barragem de mineração estiver com Categoria de Risco Alta; Quando for detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV em 4 (quatro) EIR seguidos; Quando for detectada anomalia com pontuação 10 (dez) no EIR; Quando o Fator de Segurança drenado estiver entre 1,30 ≤ FS < 1,50 ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre 1,20 ≤ FS < 1,30 ou quando o Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre 1,20 ≤ FS < 1,50 para os casos elencados no inciso I, § 5º, do art. 54 desta Resolução; **Qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.**
	NÍVEL 2 (NE-2)	**Quando o resultado das ações adotadas na anomalia de Nível de Emergência 1 for classificado como "não controlado";** Quando o Fator de Segurança drenado estiver entre 1,10 ≤ FS < 1,30 ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre 1,00 ≤ FS < 1,20.
	NÍVEL 3 (NE-3)	**Quando a ruptura é inevitável ou está ocorrendo;** Quando o Fator de Segurança drenado estiver abaixo de 1,10 ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver abaixo de 1,00.

Quadro 06 Critérios para avaliação e classificação de Nível de Emergência 1

EVENTO E SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		FICHA DE EMERGÊNCIA
NÍVEL 1	**Galgamento** • Galgamento do barramento sem comprometimento da integridade física das estruturas.	**Ficha N° 1**
	Problemas de Estabilidade • Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos localizados (de pequena extensão) no talude de jusante.	**Ficha N° 4**
	Problemas de Estabilidade • Falha no sistema de espigotamento. Ravinamento (erosão) de pequena extensão no talude de jusante.	**Ficha N° 5**
	Problemas de Estabilidade • Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios, de pequena extensão, à barragem e/ou estruturas associadas.	**Ficha N° 6**
	Problemas de Estabilidade • Deslocamentos e/ou recalques cujo fator de segurança da seção avaliada fique entre 1.3 e 1.5.	**Ficha N° 7**
	Problemas de Estabilidade • Leituras dos piezômetros em nível de atenção, com fator de segurança global entre 1.3 e 1.5.	**Ficha N° 8**

Quadro 07 Critérios para avaliação e classificação de Nível de Emergência 2

EVENTO E SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		FICHA DE EMERGÊNCIA
NÍVEL 2	**Galgamento** • Galgamento do barramento com comprometimento da integridade física das estruturas	**Ficha N° 2**
	Problemas de Estabilidade • Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos generalizados (de grande extensão) no talude de jusante, sem o comprometimento da integridade da estrutura cujo fator de segurança da área analisada fique entre 1.1 e 1.3.	**Ficha N° 9**
	Problemas de Estabilidade • Falha no espigotamento. Ravinamento (erosão) de grande extensão no talude de jusante, cujo fator de segurança da área analisada da área analisada fique entre 1.1 e 1.3.	**Ficha N° 10**
	Problemas de Estabilidade • Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios, de grande extensão, à barragem e/ou estruturas associadas sem o comprometimento da integridade da estrutura.	**Ficha N° 11**
	Problemas de Estabilidade • Deslocamentos e/ou recalques em evolução.	**Ficha N° 12**
	Problemas de Estabilidade • Leituras dos instrumentos em nível de alerta, com fator de segurança global entre 1.1 e 1.3.	**Ficha N° 13**

Quadro 08 Critérios para avaliação e classificação de Nível de Emergência 3

	EVENTO E SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	FICHA DE EMERGÊNCIA
NÍVEL 3	**Galgamento** • Galgamento do barramento com abertura de brecha e ruptura iminente das estruturas	Ficha N° 3
	Problemas de Estabilidade • Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos generalizados (de grande extensão) a ponto de comprometer a integridade do barramento com a possibilidade de formação de uma brecha, e redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1.	Ficha N° 14
	Problemas de Estabilidade • Ravinamento (erosão) de grande extensão no talude de jusante a ponto de comprometer a integridade do barramento com a possibilidade de formação de uma brecha, e redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1.	Ficha N° 15
	Problemas de Estabilidade • Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios à barragem e/ou estruturas associadas a ponto de ocasionar descarga de rejeitos/água para jusante, com ruptura em desenvolvimento	Ficha N° 16
	Problemas de Estabilidade • Deslocamentos e/ou recalques avançados, a ponto de comprometer a integridade do barramento com redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1.	Ficha N° 17
	Problemas de Estabilidade • Leituras dos instrumentos em nível de emergência, com fator de segurança global abaixo de 1,1, indicando ruptura iminente do barramento.	Ficha N° 18

7. SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA E MAPAS DE INUNDAÇÃO

O Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem do Vené II, também conhecido como *Dam Break* (termo em inglês que significa rompimento de barragem), foi elaborado pela empresa Tellus Company (2026) (código TL25-0149-0000-EG-RT-0001), em conformidade com as diretrizes regulatórias e normas técnicas aplicáveis à segurança de barragens de mineração. Este estudo é de elaboração obrigatória, de forma a caracterizar a propagação da onda de cheia de ruptura e delimitar as áreas potencialmente inundáveis a jusante da barragem. Por meio deste estudo é definido, portanto, a área atingida, juntamente com a Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS) da barragem.

O Art. 6, § 4º da Resolução ANM nº 95/2022 e alterações, determina que: "nas situações em que houver barragens localizadas a jusante da estrutura objeto da avaliação e que estejam dentro da área de influência da inundação, o estudo e o mapa de inundação devem considerar também uma análise conjunta das estruturas." Levando em consideração a determinação citada, na caracterização do cenário e definição da ZAS e ZSS para a Barragem do Vené II foram consideradas também as informações e estudo realizado para a Barragem do Vené, localizada a montante. Portanto, esta seção foi elaborada com base em um único Estudo de Ruptura Hipotética, desenvolvido de forma integrada para as barragens do Vené e Vené II, considerando os cenários de ruptura mais críticos e seus impactos associados para ambas as estruturas.

7.1 Introdução

Conforme determinado na Resolução ANM n° 95/2022 e suas alterações, o Estudo de Inundação é o estudo capaz de caracterizar adequadamente os potenciais impactos, provenientes do processo de inundação em virtude de ruptura ou mau funcionamento da barragem de mineração, deverá ser feito por profissional legalmente habilitado para essa atividade, cuja descrição e justificativa deverá, necessariamente, constar no PAEBM, sendo de responsabilidade do empreendedor e deste profissional a escolha da melhor metodologia para sua elaboração. Os cenários estudados não correspondem a riscos efetivos ou iminentes de ruptura da barragem.

Essa seção foi elaborada de acordo com o estudo de ruptura hipotética (*Dam Break*) da Barragem do Vené e Vené II, elaborado pela Tellus Company (2026). Ademais, este resumo não contém todas as informações detalhadas do estudo, sendo apresentadas apenas as informações básicas para elaboração deste capítulo. O estudo de ruptura hipotética bem como os mapas de inundação gerados para a simulação hidrodinâmica, estão apresentados no Anexo C.

7.2 Síntese metodológica

O estudo de ruptura hipotética inicia com a avaliação dos dados e informações gerais disponíveis para o desenvolvimento dos trabalhos, a partir da qual são instituídas premissas e metodologias aplicáveis de acordo com as condições de contorno e escopo analisadas. A metodologia adotada para o estudo de ruptura hipotética da Barragem do Vené e Vené II foi estruturada em etapas sucessivas, de modo a garantir consistência técnica e precisão nos resultados.

Inicialmente, os volumes dos reservatórios e as concentrações volumétricas (Cv) foram recalculados a partir da topografia primitiva e da batimetria atualizada, para maior confiabilidade na estimativa de sólidos e água. Na sequência, procedeu-se à caracterização química dos rejeitos e à caracterização reológica, necessárias para a definição do plano de instabilidade e, consequentemente, para a determinação do volume potencialmente mobilizável em cada cenário de ruptura.

Para a modelagem hidrodinâmica, utilizou-se o software RiverFlow2D® (v. 8.13) em regime não permanente para fluidos newtonianos e não newtonianos. Para a condição de escoamento não permanente para fluidos não newtonianos foi considerado a equação reológica Turbulent & Coulomb para o cenário aplicável. O tempo de formação das brechas seguiram a metodologia de Froehlich (2016), compatibilizando os parâmetros adotados com as características das barragens analisadas.

A simulação foi conduzida ao longo de 30 km nos rios Tromaí e Maracaçumé, utilizando Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução de 1,0 m e coeficientes de rugosidade de *Manning* definidos conforme o uso e cobertura do solo. Foram considerados cenários de condição provável (dia seco) e condição extrema associada à chuva de Projeto (PMP) (dia chuvoso), integrando as vazões naturais de base regionalizadas pelo método *index-flood*, com tempos de retorno de 2 e 100 anos, de modo a abranger diferentes condições hidrológicas críticas.

As simulações foram encerradas quando a diferença de profundidade entre a onda de ruptura e a vazão natural de base atingiu o limite técnico de 0,61 m. Por fim, o estudo gerou hidrogramas e mapas de inundação detalhados, contemplando profundidades, velocidades e tempos de chegada do fluxo ao longo do vale, fornecendo subsídios essenciais para o planejamento e a resposta emergencial.

7.3 Cenários considerados

Na análise de um evento de ruptura hipotética de barragem usualmente são estabelecidos cenários de simulação, os quais fornecem subsídios para análises de potenciais danos e consequências nos vales a jusante. No caso da Barragem do Vené, a localização da brecha de ruptura causa influência na direção do escoamento hidrodinâmico. Sendo assim, foram analisados no estudo citado os seguintes cenários, considerando Barragem do Vené com influência na Barragem do Vené II e Vené II isolada:

- **Cenário 1:** Rompimento da Barragem Vené (maciço oeste) em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso.
- **Cenário 3:** Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso.
- **Cenário 4:** Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso.
- **Cenário 5:** Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso.
- **Cenário 6:** Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso.

Para o cenário de ruptura em cascata, foi realizada análise hidrodinâmica preliminar da chegada do hidrograma da Barragem do Vené ao reservatório da Barragem do Vené II. Essa avaliação indicou galgamento praticamente simultâneo de todos os maciços da Barragem do Vené II, sendo adotada esta condição (ruptura simultânea) para o Cenário 1.

7.4 Resultados do Estudo de Ruptura Hipotética e Mapeamento da Inundação Potencial

A partir dos levantamentos topográficos disponibilizados foi possível mapear os impactos da simulação de ruptura hipotética. A modelagem hidrodinâmica considerou a propagação da onda de ruptura nas áreas a jusante das Barragens do Vené e Vené II, ambas situadas em Godofredo Viana (MA). O estudo abrangeu os vales associados às bacias hidrográficas dos rios Tromaí e Maracaçumé, que podem ser diretamente impactados pela mancha de inundação. A propagação ocorre predominantemente em vales encaixados, atravessando canais naturais de drenagem, planícies de inundação, áreas de vegetação, zonas alagadas, pequenas propriedades rurais e vias internas da MASA.

O uso e ocupação do solo foram definidos a partir do MapBiomas Brasil (Coleção 8, 2024), com ajustes manuais em trechos de maior detalhamento hidráulico, permitindo atribuição dos coeficientes de rugosidade de Manning no modelo RiverFlow 2D®. “As características geomorfológicas e altimétricas foram obtidas pela integração de levantamentos aerofotogramétricos LiDAR (2024–2025), batimetria dos rios Tromaí e Maracaçumé (Otinga Engenharia, 2025), compondo o Modelo Digital de Terreno (MDT) final utilizado no domínio computacional”. Essa base permitiu representar o relevo, a conectividade entre as calhas fluviais e o comportamento hidráulico do vale a jusante, subsidiando a delimitação das áreas potencialmente inundáveis e a caracterização dos impactos hidrodinâmicos.

Nos cenários de ruptura foram consideradas duas condições representativas: a condição extrema (dia chuvoso) e a condição provável (dia seco). A comparação dos hidrogramas permitiu identificar a criticidade relativa de cada cenário, concentrando as simulações nos casos de maior potencial de impacto. Os cenários menos danosos, por apresentarem volumes e picos de vazão significativamente inferiores, não demandaram modelagem hidrodinâmica completa nem elaboração de mapas específicos.

Com base nas simulações, foram atualizados os mapas de inundação, delimitadas a ZAS e ZSS, além da consolidação dos parâmetros técnicos para a classificação do Dano Potencial Associado (DPA). O estudo integrou dados de campo, caracterização reológica detalhada e modelagem numérica, configurando uma base técnica consistente e alinhada às melhores práticas internacionais de engenharia de barragens.

Adicionalmente, os mapas de inundação incorporaram o cadastro socioeconômico atualizado em 2026, ampliando a precisão da análise de impacto. Ressalta-se que os resultados estão condicionados às premissas e informações disponíveis até a data de elaboração, não contemplando alterações posteriores ou dados adicionais que possam modificar o comportamento das estruturas ou da propagação da onda de ruptura. Recomenda-se, portanto, a revisão e atualização das análises sempre que houver modificações relevantes ou novas informações técnicas capazes de alterar as premissas inicialmente adotadas.

Embora o estudo contemple a simulação de oito cenários distintos de ruptura hipotética, sendo cinco vinculados à Barragem do Vené II, adotou-se o Cenário 1 como aquele de maior dano para o PAEBM. Como premissa para definição do cenário de ruptura em cascata entre a Barragem do Vené e a Barragem do Vené II (Cenário 1), foi realizada uma análise hidrodinâmica preliminar para identificar a sequência potencial de esforços críticos nos maciços da Barragem do Vené II após a chegada da onda de ruptura proveniente da Barragem do Vené.

Os resultados demonstraram que a elevação rápida do nível d'água no reservatório da Vené II gera condições de galgamento praticamente simultâneas em todos os maciços, com o segmento norte apresentando influência ligeiramente anterior. Constatou-se que a abertura de uma única brecha não seria suficiente para dissipar o volume afluente, evidenciando a limitação da estrutura em conter o processo de ruptura em cascata.

Diante desses resultados, o cenário final adotado passou a considerar a ocorrência simultânea de ruptura em todos os maciços da Barragem do Vené II, representando uma condição hidrodinâmica mais realista do sequenciamento do cenário em cascata. Para essa configuração, foram definidas brechas individuais em cada maciço, compatíveis com a direção preferencial do escoamento. Essa abordagem permitiu a extração dos respectivos hidrogramas de ruptura, que subsidiaram a elaboração dos mapas de inundação e a caracterização dos impactos hidrodinâmicos ao longo do vale.

Como resultado do Estudo de Ruptura Hipotética das Barragens do Vené e Vené II, foram produzidos diversos mapas hidrodinâmicos a partir das simulações realizadas no software RiverFlow 2D®. Esses produtos cartográficos incluem:

- Mapa de Envoltória Máxima de Inundação;
- Mapa de Profundidade Máxima;
- Mapa de Velocidade Máxima;
- Mapa de Elevação Máxima;
- Mapa de Tempo de Chegada da Frente e do Pico da Onda de Inundação;
- Mapa de Duração da Fase Crítica da Inundação; e
- Mapa de Risco Hidrodinâmico.

O risco hidrodinâmico foi definido como o produto entre profundidade (P) e velocidade (V) da onda de inundação, representando o nível de perigo e vulnerabilidade a que pessoas, veículos e edificações estão expostos. Para sua classificação, foi adotada a metodologia proposta pelo RESCDAM (2001) e consolidada por Smith *et al.* (2014), que utiliza curvas de vulnerabilidade combinando profundidade e velocidade. Essa abordagem permitiu avaliar o potencial destrutivo da onda de ruptura e identificar as zonas críticas para planejamento de evacuação e resposta emergencial.

A Figura 04 apresenta o mapa de envoltórias máximas gerados no estudo para o cenário 1, definido como cenário de maior dano, cujas ações definidas serão apresentadas neste Plano. A listagem dos mapas gerados para este cenário está apresentada no Quadro 09.

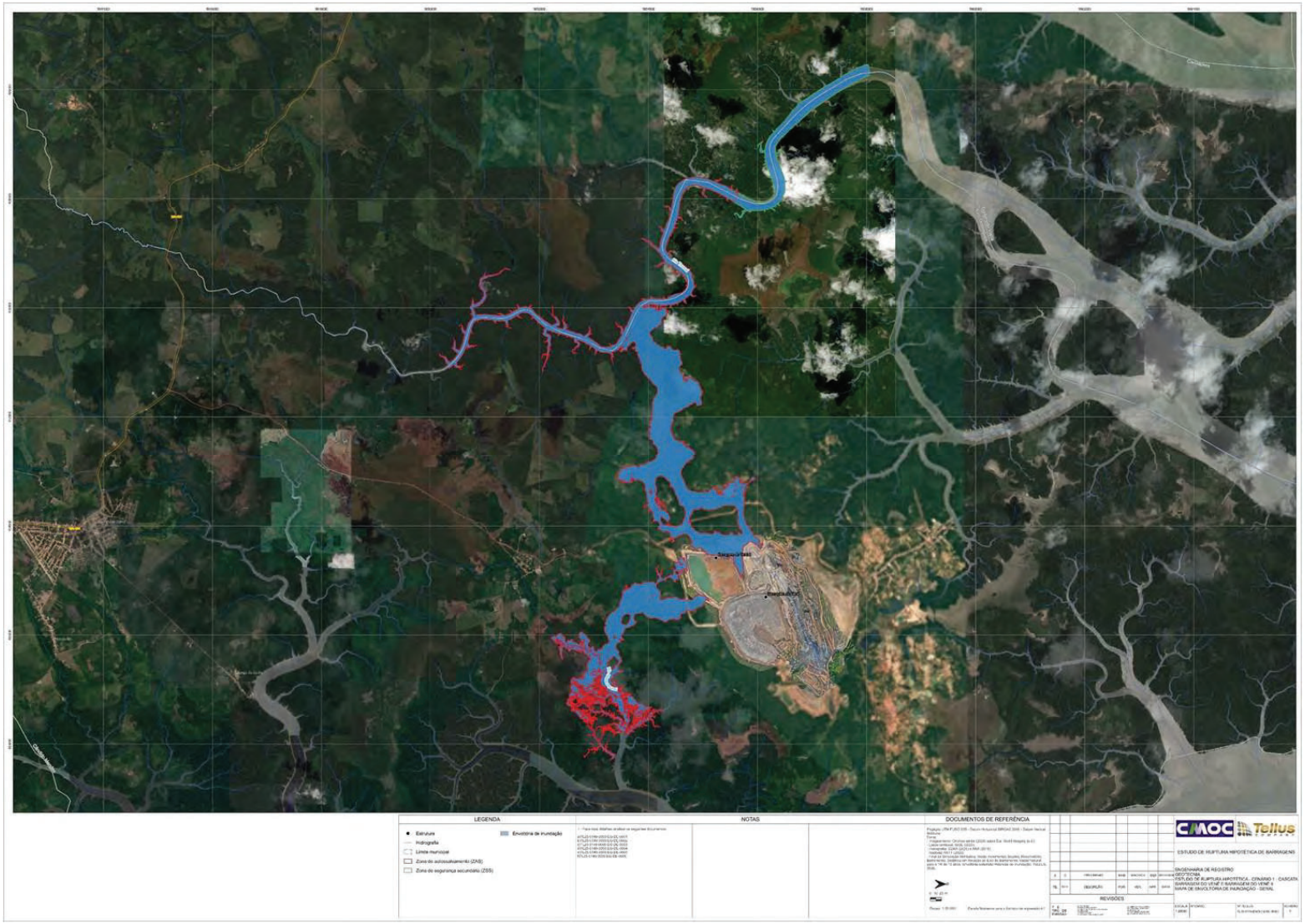
Todos os mapas de inundação bem como o estudo de ruptura hipotética citado se encontram apresentados na íntegra no Anexo C.

Quadro 09 Mapas de Inundação – Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem do Vené e Vené II

Documento	Nome	Cenário
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO – Geral	TL25-0149-0000-EG-DE-0000	1
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0001	1
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0002	1
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0003	1
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0004	1
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0005	1
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0006	1
MAPA DE TEMPO DE PICO	TL25-0149-0000-EG-DE-0049	1
MAPA DE TEMPO DE DURAÇÃO DA FASE CRÍTICA	TL25-0149-0000-EG-DE-0055	1

Fonte: TELLUS, 2026.

Figura 04 Envoltória de Inundação da Barragem do Vené e Vené II – Cenário 1



Fonte: Tellus Company, 2026.

8. CARACTERIZAÇÃO DA ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS) E ZONA DE SEGURANÇA SECUNDÁRIA (ZSS)

Conforme a Resolução ANM nº 95/2022 e suas alterações, a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como a região a jusante da barragem onde se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, cabendo ao empreendedor da barragem alertar a população potencialmente afetada nessa região. Já a Zona de Segurança Secundária (ZSS) é o trecho constante do mapa de inundação, não definida como ZAS.

Conforme critérios estabelecidos no Art. 2º da Resolução ANM nº 95/2022 e alterações, para a delimitação da ZAS, o estudo de ruptura hipotética deve:

> *"[...] 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)."*

Sendo assim, para definição da ZAS e ZSS foi considerado o cenário de ruptura em cascata das barragens Vené e Vené II (Cenário 1).

O mapeamento do vale de jusante da estrutura é importante para o conhecimento das áreas potencialmente atingidas. Conforme o Estudo de Ruptura Hipotética (*Dam Break*) da Barragem do Vené e Vené II, a mancha de inundação atinge duas bacias hidrográficas principais: a Bacia do Rio Tromaí, localizada na região sudoeste das estruturas, e a Bacia do Rio Maracaçumé, situada na região sudeste. Ressalta-se que a dinâmica estuarina da região, inserida na Bacia do Rio Gurupi, é fortemente influenciada pela ação das marés oceânicas, conferindo ao vale uma hidrodinâmica característica de fluxos e refluxos, considerada nas condições de contorno das simulações.

A propagação da onda ocorre predominantemente em vales encaixados, compostos por canais naturais de drenagem e planícies de inundação adjacentes. As principais tipologias de ocupação identificadas no vale incluem formações florestais e áreas alagáveis, áreas de pastagem e mosaico de usos, zonas internas MASA, além de pequenas propriedades rurais.

De acordo com o estudo de ruptura hipotética, dentre os impactos potenciais identificados ao longo dos trechos referentes às manchas de inundação dos cenários simulados, pode-se citar possíveis danos a:

- Interrupção de Acessos: A onda de cheia atravessa via de acesso internas da MASA e via de acesso a Vila Aurizona.
- Atingimento de Propriedades Rurais: Foram identificadas pequenas propriedades rurais situadas nas planícies de inundação que seriam impactadas pelo fluxo.
- Áreas de Mineração: Zonas de lavra e infraestruturas industriais próximas às calhas fluviais estão sujeitas à inundação.
- Vulnerabilidade Máxima (R6): Em trechos próximos às rupturas, o risco é classificado como R6, sendo considerado inseguro para veículos e pessoas.

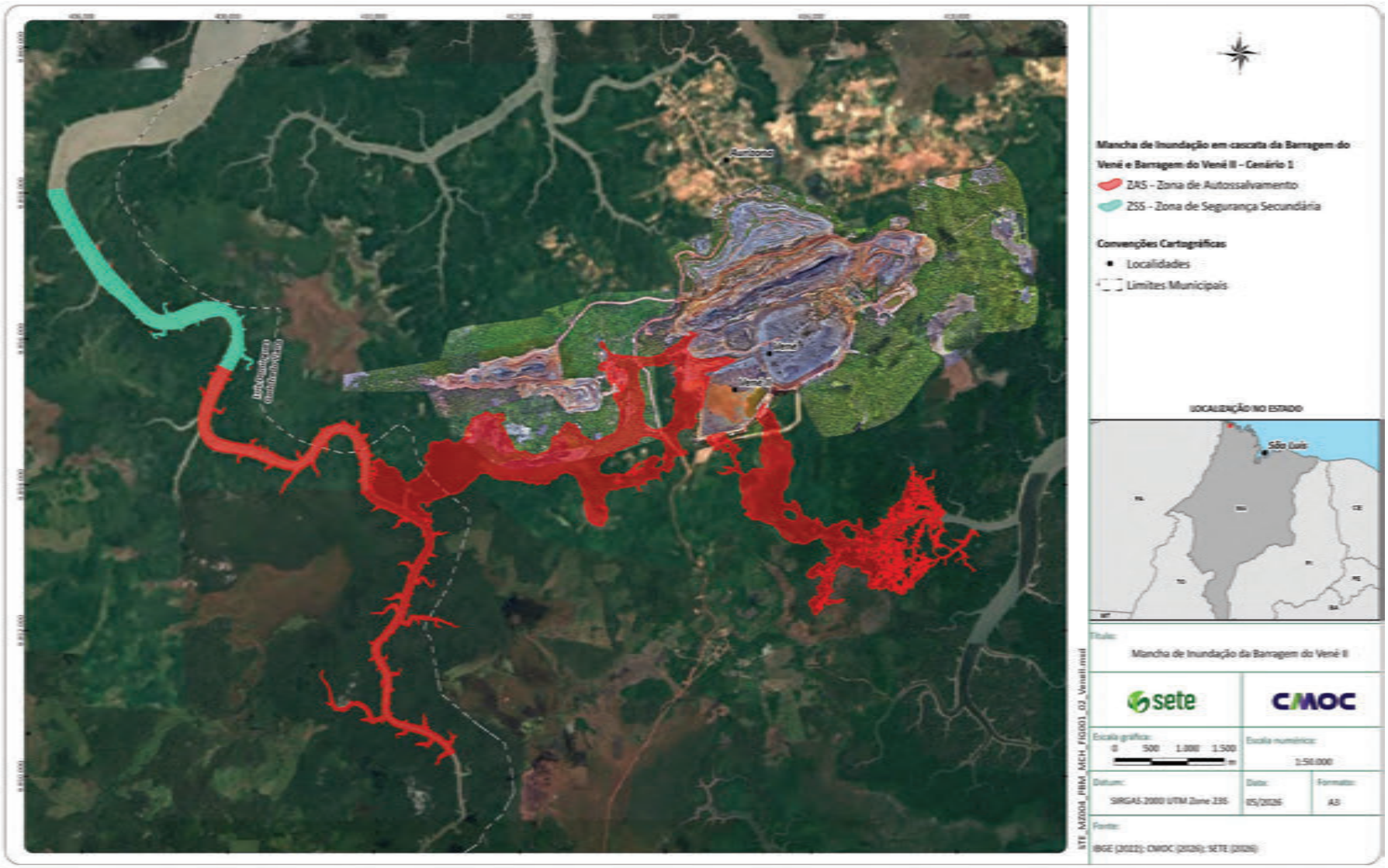
- Populações Sensíveis: Utilizando o cadastro socioeconômico de abril de 2026, o estudo identifica o impacto potencial sobre populações vulneráveis.
- Deposição de Material: Observou-se um abatimento progressivo dos picos de vazão devido à alta deposição de material sólido (rejeitos) sobre o terreno natural e à rugosidade da vegetação (Manning).
- Cobertura Vegetal: A onda percorre áreas de formação florestal e áreas alagadas, causando impacto direto sobre a vegetação nativa nestas planícies.
- Influência de Marés: Na foz dos rios, a dinâmica de inundação é alterada pelas marés oceânicas, o que pode influenciar a permanência da água em áreas estuarinas.

A identificação das populações e infraestruturas em risco foi subsidiada pelo cadastro socioeconômico atualizado em abril de 2026. Esse levantamento permitiu a espacialização de pontos sensíveis, incluindo habitações rurais e vias de acesso internas da MASA que seriam interceptadas pelo fluxo. Essa análise correlaciona a profundidade e a velocidade do fluxo para determinar o potencial dano a pessoas, veículos e edificações identificadas.

Os detalhes cartográficos de cada ponto vulnerável e as profundidades máximas atingidas em cada seção transversal podem ser consultados nos Mapas de Risco Hidrodinâmico e de Envoltória Máxima de Inundação que integram os apêndices do estudo Estudo de Ruptura Hipotética das barragens.

A ZAS e a ZSS consideradas neste PAEBM foram delimitadas utilizando o cenário de maior dano apresentado no Estudo de Ruptura Hipotética elaborado pela Tellus Company (2026). A Figura 01 apresenta a delimitação dessas áreas, com base na mancha de inundação fornecida pelo estudo descrito no item 7 deste documento.

Figura 05 Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS)



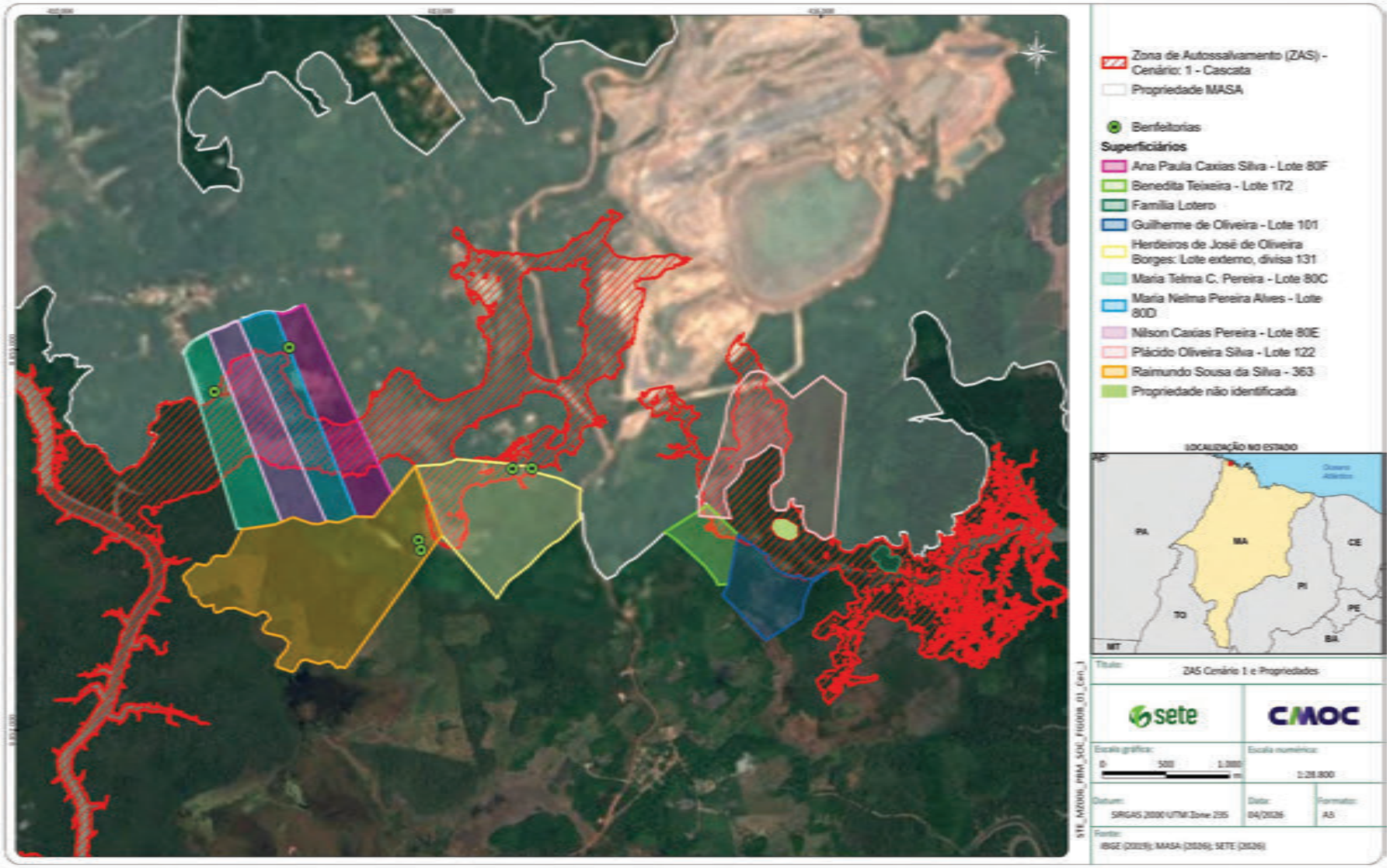
Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

As principais localidades inseridas na ZAS são: áreas internas do empreendimento MASA (região das barragens e acessos), dois pontos da estrada que liga a rodovia estadual MA-101 à Vila Aurizona, além de propriedades particulares ao longo do vale a jusante em direção ao Rio Tromaí. Apesar de não haver residências fixas destas propriedades particulares dentro da mancha de inundação, há registros de benfeitorias dentro de seus limites.

Além destas áreas identificadas no vale a jusante em direção ao Rio Tromaí, a mancha de inundação também atinge a região no sentido portaria MASA em direção ao Rio Maracaçumé. Esta é uma região formada predominantemente por cursos hídricos, mangue e formação florestal, com pequenas áreas de pastagem, campos alagados e áreas pantanosas.

Estas informações estão descritas no Relatório Técnico de Cadastro Social na ZAS (STE-MZ006-EAE-CSO-PDF001-F2), apresentado no Anexo I. Ressalta-se que, embora no Relatório Técnico haja a citação da realização do cadastro nas áreas de vários cenários de ruptura hipotética das barragens, considerou-se neste Plano aquelas potencialmente atingidas pelos cenários de maior dano (Cenário 1). A Figura 05 apresenta as propriedades particulares atingidas pela mancha de inundação.

Figura 06 Propriedades particulares afetadas pela mancha de inundação



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

Na área da ZAS dos cenários indicados não são atingidos equipamentos urbanos tais como escolas, hospitais e subestações de energia. Assim como também não atinge equipamentos com potencial de contaminação, como postos de gasolinas ou indústrias (SETE, 2026).

Para verificação em relação a comunidades indígenas tradicionais e quilombolas, unidades de conservação, áreas protegidas e sítios arqueológicos, foram consultadas bases de dados oficiais, para obtenção de dados secundários. De acordo com as bases de dados oficiais disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022) e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), as Terras Indígenas e Quilombolas não são atingidas pela mancha de inundação (Figura 06).

Em relação às Unidades de Conservação Federais, nenhuma parte da mancha e consequentemente da ZAS, atinge alguma Unidade de Conservação, conforme demonstrado na Figura 07 (ICMBIO, 2024). Ainda assim, de acordo com a Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão a mancha está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) das Reentrâncias Maranhenses, classificada como Uso Sustentável (SEMA, 2019), além de atingir Áreas de Preservação Permanente (APP), principalmente nas faixas marginais ao leito dos cursos d'água.

Sobre os sítios arqueológicos e patrimônios culturais, de acordo com os dados do IBGE (2022) e IPHAN (2024), a mancha de inundação atinge um sítio arqueológico mapeado, sendo ele denominado Aurizona 4 (Figura 09). Não foram observados atingimento a infraestrutura do Patrimônio Cultural, no entanto, o Patrimônio Cultural Imaterial pode ser afetado, devido a utilização dos cursos d'água na região para manifestações culturais (SETE, 2024).

Figura 07 Terras Indígenas e Quilombolas

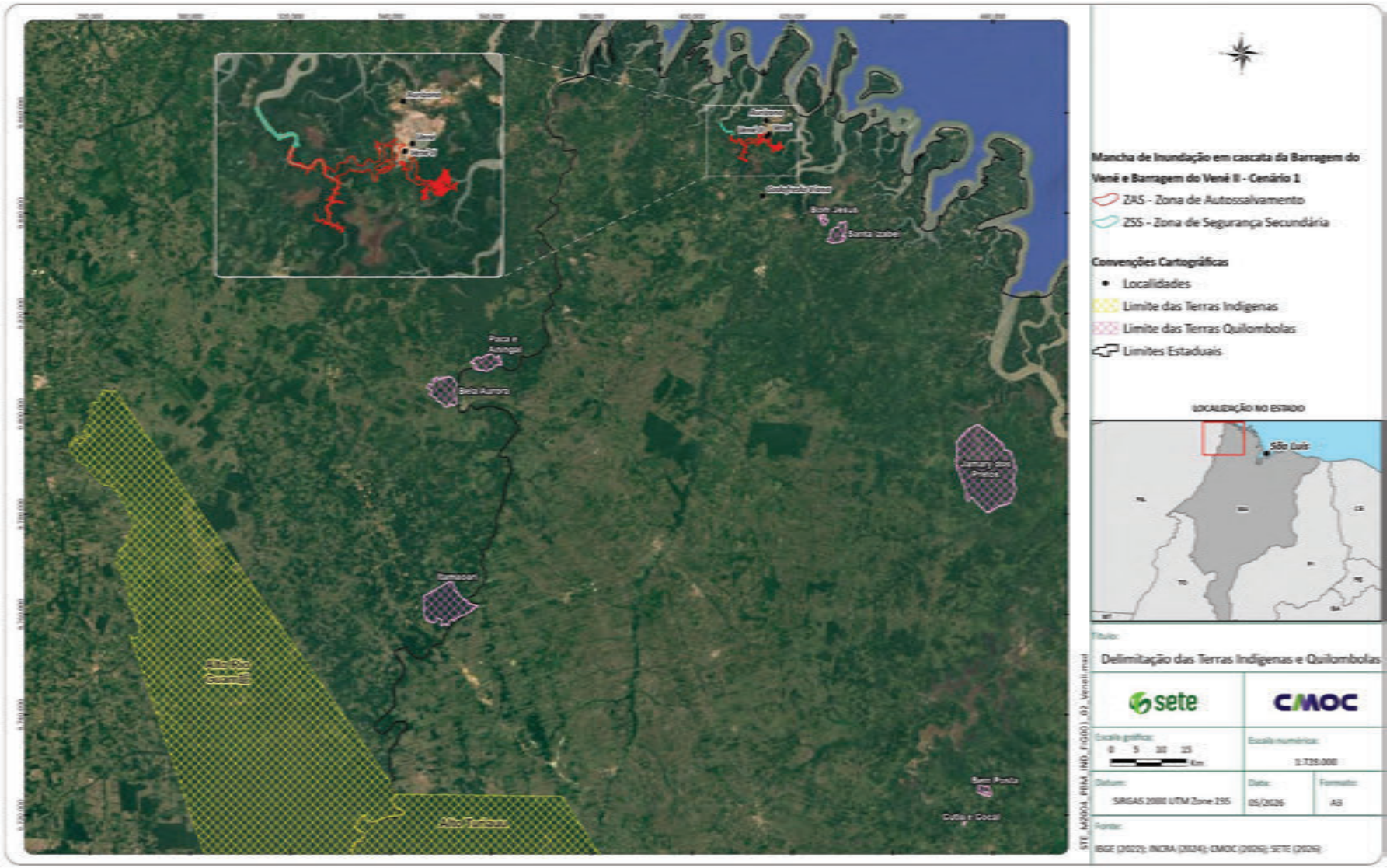


Figura 08 Unidades de Conservação federais

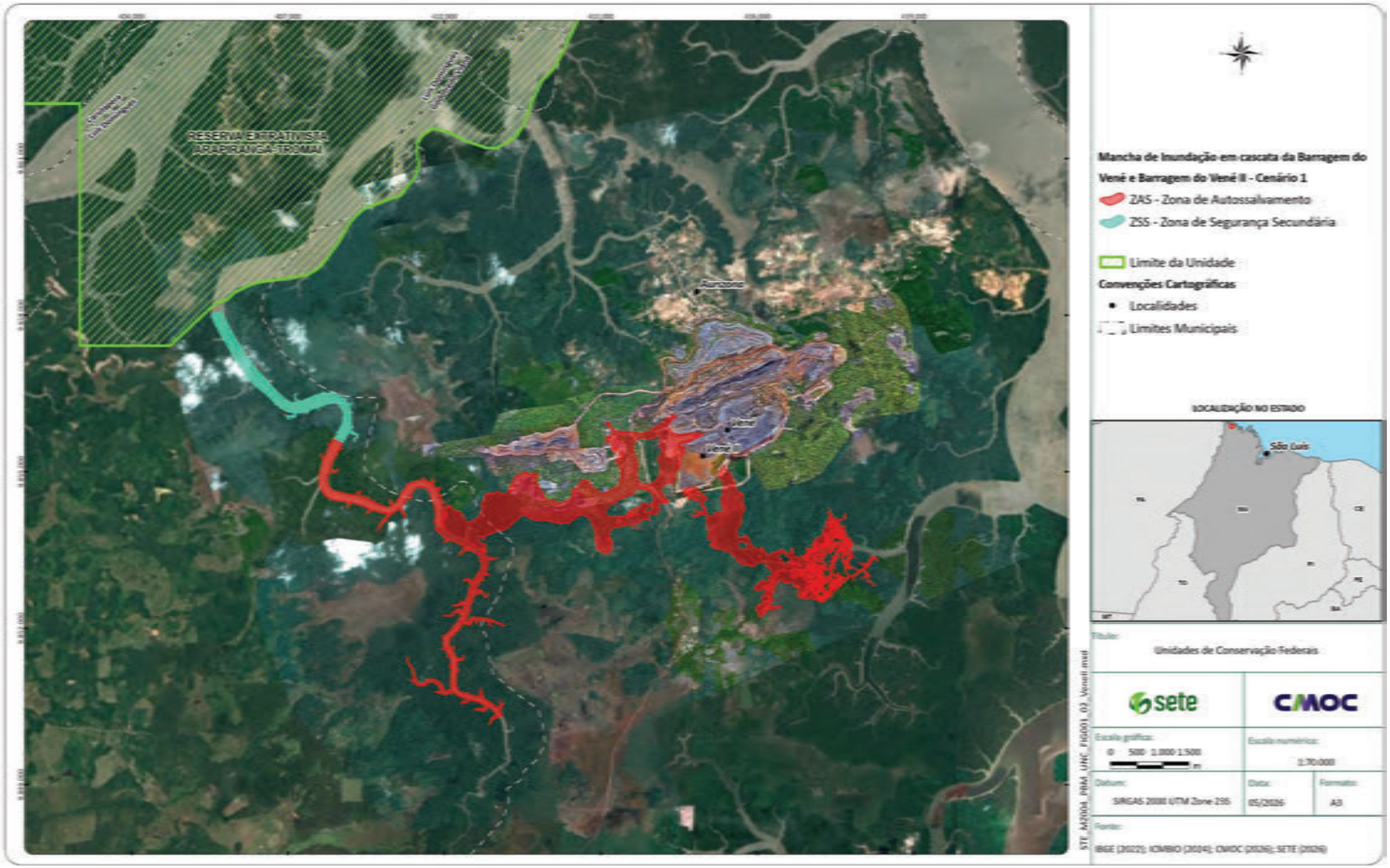
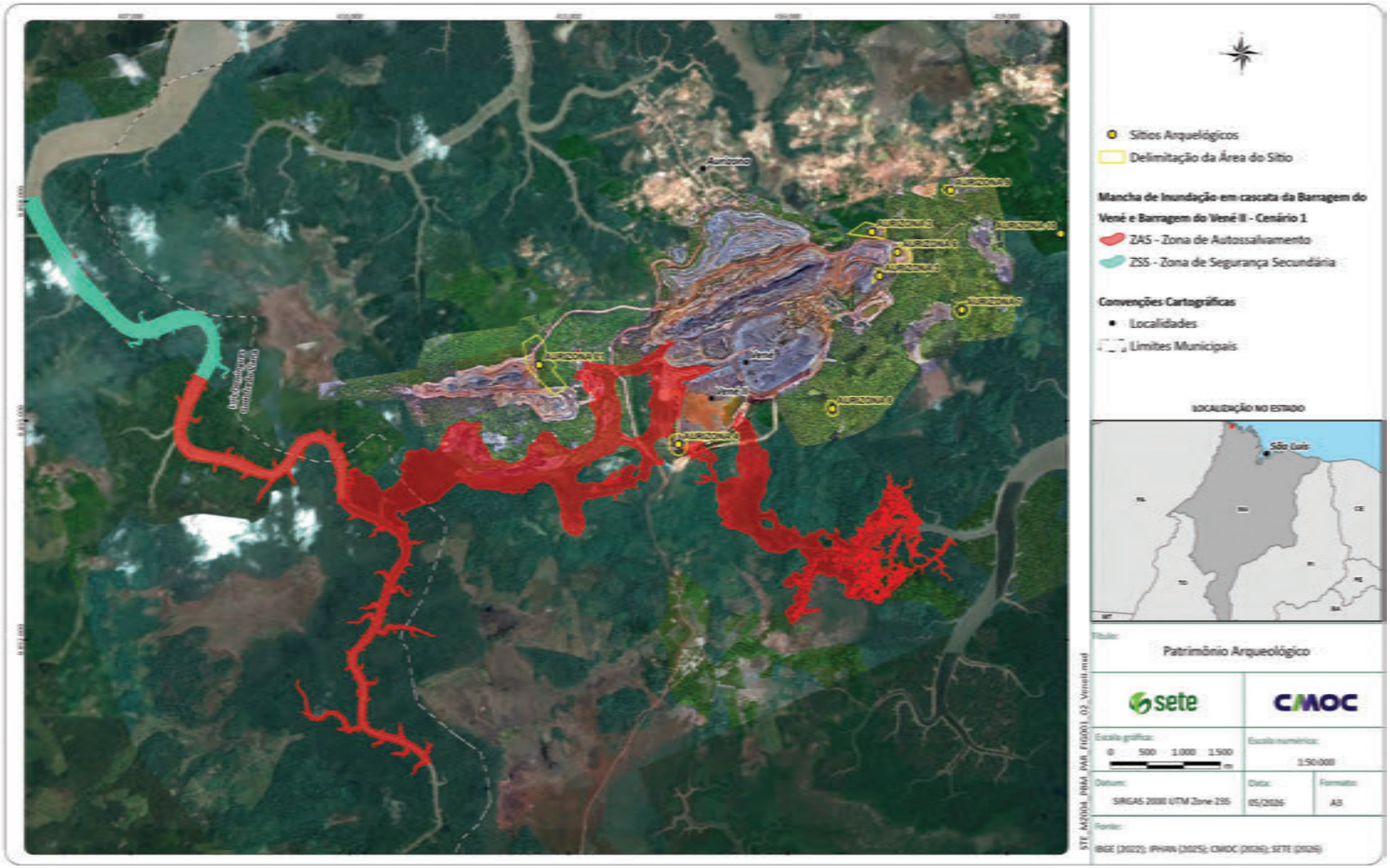


Figura 09 Sítios Arqueológicos



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

9. RESPONSABILIDADES NO PAEBM

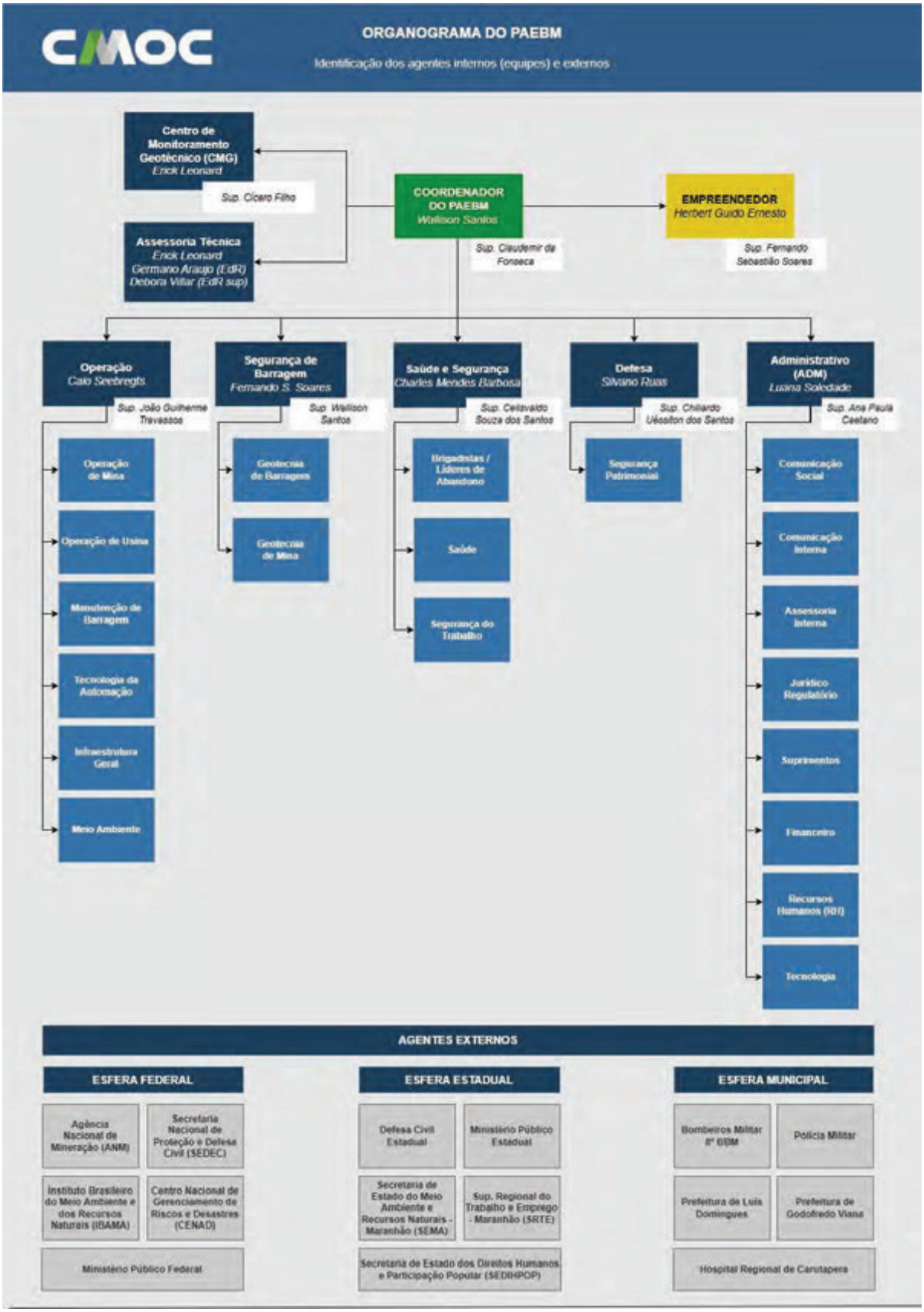
Neste item são descritas as responsabilidades gerais dos agentes internos e externos em relação ao PAEBM, em conformidade ao determinado na Resolução ANM n° 95/2022 e suas alterações.

A atuação dos agentes no PAEBM é dividida em dois níveis:

- Interno: atuação exercida por funcionários da MASA/CMOC Brasil e EdR, que possuem como responsabilidades: a detecção, avaliação e classificação da emergência, bem como a tomada de decisão, execução das ações corretivas, alerta à população da ZAS e notificação/comunicação aos agentes externos.
- Externo: atuação exercida por autoridades e órgãos públicos municipais, estaduais ou federais, que possuem como responsabilidade formal atuar durante a ocorrência de situações de emergência, por meio da ação coordenada entre as diferentes esferas.

O organograma do PAEBM, apontando os agentes internos e externos está apresentado na Figura 10 .

Figura 10 Organograma do PAEBM



Fonte: Mineração Aurizona, Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

9.1 Agentes Externos

Há situações de emergência que podem ser controladas internamente com a utilização de recursos já disponíveis no sistema ou mesmo com a mobilização de recursos externos à mesma, sejam da própria MASA ou contratados. Entretanto, no caso da eventual ocorrência de situações de emergências mais críticas, passível de originar a ruptura da barragem, haverá necessidade de ações nas áreas situadas no entorno do empreendimento e, caso a ruptura ocorra, na área situada à jusante, de modo a minimizar o impacto nas áreas afetadas. Nessas situações, as ações não serão desempenhadas apenas pela MASA, sendo necessária a atuação de diferentes órgãos e autoridades públicas no estabelecimento de contato e nas providências junto aos afetados. Parte das ações estabelecidas neste PAEBM não dependerá, portanto, apenas da MASA, sendo desempenhada e coordenada sob responsabilidade de órgãos públicos, como por exemplo o Órgão de Proteção e Defesa Civil.

Os órgãos e autoridades públicas já possuem a responsabilidade formal de atuar durante a ocorrência de situações de emergência nos municípios, através da ação coordenada entre as diferentes esferas (municipal, estadual e/ou federal). A ruptura ou a potencial ruptura de uma barragem, constitui uma situação de emergência de grande impacto, e deve ser inserida na sistemática estabelecida por estes órgãos. A MASA deverá então se submeter ao padrão praticado pelos órgãos públicos, contribuindo, permanentemente, com a atualização de informações relativas à barragem, além de realizar o acompanhamento conjunto das ações.

Preferencialmente, o Órgão de Proteção e Defesa Civil deverá se tornar a responsável pelo acionamento e coordenação da atuação dos demais órgãos públicos envolvidos no enfrentamento de uma situação de emergência envolvendo a Barragem do Vené II, a partir da comunicação da situação de emergência pela MASA. O fluxograma de notificação e descrição das ações emergenciais previstas está apresentado no item 10 - Ações esperadas e fluxogramas de notificação para cada nível de emergência.

Quanto a evacuação preventiva da população inserida na mancha de inundação (ZAS e ZSS), a realização é de responsabilidade do Órgão de Proteção e Defesa Civil e demais entidades públicas, com o apoio MASA, exceto em caso de iminência de ruptura, quando a responsabilidade passa a ser do empreendedor, junto ao Coordenador do PAEBM.

No Anexo A – Identificação e Contatos estão citados os contatos e representantes de cada órgão externo com atuação em uma situação de emergência da Barragem do Vené.

9.2 Agentes Internos

Os agentes internos com atuação no PAEBM estão listados no Anexo A – Identificação e Contatos. A seguir está a descrição das responsabilidades de cada agente, por equipe.

9.2.1 Responsabilidades da MASA como Empreendedor

Para o âmbito do PAEBM, define-se o empreendedor como sendo o agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório, ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade. Na condição de barragem inativa, o empreendedor é aquele que a tenha implantado ou que possua o direito real sobre os imóveis localizados em sua área, sendo também o responsável legal por desenvolver e aplicar ações que garantam a sua segurança.

O empreendedor também é responsável por elaborar documentos relativos à segurança da barragem, implementar as recomendações contidas nesses documentos, e atualizar o registro das barragens em sua propriedade, ou sob sua operação, junto às entidades fiscalizadoras. De acordo com o Art. 38, Seção III, da Resolução nº 95 da ANM e suas alterações, ao empreendedor cabem as seguintes atribuições:

- Providenciar a elaboração do PAEBM, incluindo o estudo do mapa de inundação;
- Designar formalmente o Coordenador do PAEBM e seu suplente;
- Acompanhar e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAEBM;
- Assegurar a divulgação e o conhecimento do PAEBM aos entes envolvidos;
- Possuir equipe de Segurança da Barragem capaz de detectar, avaliar e classificar potenciais situações de emergência, de acordo com os níveis de alerta e emergência;
- Ter pleno conhecimento do conteúdo do PAEBM, nomeadamente dos Fluxos de Notificações;
- Instalar nas comunidades inseridas na ZAS, se aplicável, sistema sonoro ou outra solução tecnológica de maior eficácia, com redundância, visando alertar a ZAS; ou 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;
- Fornecer aos Órgãos de Proteção e 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 os procedimentos a serem adotados nas situações de emergência, auxiliando na elaboração e implementação do plano de ações;
- 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;
- Verificar a situação de emergência, a partir da comunicação do Coordenador do PAEBM, e executar as ações descritas no PAEBM;
- Notificar imediatamente à ANM, à autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e ao Órgão de Proteção e Defesa Civil, qualquer alteração das condições de segurança da barragem que possa implicar em acidente ou desastre;
- Notificar a Defesa Civil Estadual, Municipal e Nacional, Prefeituras envolvidas, Órgãos Ambientais competentes e a ANM, em caso de situação de emergência;
- Acompanhar o andamento das ações realizadas frente à situação de emergência e verificar se os procedimentos necessários foram seguidos;
- 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;
- 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;
- Emitir e enviar via SIGBM a Declaração de Encerramento de Emergência (DEE), de acordo com o modelo estabelecido no sistema, em até 5 (cinco) dias após o encerramento da emergência (apresentado no Anexo B);
- Providenciar a elaboração do Relatório de Causas e Consequências (RCCA) conforme art. 43 da Resolução ANM nº95/2022, com a ciência do responsável legal da barragem, órgãos de defesa civil e prefeituras envolvidas.

9.2.2 Responsabilidades do Coordenador do PAEBM

De acordo com o Art. 39 da Resolução ANM n° 95/2022, o Coordenador do PAEBM é definido como o agente, designado pelo empreendedor da barragem, responsável por coordenar as ações descritas no PAEBM, devendo estar prontamente disponível para em situações de emergência. O coordenador do PAEBM é o profissional com autonomia e autoridade para mobilização de equipamentos, materiais e mão de obra a serem utilizados nas ações corretivas e/ou emergenciais, treinado e capacitado para o desempenho da função.

O Coordenador do PAEBM deve ser capaz de motivar e assegurar a colaboração de todos os envolvidos no Plano. Em sua ausência, um suplente previamente nomeado irá possuir todas as suas responsabilidades e terá autonomia para realizar as ações necessárias, incluindo a declaração de emergência. As principais atribuições do Coordenador são:

- Ter pleno conhecimento do conteúdo do PAEBM, nomeadamente das Fichas de Emergência e dos Fluxos de Notificações;
- Orientar e acompanhar o desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAEBM;
- Assegurar a divulgação e o conhecimento do PAEBM aos entes envolvidos (internos e externos), assim como a atualização do documento, sempre que necessário;
- Manter contato em nível institucional e disponibilizar informações de ordem técnica para o Órgão de Proteção e Defesa Civil, prefeituras e demais instituições públicas;
- Apoiar e participar das ações de operacionalização do PAEBM, incluindo simulados de situações de emergência em conjunto com prefeituras, Órgãos de Proteção e Defesa Civil, equipe de segurança da barragem, demais funcionários do empreendimento e a população compreendida na ZAS;
- Acompanhar o monitoramento contínuo das condições de segurança da barragem;
- Participar da investigação e análise quando a ocorrência de uma anomalia;
- Avaliar e classificar a anomalia detectada, em conjunto com a equipe de Segurança de Barragens e Assessoria Técnica, avaliando a gravidade da situação identificada e necessidade de acionamento dos Níveis de Emergência.
- Executar as ações descritas no PAEBM após a classificação quanto aos Níveis de Emergência, incluindo as notificações previstas;
- Comunicar ao Empreendedor, por meio da Declaração de Início de Situação de Emergência (Anexo B – Formulários e Protocolos), a ocorrência e sua classificação quanto ao Nível de Emergência;
- Oficializar a emergência em âmbito interno e externo, informando o início da situação de emergência à ANM;
- Acionar o Comitê de Crises em caso de situação de emergência e liderar as ações emergenciais;
- Manter interlocução com autoridades, Órgãos de Proteção e Defesa Civil e órgãos reguladores, diante de uma situação de emergência;
- Acompanhar o andamento das ações realizadas frente à situação de emergência e verificar se os procedimentos necessários foram seguidos, intervindo quando necessário, nas medidas tomadas para controle e eliminação/mitigação da emergência;
- Manter contato com o Comitê de Crises informando e sendo informado sobre a evolução da ocorrência;

- Garantir a disponibilidade dos recursos necessários ao atendimento da situação de emergência;
- Orientar a realização do alerta à população potencialmente afetada na ZAS, diante da situação de emergência;
- Autorizar a interdição e bloqueio das vias interna do empreendimento;
- Deflagrar evacuação interna (funcionários da MASA e terceiros), quando necessário, além de realizar o apoio ao Órgão de Proteção e Defesa Civil para evacuação em área externa;
- Autorizar o acionamento do Sistema de Alerta secundário, caso se declare Nível de Emergência 2;
- Autorizar o acionamento do Sistema de Alerta primário (sirenes), caso se declare Nível de Emergência 3;
- Garantir o registro e documentação de todas as ações desenvolvidas, conforme as exigências legais e regulatórias;
- Coordenar o encerramento da situação de emergência e o preenchimento do Formulário de Declaração de Encerramento da Emergência (Anexo B – Formulários e Protocolos), quando esta for concluída;
- Programar as reuniões de avaliação após os eventos de emergência.

9.2.3 Responsabilidades da Assessoria Técnica

A assessoria técnica é composta por uma equipe interna e externa (consultoria contratada). As principais atribuições da Assessoria Técnica são:

- Amparar o Coordenador do PAEBM e a equipe de Segurança de Barragem em nível técnico;
- Auxiliar nas discussões técnicas para classificação da emergência e resolução de problemas na estrutura;
- Apoiar o empreendedor para que as ações necessárias relacionadas à estrutura sejam tomadas.

9.2.4 Responsabilidades da Equipe do Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)

A equipe do CMG é composta por uma equipe de quatro analistas em regime de turno e um analista em regime administrativo. Suas principais responsabilidades são:

- Realizar o videomonitoramento 24h por dia, sete dias por semana;
- Armazenar as gravações pelo prazo de mínimo de noventa dias;
- Identificar atividades atípicas no site por meio de avaliação remota, mediante monitoramento 24h, colaborando com a manutenção da integridade da estrutura levando em consideração a possibilidade de ocorrência de ações com o intuito de comprometê-la ou danificá-la;
- Reportar ao geotécnico operacional, para avaliação e tomada de decisões, eventuais desvios da instrumentação e/ou desvios identificados através de videomonitoramento que gerem incertezas quanto à segurança da estrutura;

- Uma vez acionada uma situação de emergência, integrar a equipe técnica envolvida na execução das ações do plano e manter o Coordenador atualizado de todas as ações executadas pelo CMG;
- Acionar o Sistema de Alerta primário (sirenes), mediante solicitação do Coordenador do PAEBM, ou em caso de ruptura iminente observada pelo sistema de videomonitoramento;
- No cenário de eventual ruptura, acompanhar o deslocamento do material via videomonitoramento e manter monitoramento do material remanescente de forma intensificada;
- Fornecer informações das ações realizadas durante a emergência para subsidiar a elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência;
- Realizar rotina de testes periódicos no sistema de alerta.

9.2.5 Responsabilidades da Equipe de Operação

A equipe de Operação é composta pelos setores: Operação de Mina, Operação de Usina, Manutenção de Barragem, Tecnologia de Automação (TA), Infraestrutura Geral e Meio Ambiente. Têm como principais responsabilidades:

Operação de Mina:

- Garantir que todos os recursos de equipamentos, materiais e mão de obra na área operacional do empreendimento estejam à disposição do Coordenador do PAEBM para atuar na emergência.

Operação de Usina:

- Comandar a execução das ações corretivas definidas pela equipe técnica de geotecnia em campo e/ou apoiar a empresa especializada contratada para a execução dos serviços.
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

Manutenção de Barragem:

- Executar os serviços de manutenção corretiva definidos pela equipe técnica de geotecnia e/ou consultoria técnica especializada.

Tecnologia de Automação (TA)

- Garantir o funcionamento dos sistemas automatizados vinculados ao PAEBM;
- Prestar suporte ao sistema de acionamento das sirenes;
- Executar manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de automação;
- Apoiar testes, inspeções e simulados de emergência.

Infraestrutura geral:

- Manter atualizada a lista de fornecedores locais para a obtenção de suprimentos, materiais de construção e equipamentos para atuação na emergência;
- Garantir que todos os recursos de equipamentos, materiais e mão de obra na área operacional do empreendimento estejam à disposição do Coordenador do PAEBM para atuar na emergência.
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

Meio Ambiente

- Identificar os riscos ao meio ambiente e avaliar os impactos decorrentes da emergência, repassando as informações ao Coordenador do PAEBM;
- Atuar no monitoramento ambiental das áreas afetadas;
- Realizar a triagem e o resgate dos animais, acomodação temporária e alimentação, em caso de evacuação de emergência, concomitante com a evacuação da população potencialmente afetada na ZAS (quando houver);
- Acompanhar e prestar as informações necessárias aos representantes dos Órgãos Ambientais;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

9.2.6 Responsabilidades da Equipe de Segurança de Barragem

A equipe de Segurança de Barragem é composta pela Geotecnia de Barragem e Geotecnia de Mina. Suas principais responsabilidades são:

Geotecnia de Barragem:

- Conhecer detalhadamente o PAEBM;
- Analisar o videomonitoramento das barragens em conjunto com o CMG;
- Participar, por meio de seu representante, das reuniões periódicas com o Coordenador do PAEBM;
- Definir e orientar os serviços de manutenção preventiva necessários;
- Providenciar a contratação de equipe externa para a elaboração dos relatórios de inspeção ou auditoria sobre a segurança da barragem;
- Realizar a inspeção periódica da barragem e a análise das leituras dos instrumentos de monitoramento;
- Realizar a verificação de anomalias no local;
- Avaliar e classificar uma situação de emergência junto ao Coordenador do PAEBM;
- Notificar à ANM via SIGBM, a alteração do nível de emergência;
- Propor ações para mitigação das falhas identificadas e/ou minimização de possíveis danos;

- Uma vez acionada em função da ocorrência de uma situação de emergência, a equipe deverá manter contato com o Coordenador do PAEBM e registrar as ações realizadas;
- Acionar o sistema de alerta primário (sirenes) via botoeira, mediante solicitação do Coordenador do PAEBM;
- Contactar barqueiro para acionamento do Sistema de Alerta secundário (sirene móvel do barco), mediante solicitação do Coordenador do PAEBM.

Geotecnia de Mina:

- Executar atividades de maneira a garantir a segurança e a manutenção da estrutura;
- Participar, por meio de seu representante, das reuniões periódicas com o Coordenador do PAEBM;
- Definir e orientar os serviços de manutenção preventiva necessários;
- Informar imediatamente ao Grupo de Monitoramento e Inspeção da Barragem caso ocorra alguma anomalia, viabilizando a tomada de decisões;
- Realizar a verificação de anomalias no local;
- Na ocasião de eminência de uma potencial situação de emergência, comunicar a situação ao Coordenador do PAEBM;
- Propor ações para mitigação das falhas identificadas e/ou minimização de possíveis danos;
- Uma vez acionada em função da ocorrência de uma situação de emergência, a equipe deverá manter contato com o Coordenador do PAEBM e registrar as ações realizadas.

9.2.7 Responsabilidades da Equipe de Saúde e Segurança

A equipe de Saúde e Segurança é composta pelas equipes de Brigada/Líderes de Abandono, Saúde, Segurança do Trabalho. Suas principais responsabilidades são:

Brigadistas/Líderes de Abandono:

- Deslocar-se imediatamente para o local da emergência, atuando nos Pontos de Encontro;
- Auxiliar no isolamento e sinalização da área da emergência;
- Realizar o acolhimento das pessoas evacuadas e direcioná-las para o ponto de acolhimento e atendimento médico, caso necessário.

Saúde:

- Dar apoio imediato aos colaboradores e à comunidade em caso de urgência médica;
- Realizar todo o procedimento de triagem, analisando a gravidade dos enfermos e encaminhando-os aos pontos estratégicos para pronto atendimento, caso necessário.

Segurança do Trabalho:

- Articular-se com as equipes internas e com o Coordenador do PAEBM para auxiliar nas medidas de combate, controle e extinção da emergência;
- Apoiar tecnicamente o Coordenador do PAEBM na avaliação dos riscos gerados pela emergência aos trabalhadores;
- Acompanhar a perícia policial e os registros legais em caso de acidentes com vítimas, caso necessário;
- Garantir a segurança dos equipamentos e materiais transportados para o atendimento à emergência, durante e após a ocorrência.

9.2.8 Responsabilidades da Equipe de Defesa

A equipe de Defesa é composta pela Segurança Patrimonial, responsável também pela empresa de segurança terceirizada que atua junto à MASA. Suas principais responsabilidades são:

- Uma vez acionada a emergência, integrar a equipe técnica envolvida na execução das ações do plano, e manter o Coordenador atualizado de todas as ações executadas;
- Efetuar a sinalização e o isolamento das áreas internas de risco;
- Organizar o trânsito interno, controlando a entrada, movimentação e bloqueio de pessoas e veículos, mediante delegação do Coordenador do PAEBM;
- Realizar o bloqueio das vias externas até a chegada da polícia ao local, mediante solicitação do Coordenador do PAEBM;
- Manter contato com as entidades de segurança pública para o atendimento à emergência, mediante acordo prévio estabelecido;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

9.2.9 Responsabilidades da Equipe do Administrativo (ADM)

A equipe ADM é composta pelos grupos de Comunicação Social, Comunicação Interna, Assessoria Interna, Jurídico, Suprimentos, Financeiro, Recursos Humanos e Tecnologia da Informação (TI). Suas principais responsabilidades são:

Comunicação Social, Comunicação Interna e Assessoria Interna

- Uma vez acionada em função da ocorrência de uma emergência, a equipe deverá manter contato com o Coordenador do PAEBM;
- Assessorar a empresa (em toda a sua extensão) nos aspectos de comunicação institucional e comunicação com a comunidade;
- Atender as demandas da imprensa;

- Promover e/ou conceder aos órgãos de comunicação, conforme a ocorrência, entrevistas relativas às emergências ocorridas;
- Assessorar o Empreendedor, bem como o Coordenador do PAEBM, na oficialização da ocorrência nos âmbitos de comunicação institucional e externa;
- Assegurar que a comunicação com os participantes externos do PAEBM seja realizada somente pelo porta-voz oficial da MASA, o qual deverá receber treinamento específico;
- Auxiliar o Coordenador do PAEBM na oficialização da emergência no âmbito da empresa e dos órgãos externos, incluindo os órgãos públicos que atuarão durante a mitigação da emergência e os órgãos reguladores e fiscalizadores do setor de mineração.

Jurídico

- Assessorar o Empreendedor bem como o Coordenador do PAEBM nos assuntos jurídicos relativos às emergências, e quanto aos aspectos legais e de vulnerabilidade da MASA;
- Assessorar as gerências no relacionamento com representantes da comunidade e partes envolvidas;
- Centralizar e responder notificações e informes externos e de cunho jurídico;
- Reportar-se perante as autoridades judiciais;
- Colaborar na elaboração de documentos a serem encaminhados aos órgãos reguladores e fiscalizadores do setor de mineração;
- Após a anomalia detectada ser classificada como extinta ou controlada, contribuir na elaboração do Relatório de Encerramento de Evento de Emergência.

Suprimentos e Financeiro

- Uma vez acionada em função da ocorrência de uma emergência, a equipe deverá manter contato com o Coordenador do PAEBM;
- Assessorar em âmbito financeiro e disposição de suprimentos para contenção de anomalias, em situações de emergência, assim como recursos para instalação de Posto de Comando e pontos de acolhimento;
- Disponibilizar transporte para os funcionários MASA, e/ou outras pessoas que estiverem no local, quando necessário, em horários e condições não habituais para o deslocamento e saída do *site*;
- Fornecer recursos logísticos relativos a pessoal, veículos, equipamentos e materiais de construção para atendimento imediato da emergência mediante solicitação do Coordenador do PAEBM;
- Em caso de necessidade de evacuação, executar a distribuição e o controle dos suprimentos necessários para a população potencialmente afetada (quando houver), até o início das atividades de reparação;

- Disponibilizar transporte para a população afetada (quando houver) e encaminhar para os pontos de acolhimento;
- Manter contato com clínicas/hospitais locais e regionais para permanecerem em regime de prontidão devido à possibilidade de receberem acidentados, mediante acordo prévio estabelecido.

Recursos Humanos

- Apoiar a Comunicação Interna no contato e repasse de informações com os colaboradores MASA e terceiros;
- Dar apoio nas ações de auxílio psicológico aos funcionários e seus familiares, cuidar de assuntos relativos ao seguro de vida, serviços funerários (caso haja vítimas fatais), garantir que o plano de saúde atenda a toda a demanda necessária e tudo o mais relativo à administração de seus funcionários;
- Manter a equipe jurídica preparada para atender às demandas ligadas aos cenários de emergência, conforme definido nos procedimentos técnicos estabelecidos.

Tecnologia da Informação (TI)

- Garantir a infraestrutura de rede, comunicação e sistemas necessários ao PAEBM;
- Prestar suporte aos sistemas de videomonitoramento e plataformas associadas;
- Assegurar a disponibilidade, segurança e integridade das informações;
- Apoiar tecnicamente os sistemas utilizados durante emergências e simulados.

10. AÇÕES ESPERADAS E FLUXOGRAMAS DE NOTIFICAÇÃO PARA CADA NÍVEL DE EMERGÊNCIA

Em caso de situação de emergência com a barragem, a depender do nível de emergência vigente, deverão ser realizadas ações a fim de minimizar os possíveis danos e agilizar as ações de resposta nas regiões potencialmente atingidas e caracterizadas anteriormente. Algumas anomalias que resultem em situações classificadas como Nível de Alerta, Nível de Emergência 1 (NE-1) ou Nível de Emergência 2 (NE-2) indicadas, se não mitigadas no tempo adequado, poderão evoluir para condições mais desfavoráveis, devendo-se, nesse caso, evoluir também para ações de mitigação correspondentes às situações do Nível de Emergência 3 (NE-3).

A seguir estão descritas as ações esperadas conforme os diferentes Níveis de Alerta e Emergência. Os grupos de atuação direta em cada situação e suas responsabilidades estão descritas no item 9 – Responsabilidades do PAEBM, deste documento. Além das ações operacionais, o fluxo de notificação a ser realizado em cada nível também é definido.

Os fluxogramas de notificação têm a função de direcionar a comunicação durante uma situação de emergência, visando mobilizar as equipes envolvidas para tratamento da anomalia encontrada, informar os órgãos governamentais para que as medidas cabíveis sejam tomadas e alertar a população da Zona de Autossalvamento, quando necessário. São organizados em forma de diagrama e mostram as responsabilidades de comunicação de cada um dos agentes nomeados. Os Fluxogramas de Notificação são apresentados no Anexo D e os contatos de todos os envolvidos são apresentados no Anexo A.

Ressalta-se que, antes da ocorrência de uma situação de emergência, devem ser entregues cópias físicas do PAEBM para as autoridades públicas envolvidas, compreendendo pelo menos as Prefeituras, Defesas Civis Municipais e Estaduais afetadas. Quando solicitada, a MASA deverá fornecer às autoridades públicas informações adicionais que esclareçam o conteúdo do PAEBM, conforme expresso na Resolução ANM n° 95/2022 e alterações.

10.1 Nível de Alerta

O nível de alerta corresponde a situações que impõem um estado de alerta na Barragem do Vené. Este nível se caracteriza quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometam a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo, para evitar que a situação evolua para o nível de emergência. Sendo assim, deverão ser implementadas ações de planejamento e medidas preventivas.

Detecção do Risco e Avaliação da Anomalia

A inspeção periódica da barragem e o acompanhamento do monitoramento serão essenciais para que se possa detectar qualquer irregularidade no seu funcionamento, com antecedência suficiente para que sejam tomadas providências. Caso seja verificada qualquer uma das situações descritas na Resolução ANM nº 95/2022 e alterações, a equipe de Segurança de Barragem deverá avaliá-la e classificá-la, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM.

Definição e Implantação das Medidas Corretivas

As equipes de Segurança de Barragem, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM deverão avaliar o problema e definir as ações e medidas corretivas. Essas deverão ser planejadas de comum acordo com a Operação, que realizará as atividades de correção. Até que o problema seja sanado, a Geotecnia de Barragem deverá prosseguir com as inspeções e monitoramento do maciço.

Retorno às Atividades Normais

Após a implantação das medidas corretivas e constatada a efetividade das obras, com as leituras da instrumentação das estruturas indicando normalidade e a situação controlada, as atividades de monitoramento e inspeção deverão ser realizadas, conforme rotina já estabelecida. Caso a anomalia não seja extinta, as equipes de Segurança de Barragem, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM deverão avaliar a evolução da situação para uma situação de emergência, assim como o nível correspondente.

10.2 Nível de Emergência 1 (NE-1)

O Nível de Emergência 1 é caracterizado quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometam a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo. Dessa forma, deverão ser implementadas ações de planejamento, medidas preventivas e corretivas.

O Fluxograma de Notificação de Nível 1, apresentado no Anexo D, deverá ser iniciado assim que a equipe de geotecnia de barragem ou CMG identificar a anomalia.

Detecção do Risco e Avaliação da Anomalia

A inspeção periódica da barragem e o acompanhamento do monitoramento serão essenciais para que se possa detectar qualquer irregularidade no seu funcionamento, com antecedência suficiente para que sejam tomadas providências. Caso seja verificada qualquer uma das situações descritas na Resolução ANM nº 95/2022 e alterações, a equipe de Segurança de Barragem deverá avaliá-la e classificá-la, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM. Após classificação do nível de emergência como NE-1, todas as ações necessárias deverão ser executadas seguindo o Fluxograma de Notificação.

Primeiras Providências

O Coordenador do PAEBM deverá declarar Situação de Emergência e informar o empreendedor, que será responsável por acompanhar as tomadas de decisão junto à diretoria. Adicionalmente, o Coordenador do PAEBM deve avisar os responsáveis e acionar o Comitê de Crise para o NE-1, formado pelas equipes de Operação, Segurança de Barragem e ADM.

De acordo com o Art. 41, § 3º da Resolução ANM nº 95/2022 e alterações, quando a barragem for classificada em nível de emergência, o empreendedor deverá interromper imediatamente 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, sob pena de embargo ou suspensão de atividade da barragem de mineração.

Caso sejam detectados problemas solucionáveis através de intervenção preventiva/corretiva, o Coordenador do PAEBM deverá acionar o Comitê de Crise para que as providências necessárias sejam tomadas.

Imediatamente, a equipe de Segurança de Barragem deve reportar à ANM sobre a situação e iniciar Inspeção de Segurança Especial (ISE) diária, com envios de informações para a ANM, de acordo com a periodicidade por ela estabelecida.

Após a abertura da ISE, deve-se:

I. Preencher diariamente as Fichas de Inspeção Especial, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade, até que a anomalia detectada na ISE tenha sido classificada como extinta ou controlada;

II. Preencher diariamente o Extrato da Inspeção Especial da barragem, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade, até que a anomalia detectada na ISE tenha sido classificada como extinta ou controlada; e

III. Avaliar as condições de segurança e elaborar Relatório Conclusivo de Inspeção Especial da barragem, exclusivamente por meio de equipe externa multidisciplinar de especialistas contratada para esta finalidade, quando a anomalia detectada na ISR da barragem for classificada como extinta ou controlada.

Definição e Implantação das Medidas Corretivas

As equipes de Segurança de Barragem, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM deverão avaliar o problema e definir as ações e medidas corretivas. Essas deverão ser planejadas de comum acordo com a Operação, que realizará as atividades de correção. Até que o problema seja sanado, a Geotecnia de Barragem deverá prosseguir com as inspeções e monitoramento do maciço. Recomenda-se que, durante os trabalhos, o acesso as áreas consideradas de risco sejam controladas.

Retorno às Atividades Normais

Após a implantação das medidas corretivas e constatada a efetividade das obras, com as leituras da instrumentação das estruturas indicando normalidade e a situação de emergência controlada, o Coordenador do PAEBM deverá notificar o encerramento da emergência.

Deverá ser elaborado o Relatório Conclusivo de Inspeção Especial (RCIE), descrevendo o fato ocorrido e suas prováveis causas. e posteriormente apresentar os desenhos das obras conforme executadas. Tal relatório é integrante da ISE.

Deverá ser emitida pela MASA a Declaração de Encerramento da Emergência, apresentada no Anexo B – Formulários e Protocolos. Essa declaração é emitida para as autoridades públicas competentes, estabelecendo o fim da situação de emergência.

Caso a anomalia não seja extinta, as equipes de Segurança de Barragem, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM deverão avaliar a evolução da situação para nível de emergência 2 (NE-2).

10.3 Nível de Emergência 2 (NE-2)

O Nível de Emergência 2 (NE-2) é caracterizado quando o resultado das ações adotadas na anomalia de Nível 1 for classificado como "não controlado", necessitando de uma nova ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la. Porém, a situação ainda é passível de mitigação e pode ser controlada pelo empreendedor. O Fluxograma de Notificação de Nível 2, apresentado no Anexo D, deverá ser iniciado assim que a situação for declarada.

No NE-2, as principais ações a desencadear pelo Coordenador do PAEBM são semelhantes às ações tomadas no nível anterior, ou seja, monitorar a situação (registrando todas as ocorrências e procedimentos), implementar medidas de mitigação e notificar recursos humanos internos e entidades externas intervenientes na gestão da emergência. Porém, neste nível o Coordenador do PAEBM deverá se articular com a Defesa Civil e demais órgãos públicos, com o objetivo de realizar a evacuação preventiva das pessoas na ZAS, conforme determinado na Resolução ANM nº 95/2022 e alterações.

Detecção do Risco e Avaliação da Anomalia

No caso de a inspeção de rotina constatar qualquer irregularidade no funcionamento da barragem que indique situação adversa evoluindo rapidamente, de forma que a estrutura da barragem seja afetada de maneira significativa, ou quando o resultado das ações adotadas na anomalia referida no Nível 1 for classificado como "não controlado", a equipe de Segurança de Barragem deverá informar ao Coordenador do PAEBM e Assessoria Técnica, para tomar as providências necessárias.

Primeiras Providências

O Coordenador do PAEBM deverá tomar as primeiras providências, sendo elas:

- Caso ainda não tenha sido feita, deverá declarar Situação de Emergência, informar o Empreendedor e seguir com as notificações e ações determinadas no fluxograma;
- Acionar o Comitê de Crise, formado pela Defesa, Saúde e Segurança, Operação, Segurança de Barragem e ADM, que direcionarão suas respectivas equipes para as ações necessárias;
- Se articular com a Defesa Civil para evacuação preventiva da população potencialmente afetada na ZAS, e informar à ANM sobre a situação de emergência.

De acordo com o Art. 41, § 3º da Resolução ANM nº 95/2022, quando a barragem for classificada em nível de emergência, o empreendedor deverá interromper imediatamente 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, sob pena de embargo ou suspensão de atividade da barragem de mineração.

Imediatamente, a equipe de Segurança de Barragem deve reportar à ANM sobre a situação e iniciar Inspeção de Segurança Especial (ISE) diária, com envios de informações para a ANM, de acordo com a periodicidade por ela estabelecida, caso não tenha sido feito para o nível anterior, ou continuar com a ISE aberta, para que essa anomalia também seja acompanhada pelo órgão fiscalizador.

Após a abertura da ISE e dando continuidade aos trabalhos (se ainda não iniciaram), deve-se:

I. Preencher diariamente as Fichas de Inspeção Especial, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade, até que a anomalia detectada na ISE tenha sido classificada como extinta ou controlada;

II. Preencher diariamente o Extrato da Inspeção Especial da barragem, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade, até que a anomalia detectada na ISE tenha sido classificada como extinta ou controlada; e

III. Avaliar as condições de segurança e elaborar Relatório Conclusivo de Inspeção Especial da barragem, exclusivamente por meio de equipe externa multidisciplinar de especialistas contratada para esta finalidade, quando a anomalia detectada na ISR da barragem for classificada como extinta ou controlada.

Definição e Implantação das Medidas Corretivas

As equipes de Segurança de Barragem, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM deverão verificar se há tempo suficiente para implementar medidas corretivas. Caso positivo, essas equipes deverão planejar as medidas corretivas em conjunto com a Operação, que irá executá-las. Caso não haja tempo suficiente, o nível de emergência deverá evoluir para nível 3.

Durante os trabalhos, as áreas consideradas de risco deverão ser isoladas, com o acesso restrito aos colaboradores essenciais. A equipe de Defesa deverá acionar a equipe de Segurança Patrimonial, para controlar as vias de acesso do *site*. Até que a anomalia seja sanada, a Geotecnia de Barragem deverá prosseguir com as inspeções e monitoramento do maciço, desde que não haja risco à integridade dos colaboradores.

Durante a evacuação preventiva, a equipe de Saúde e Segurança deverá acionar os Brigadistas para direcionar tanto os colaboradores quanto as demais pessoas presentes na ZAS, dos Pontos de Encontro até os Pontos de Acolhimento, e a equipe de Saúde, para dar o suporte necessário no Ponto de Acolhimento.

Retorno às Atividades Normais

Após a implantação das medidas corretivas e constatada a efetividade das obras, com as leituras da instrumentação das estruturas indicando normalidade e a situação de emergência controlada, o Coordenador do PAEBM deverá notificar o encerramento da emergência e acionar os agentes nomeados no fluxo para prosseguir com as tratativas necessárias para o encerramento da emergência. Neste momento, deverá ser suspenso o isolamento da área afetada.

Deverá ser elaborado o Relatório Conclusivo de Inspeção Especial (RCIE), descrevendo o fato ocorrido e suas prováveis causas e posteriormente apresentar os desenhos das obras conforme executadas. Tal relatório é integrante da ISE.

Deverá ser emitida pela MASA a Declaração de Encerramento da Emergência, apresentada no Anexo B – Formulários e Protocolos. Essa declaração é emitida para as autoridades públicas competentes, estabelecendo o fim da situação de emergência.

Caso as medidas aplicadas não sejam efetivas e a anomalia não seja controlada, as equipes de Segurança de Barragem, juntamente com a Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM deverão avaliar a evolução da situação para o nível de emergência 3 (NE-3).

10.4 Nível de Emergência 3 (NE-3)

No nível de emergência 3 (NE-3), a ruptura já é visível ou constituiu uma realidade a curto prazo. A principal ação do Coordenador do PAEBM neste nível é a declaração da situação e o acionamento do sistema de notificação e alerta, objetivando a evacuação imediata das pessoas presentes na ZAS. O Fluxograma de Notificação de Nível 3, apresentado no Anexo D, deverá ser iniciado assim que a situação for declarada.

Detecção do Risco e Avaliação da Anomalia

No caso de a inspeção de rotina constatar qualquer irregularidade no funcionamento da barragem fora de controle que indique risco iminente de ruptura ou caso a ruptura esteja ocorrendo, a Geotecnia de Barragem e/ou CMG deverão avaliar a gravidade da situação juntamente com a equipe de Segurança de Barragem, Assessoria Técnica e o Coordenador do PAEBM.

Primeiras Providências

O Coordenador do PAEBM deverá declarar situação de emergência na barragem, acionando o Comitê de Crise, sendo também o responsável por determinar o acionamento do sistema de notificação e alerta de forma rápida e eficaz, objetivando a evacuação imediata das pessoas na área da ZAS.

A equipe de ADM deverá acionar o setor de Comunicação para que, com o auxílio do Jurídico Regulatório possa acionar IMEDIATAMENTE a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros, a Polícia Militar e notificar todos os órgãos e entidades apresentados no fluxograma e no Anexo A – Identificação e Contatos. Essa comunicação deverá ser feita na forma mais rápida possível, sendo priorizada por ligação telefônica ou o envio de um mensageiro, caso não seja possível por outro meio. Deverá ser enviado também o formulário de notificação de emergência (Anexo B – Formulários e Protocolos), para formalizar a notificação do estado de emergência.

O Coordenador do PAEBM deverá acionar a equipe de Saúde e Segurança, para que os Brigadistas recepcionem os evacuados nos Pontos de Encontro, se ainda houver algum remanescente que não tenha realizado a evacuação preventiva no NE-2, direcionando-os aos Pontos de Acolhimento. As pessoas presentes nos Pontos de Encontro deverão ser direcionadas aos Pontos de Acolhimento, para receber o apoio necessário.

Deverá ser avaliada a extensão provável do acidente para jusante da barragem, de acordo com os estudos de Ruptura Hipotética (*Dam Break*), como apresentado nas sínteses descritas no item 7 - Síntese dos Estudos de Ruptura Hipotética das Barragens e Mapas de Inundação. Deverão ainda delimitar a área envolvida, providenciando o seu isolamento, assim como os dos acessos afetados.

Caso na situação de Nível de Emergência 3 a ruptura ainda não esteja ocorrendo, o empreendedor deve reportar à ANM sobre a situação e iniciar a Inspeção de Segurança Especial (ISE) no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM), caso essa ação não tenha sido realizada para um nível anterior, com envios para a ANM de acordo com a periodicidade por ela estabelecida. Deve-se considerar neste caso, a possibilidade de reverter o risco de ruptura iminente sempre que possível, porém sem colocar nenhum colaborador em risco.

Após a abertura da ISE e dando continuidade aos trabalhos (se ainda não iniciaram), caso a ruptura não ocorra, deve-se:

I. Preencher diariamente as Fichas de Inspeção Especial, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade, até que a anomalia detectada na ISE tenha sido classificada como extinta ou controlada;

II. Preencher diariamente o Extrato da Inspeção Especial da barragem, por meio de equipe composta de profissionais integrantes de seu quadro de pessoal ou por intermédio de equipe externa contratada para esta finalidade, até que a anomalia detectada na ISE tenha sido classificada como extinta ou controlada; e

III. Avaliar as condições de segurança e elaborar Relatório Conclusivo de Inspeção Especial da barragem, exclusivamente por meio de equipe externa multidisciplinar de especialistas contratada para esta finalidade, quando a anomalia detectada na ISR da barragem for classificada como extinta ou controlada.

Avaliação Técnica

Enquanto são tomadas as providências acima descritas, deverá ser feita uma análise da situação pelas equipes de Segurança de Barragem, Assessoria Técnica e Coordenador do PAEBM, para avaliar a causa do problema e a possibilidade de evitar o acidente.

Se, apesar de iminente, o acidente puder ser evitado, sem que as obras necessárias apresentem riscos para os trabalhadores, deverão ser tomadas todas as providências aplicáveis pela equipe de Operação, seguindo as orientações da Segurança de Barragem e Assessoria Técnica. Durante os trabalhos, as áreas envolvidas deverão permanecer isoladas.

Caso não seja possível evitar o acidente, deverá ser iniciado o planejamento para redução dos danos. Depois de verificado o acidente, deverá ser feita a avaliação da situação e iniciados os procedimentos para recomposição da barragem e dos trechos afetados.

Atividades Decorrentes

Se for possível a execução das obras e constatado o correto funcionamento da barragem, com os instrumentos de medição indicando a normalidade de leituras, deverá ser decretado o encerramento do nível de emergência 3. Uma vez terminada a situação de emergência, o Coordenador deverá emitir a Declaração de Encerramento da Emergência, apresentado no Anexo B – Formulários e Protocolos.

Caso ocorra o rompimento da barragem, o empreendedor fica obrigado a apresentar à ANM, Relatório de Causas e Consequências do Acidente, que deve ser anexado ao Volume V do PSB. O conteúdo mínimo pode ser consultado no Anexo B – Formulários e Protocolos. Este documento é de responsabilidade do empreendedor que deverá ser elaborado exclusivamente por equipe multidisciplinar de consultoria externa 6 (seis) meses após a ocorrência do acidente. Caberá à MASA, providenciar o desenvolvimento de ações visando a reconstrução e o restabelecimento dos ambientes em condições semelhantes às que antecediam à ocorrência do evento de ruptura da barragem, tanto do ponto de vista de segurança como socioambiental.

11. PLANO DE COMUNICAÇÃO

Conforme citado anteriormente, caso a barragem entre em nível de emergência, os órgãos públicos, comunidade, colaboradores MASA e terceiros deverão ser comunicados. Esta comunicação deverá ser feita de forma assertiva e clara, evitando a disseminação de informações incorretas, reforçando a transparência da empresa tanto com os órgãos públicos, quanto com a comunidade em geral.

A MASA utiliza de diversos meios disponíveis para a comunicação interna e externa, sendo através de e-mails, grupos de mensagens via *whatsapp*, anúncios em carros de som, postagem em blog local e reuniões com grupos focais na comunidade (escolas, comissão da comunidade e líderes de projetos sociais). No *whatsapp* existem grupos com as comunidades de Aurizona, Barão de Pirucaua, São José e uma lista de transmissão com as lideranças comunitárias, incluindo a comunidade de Negra Velha e poder público dos municípios de Godofredo Viana/MA e Luís Domingues/MA, onde são divulgados os informativos da MASA. Estes informativos também são divulgados no “Blog do Neto Weba” que é o veículo de informações mais acessado na região. Para a notificação dos órgãos públicos, deverão ser utilizados os contatos listados no Anexo A – Identificação e Contatos, para acionamento imediato via telefone e notificações formais via e-mail.

As principais lideranças locais, sejam elas formais ou não formais, bem como as instituições próximas mais representativas, também serão informadas imediatamente sobre a situação de emergência. Os contatos das lideranças e instituições citadas são apresentados no Anexo A – Identificação e Contatos. Para isso, os anúncios em carros de som e nas rádios locais, também apresentados no Anexo A, podem contribuir positivamente para disseminar as informações corretas sobre a situação de emergência para a comunidade, alertando e orientando para que as pessoas não acessem as áreas de risco.

A MASA possui modelos de comunicados padrão, a depender da situação de emergência ou qualquer atividade que venha a ser realizada no empreendimento que possa interferir nas atividades cotidianas da comunidade ou gerar informações incorretas a respeito da empresa. Os comunicados externos e internos são enviados para a comunidade e colaboradores MASA nos casos de elevação de nível de emergência, rompimento de barragem, testes de sirene, informes diários sobre a situação, assim como convites para seminários e simulados práticos. Além dos comunicados externos e internos, devem ser preenchidos e assinados os formulários em caso de início, encerramento e notificação de emergência para os órgãos públicos listados neste documento. Os modelos dos referidos comunicados e formulários estão apresentados no Anexo B - Formulários e Protocolos.

Caso haja o rompimento da barragem, as informações sobre o ocorrido e que possam vir a ser solicitadas por órgãos públicos, imprensa e comunidade devem ser fornecidas de forma clara e objetiva pela equipe de Comunicação Social com o auxílio da equipe Jurídico Regulatório, enfatizando-se os procedimentos adotados para segurança das pessoas, do meio ambiente e para recuperação das áreas afetadas. Informações sobre as causas do acidente devem ser fornecidas de forma cuidadosa, após aprovação do Coordenador do PAEBM.

12. PLANO DE EVACUAÇÃO

O plano de evacuação possui a finalidade de promover a evacuação mais rápida possível de todas as pessoas presentes nas áreas potencialmente afetadas, em caso de ruptura da barragem. Este plano é baseado em um cenário de pior dano, incluindo os seguintes pontos:

- Definição de um sistema de alerta e notificação para as pessoas presentes na ZAS;
- Definição das rotas de fuga, pontos de encontro e pontos de acolhimento, para orientação, controle e identificação das pessoas evacuadas;
- Identificação das vias de acesso (principais e alternativas) e definição dos pontos de bloqueio para impedimento do acesso à ZAS;
- Identificação e sinalização das zonas críticas, onde possam ocorrer dificuldades de identificação da via de evacuação ou necessidade de apoio, visando orientar as pessoas a ultrapassarem essas zonas o mais rápido possível e sem formação de agrupamentos;
- Definição dos procedimentos de evacuação específicos;
- Definição dos transportes de emergência;
- Definição das medidas de proteção e segurança para o perímetro e áreas afetadas.

As medidas específicas para este plano estão descritas nos itens a seguir.

12.1 Sistema de Alerta e Notificação

Para realização do alerta às pessoas que estiverem na área da ZAS, durante uma situação de emergência (NE-2 e/ou NE-3), a MASA adota a utilização de vários equipamentos, divididos em Sistema de Alerta Principal e Sistema de Alerta Secundário. O Sistema de Alerta Principal é aquele composto pelas sirenes fixas e rádio, e o Sistema de Alerta Secundário é composto pela sirene móvel (embarcação) e *giroleds* (veículo 4x4).

No Nível 2 é realizada a evacuação preventiva da área da ZAS, sendo acionado o Sistema de Alerta Complementar, a partir da articulação do Coordenador do PAEBM com os Órgãos de Proteção e Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e Polícia Militar. Já no Nível 3, o Sistema de Alerta Principal é acionado, visando a evacuação imediata da área potencialmente atingida. Ressalta-se que, diferentes mecanismos de comunicação poderão ser utilizados em redundância em caso de emergência, os quais serão apresentados em sequência.

12.1.1 Sistema de Alerta Principal

O Sistema de Alerta Principal para a ZAS é composto pelas sirenes fixas, que abrangem toda a região da ZAS, assim como os rádios comunicadores, utilizados pelos colaboradores MASA. O Sistema de Alerta das sirenes fixas foi instalado pela empresa Televale, contratada para realizar sua aquisição, implantação, ativação, comissionamento e manutenção de todo o sistema. O sistema é composto pela Central de Operação Local (COL) por onde são realizados os acionamentos de alertas emergenciais, sonoros e visuais, para as Estações Remotas (ER's), por meio de sirenes e giroleds.

Também faz parte do sistema a Estação de Operação Remota (EOR), por meio do software Televale-Moni, implantado nos servidores virtualizados da MASA. Este software permite realizar o monitoramento e operação remota de todo o sistema, tanto no site da MASA, quanto no CMG. Para o sistema de comunicação são utilizados Rádios MOTOROLA VHF Ponto – Multiponto, certificados pela ANATEL (TELEVALE, 2023).

A COL (Figura 11) possui sistemas seguros de alimentação elétrica, módulo de acionamento por meio de botoeiras, rádio transmissor VHF e sistema remoto de supervisão eletrônica. Esta central realiza a transmissão de mensagens pré-gravadas e alerta das sirenes, estando localizada na área administrativa do *site* da MASA. Já as ER's, são os postes telecomandados por Radiofrequência VHF, via COL. Possuem sistemas de alimentação elétrica e telecomandos, com painel fotovoltaico, bateria estacionária, radiocomunicador e sistemas de aterramento com SPDA. Dotam de meios antivandalismo e sistema remoto de supervisão eletrônica (TELEVALE, 2023). A Figura 12 e Figura 13 demonstram o módulo de acionamento presente nas ER's e uma das ER's instalada na área da ZAS.

Os equipamentos do sistema (COL's e ER's) possuem proteção contra alertas e/ou acionamentos falsos/indevidos. As mensagens a serem transmitidas do sistema, são gravadas na Central, e mesmo em caso de qualquer avaria das Estações Remotas (vandalismos, descargas atmosféricas, defeitos etc.) elas são fisicamente incapazes de transmitir alertas sonoros "falsos" indesejados. A COL e as ER's realizam autotestes dos equipamentos automaticamente, e reportam a EOR, em caso de falha de algum dos itens monitorados (TELEVALE, 2023).

O sistema de acionamento das sirenes é independente e opera somente utilizando os rádios VHF e sistema autônomo de energia solar. Esta tecnologia desenvolvida pela Televale possui um microprocessador embarcado que realiza o casamento da impedância automática na saída de áudio do amplificador de 5000W que permite a instalação de 01 até 12 sirenes de 400W cada, sem a necessidade de substituição do módulo. Mesmo com o sistema acionado e bateria com queda de tensão, o alcance sonoro é constante (TELEVALE, 2023).

Figura 11 Central de Operação Local – COL



Fonte: Televale, 2023.

Figura 12 Módulo de acionamento e potência modelo Televale – APM.CP.V04



Fonte: Televale, 2023.

Figura 13 Estação Remota instalada



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2024.

Durante o processo de preparação para as instalações das ER's que atendesse à mancha de inundação do cenário de rompimento em cascata das barragens do Vené e Vené II, foi constatado pela MASA que alguns dos locais sugeridos para a instalação estavam em regiões alagadas e de mangue, sem capacidade de suporte para essas estruturas, o que impossibilitou a instalação de ER's sugeridas no planejamento original. Desta maneira, em conjunto com o levantamento realizado em campo, os pontos de instalação foram redefinidos e/ou desconsiderados, de maneira a ter uma configuração possível para o sistema de alerta, de forma a atender ao objetivo do sistema. Os relatórios emitidos pela Televale que relatam todo o processo de locação das sirenes estão apresentados no Anexo E.

Além disso, após os simulados práticos de emergência realizados no primeiro semestre de 2025 e novo estudo de ruptura hipotética da barragem realizada pela SAFF (2025), verificou-se a necessidade de adequações no projeto e instalações das sirenes. Diante dessa situação, o Quadro 10 apresenta as coordenadas das ER's atuais.

Quadro 10 Coordenadas dos equipamentos previstos no Sistema de Alerta Principal

Ponto	Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 – Fuso 23S	
	X	Y
COL	416439	9856544
ER 01	415135	9854652
ER 02	415662	9857159
ER 03	412658	9854999
ER 06	409027	9850457
ER 07	407432	9852454
ER 09	410090	9854459
ER 10	413802	9855263
ER 11	413983	9855369

Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2025.

O intuito deste sistema é alcançar a população potencialmente afetada, informar sobre a gravidade da situação de forma rápida e eficaz, assim como convocá-los a evacuar os pontos críticos com extrema urgência. A recomendação é que o alerta sonoro seja emitido com toque contínuo, até que a evacuação de todas as áreas atingidas seja finalizada, com a propagação acústica mínima 70 dB para a ZAS.

A partir da constatação da situação de emergência de Nível 3, o Coordenador do PAEBM deverá validar as informações e solicitar o acionamento das sirenes, via botoeira no *site* da MASA ou via CMG. No momento do acionamento das sirenes ocorrerá a reprodução de mensagens de comunicação em alta voz, permitindo que sejam passadas a distância à toda a comunidade.

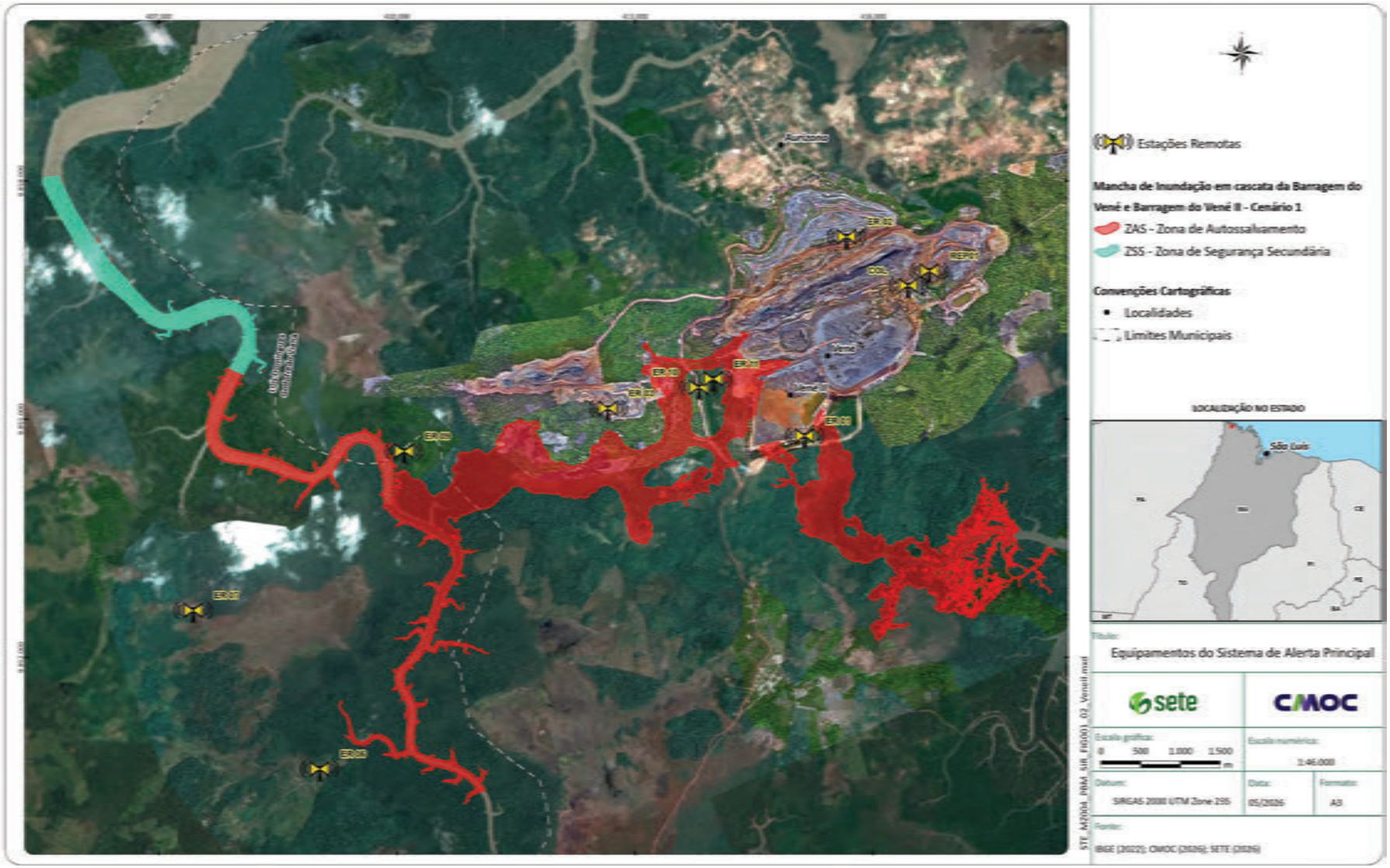
No Quadro 11 estão apresentadas a transcrição das mensagens a serem transmitidas pelas sirenes, de acordo com diferentes situações e a Figura 13 apresenta a localização dos componentes do Sistema de Alerta Principal.

Quadro 11 Mensagens transmitidas nas sirenes durante o acionamento do sistema

Situação	Mensagem
Situação real de emergência	Atenção, atenção, situação de emergência, atenção, atenção. Esta é uma situação real de emergência de rompimento de barragem. Dirijam-se para os pontos de encontro seguindo as rotas de fuga, conforme as Placas indicativas com segurança e tranquilidade. Aguardem demais orientações da defesa civil no ponto de encontro.
Simulado de emergência	Atenção, atenção. Este é somente um simulado de situação de emergência na barragem. Pedimos que paralise as suas atividades com segurança e dirijam-se para os pontos de encontro, seguindo as rotas de fuga, conforme as Placas indicativas, com tranquilidade.
Teste operacional do sistema	Atenção, este é um teste da sirene do sistema de alarme, permaneçam em suas atividades normais.
Falsa emergência	Atenção, atenção. É falsa a informação de emergência na barragem, não há necessidade de evacuação da área.

Fonte: Televale, 2023.

Figura 14 Localização dos equipamentos do Sistema de Alerta Principal



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

No ato de instalação e comissionamento das ER's foram realizados testes para verificar o funcionamento dos equipamentos instalados. No sistema da Televale, os Testes Não Audíveis (T.N.A's) são realizados diariamente e de maneira automática, sendo verificados e registrados pelo CMG. Além disso, a empresa Televale realiza manutenções preventivas e corretivas do sistema, apresentando os resultados em um Relatório de Manutenção, de forma a garantir que as sirenes estejam permanentemente em operação. Os testes do sistema de alerta comprovando a sua eficácia, estão apresentados no Anexo F.

Caso as sirenes fixas apresentem algum problema operacional no momento do acionamento, a MASA irá utilizar como meios de alerta e comunicação o rádio nas áreas internas, assim como o veículo equipado com sirenes e *giroleds*, que poderá circular nas regiões onde existem acessos transitáveis. A utilização do rádio é descrita no item 12.1.3.

12.1.2 Sistema de Alerta Complementar

Além das ERs e equipamentos de rádio citados, será utilizada uma embarcação equipada com sistema sonoro para complementar o Sistema de Alerta Principal e cobrir as áreas onde não foi possível instalar ERs, por se tratar de áreas de mata nativa densa (florestas), leito de rio e solos de mangue. Desta maneira, a MASA adota o acionamento do Sistema de Alerta Complementar, com sirene instalada em uma embarcação para percorrer o trajeto do Rio Tromaí.

A base da embarcação é o porto Aurizona, e o trajeto a ser percorrido abrange a área atingida pela mancha de inundação, conforme mostra a Figura 15 . Este sistema só será acionado em Nível 2 (NE-2), conforme determinação do Coordenador do PAEBM, em articulação com o Órgão de Proteção e Defesa Civil. As especificações da embarcação, componente do Sistema de Alerta Complementar, estão descritas no Quadro 12.

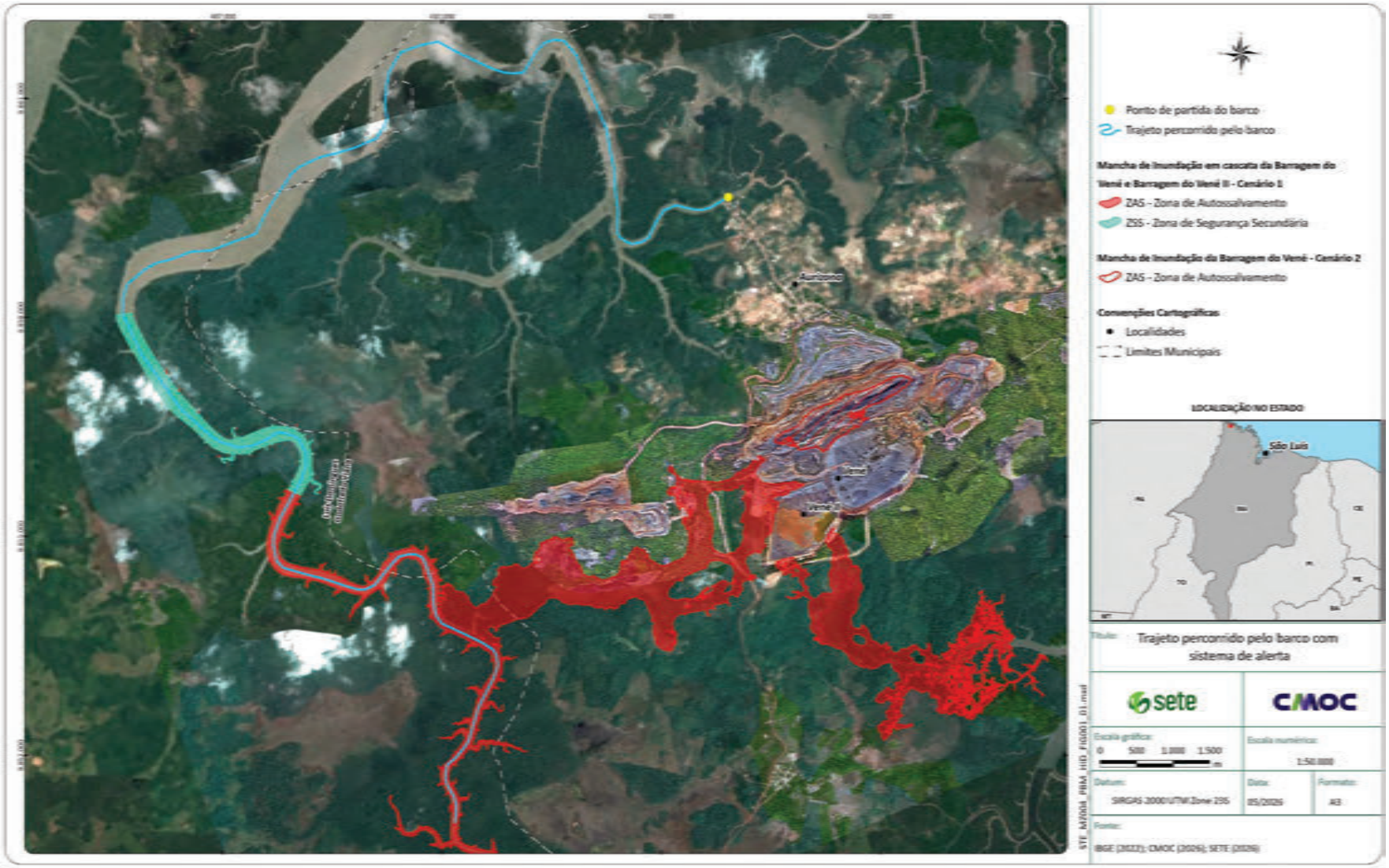
Também de forma complementar, redundante ao Sistema de Alerta Principal, será utilizado um veículo 4x4 equipado com sirenes e *giroleds*, saindo das dependências MASA, percorrendo áreas com acessos transitáveis.

Quadro 12 Especificações técnicas do barco utilizado como Sistema de Alerta Complementar

Componente	Especificação	Foto
Casco	Alumínio	
Potência do motor	115 HP	
Comprimento	7 metros	
Boca	1,70 metros	
Comando da embarcação	Timão (roda de leme)	
Acessórios	Luzes de navegação noturna em conformidade com o RIPEAM, capota marítima, megafone, rádio portátil, colete salva vidas, sirene.	

Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2026.

Figura 15 Trajeto percorrido pelo barco do Sistema de Alerta Complementar



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

12.1.3 Rádios e Telefone da Sala de Crise

Para que as notificações de emergência ocorram de forma eficaz e ágil, a sala de crise é equipada com um rádio fixo, um rádio móvel, um ramal interno e um telefone celular, que devem ser utilizados para otimizar a comunicação. A faixa do rádio de emergência possui prioridade sobre as demais. As faixas de rádio bem como o ramal e o telefone de contato da Sala de Crise estão contidas na lista de contatos apresentada no Anexo A (Figura 16).

Figura 16 Rádios e Telefone da Sala de Crise



Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2024.

12.2 Pontos de Bloqueio

Em caso de rompimento em cascata das barragens do Vené e Vené II, a estrada principal que leva à Vila Aurizona seria atingida em dois pontos, por estar localizada dentro da mancha de inundação. Diante dessa situação, foram previstos dois pontos de bloqueio, a fim de evitar que as pessoas transitem por essas áreas em caso de situação de emergência. Para a realização destes bloqueios, os órgãos públicos, como a Polícia Militar, serão acionados imediatamente.

Até que a Polícia Militar assuma os pontos de bloqueio das vias externas, a equipe de Defesa (Segurança Patrimonial) irá auxiliar na sinalização da estrada principal que leva à Vila Aurizona. Para tal, serão utilizados tambor de latão, cone bombona balizador, barreira plástica, corrente plástica e cavalete plástico de sinalização, demonstrados na Figura 17 e Figura 18 .

A equipe de Defesa MASA também atuará na sinalização e controle e vias internas, em especial na estrada principal do empreendimento, que também seria atingida. Os pontos de bloqueio externos e internos estão apresentados na Figura 19 e Figura 20 .

Ressalta-se que, em caso de situação de emergência da barragem do Vené em direção a Cava Piaba, não haverá bloqueio de vias internas. Entretanto, o acesso à área da Mina Piaba ficará impossibilitado, com restrição via equipe de Operação, sob orientação do Coordenador do PAEBM.

Figura 17 Material para bloqueio localizado na portaria P4



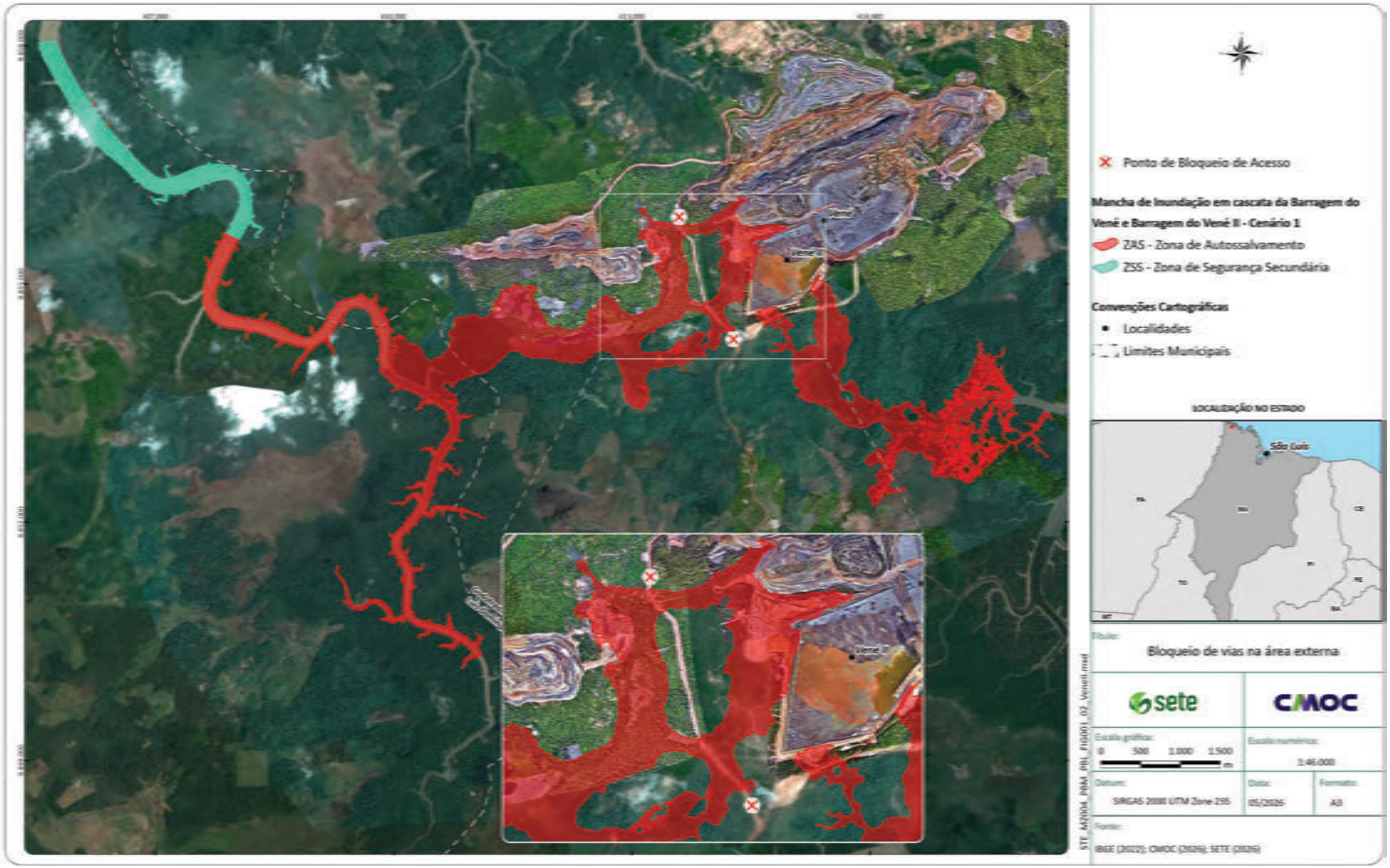
Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2024.

Figura 18 Material para bloqueio localizado na portaria P6



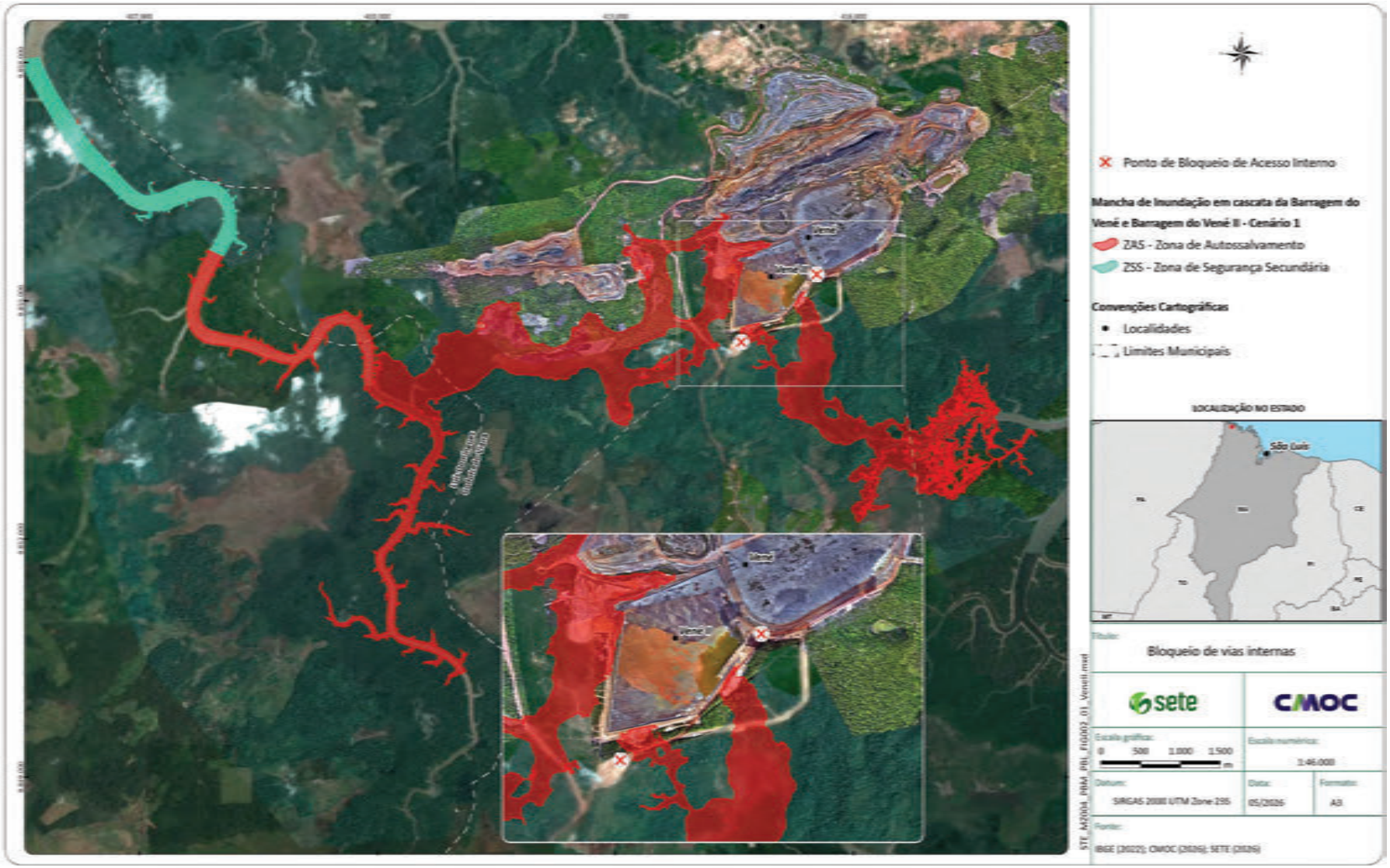
Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2024.

Figura 19 Pontos de Bloqueio de vias externas



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

Figura 20 Pontos de Bloqueio de vias internas



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

12.3 Rotas de Fuga e Pontos de Encontro

No NE-2 será feita a evacuação preventiva e acionamento do Sistema de Alerta Complementar, e no NE-3 haverá o acionamento do Sistema de Alerta Primário, objetivando a evacuação imediata das pessoas presentes na ZAS. Conforme apresentado no item 8 – Caracterização da Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS), a ZAS compreende tanto áreas internas do empreendimento como áreas externas. Com base nessas informações, e nas orientações contidas no documento Orientações para apoio à elaboração de Planos de Contingência municipais para barragens (CENAD, 2016), foram propostas as Rotas de Fuga (RF) e os Pontos de Encontro (PE) para as áreas relacionadas às barragens do Vené e Vené II.

Conforme definido pelo CENAD (2016), uma rota de fuga é um "caminho pré-definido a ser percorrido pela população após o acionamento de um sistema de alarme numa emergência, visando se deslocar para um Ponto de Encontro". O ponto de encontro é definido como um "local seguro, previamente estabelecido, para o qual deverá se deslocar uma população após o acionamento de um sistema de alarmes numa emergência" (CENAD, 2016). Estes pontos devem ser sinalizados de modo que sejam visíveis para as pessoas que porventura precisarem de direcionamento, permitindo a saída da ZAS no menor tempo possível.

De acordo com as definições apresentadas pelo documento mencionado, as rotas de fuga precisam cumprir os seguintes requisitos:

- Devem buscar trajetos que minimizem as dificuldades de deslocamento, evitando barreiras físicas, inclinações excessivas, transposições de obstáculos e, levando-se em conta eventuais necessidades especiais de pessoas e comunidades;
- Devem permitir a saída da população da área de impacto no menor tempo possível;
- Devem ser sinalizadas por meio de instalações de placas indicativas da direção a seguir e da distância a percorrer até o ponto de encontro;
- As placas devem ser instaladas a cada mudança de direção ou, em linha reta, no máximo a cada 50 m, e dentro do campo de alcance visual. Ou seja, estando em uma placa, deve-se enxergar a próxima;
- As placas devem ser confeccionadas em material durável e pintadas com cores vivas utilizando tintas ou adesivos reflexivos, facilitando sua visualização quando da utilização de lanternas durante o período de pouca luz solar;
- Quando as condições permitirem, é desejável que haja iluminação artificial ao longo da Rota de Fuga.

Em relação aos pontos de encontro:

- Devem ser instalados em local fora da área de impacto direto;
- Devem ser devidamente identificados por placas com informações tais como número de telefone de órgãos de emergência, recomendações para a população, dentre outras orientações de autopreservação;
- Onde houver viabilidade, podem ser alocados mantimentos e/ou equipamentos para servirem de apoio durante uma emergência.

Sendo assim, as rotas de fuga irão direcionar as pessoas que possam estar presentes na ZAS para os pontos de encontro posicionados em locais seguros, fora da mancha de inundação, através da sinalização com placas, conforme exemplificado na Figura 21 e Figura 22 .

Figura 21 Rota de fuga



Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

Figura 22 Ponto de Encontro

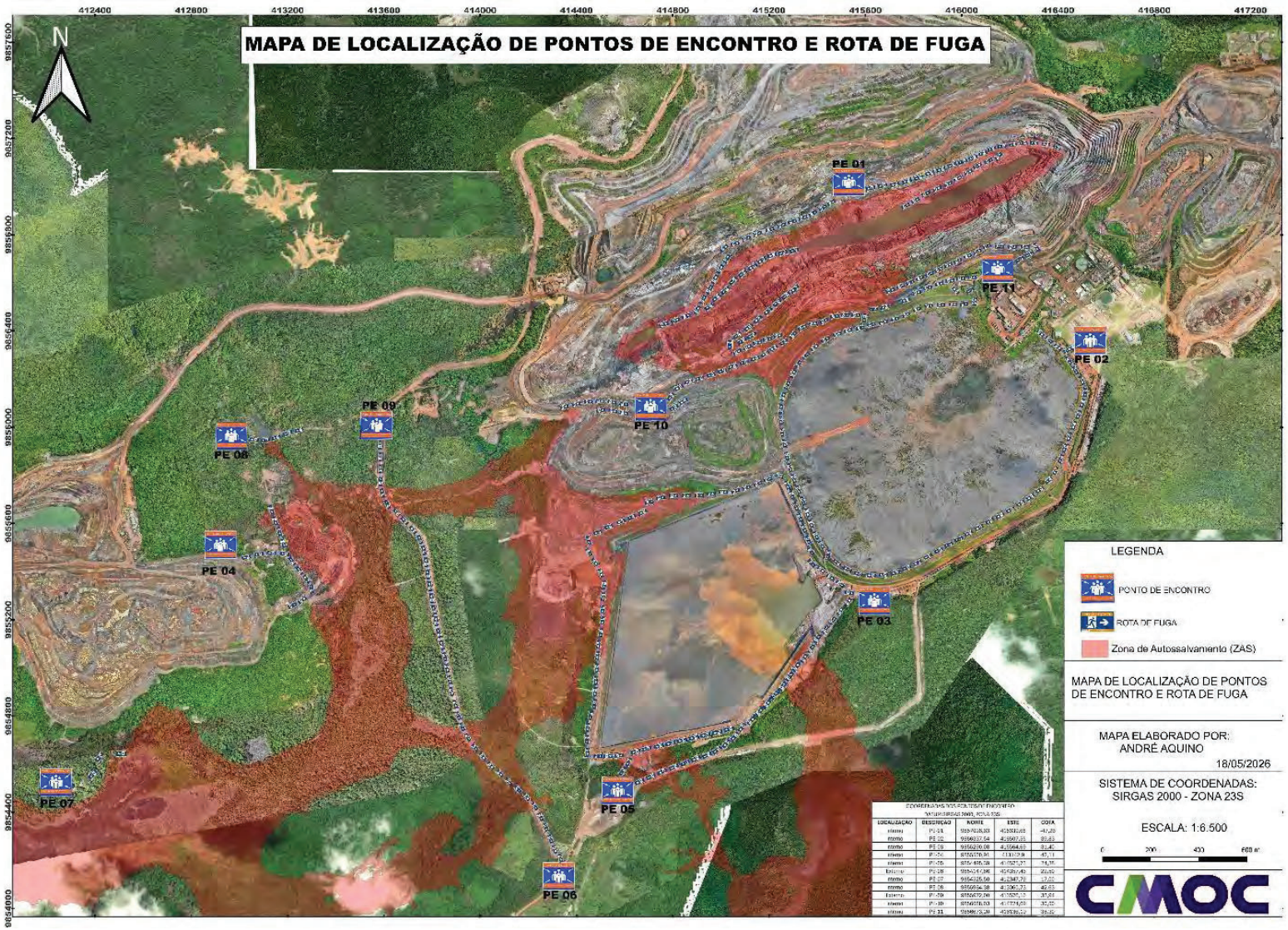


Fonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2026.

Para a definição das rotas de fuga e dos pontos de encontro, foram considerados o arranjo geral da mina, os acessos existentes, o sentido de circulação das vias, a topografia da área e as manchas de inundação dos cenários considerados neste plano. Dessa forma, o projeto atual contempla onze (11) pontos de encontro e suas respectivas rotas de fuga, sendo nove pontos internos (PE01, PE02, PE03, PE04, PE05, PE07, PE08, PE10 e PE11) e dois pontos externos (PE06 e PE09). Ressalta-se que outros três (3) pontos de encontro externos não foram implantados, em razão da ausência de autorização pelos proprietários das áreas selecionadas.

Os pontos de encontro e rotas de fuga estão apresentados na Figura 23 . Para melhor visualização desses elementos, o mapa em formato A0 está apresentado no Anexo G. O Quadro 13 apresenta as coordenadas dos pontos de encontro, considerando o cenário vigente.

Figura 23 Pontos de Encontro e Rotas de Fuga instalados



Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2026.

Quadro 13 Coordenadas dos Pontos de Encontro

Localização	Ponto	SIRGAS 2000 – Zona 23S		Status
		X	Y	
Internos	PE01	415639,68	9857026,63	Instalado
	PE02	416507,55	9856337,54	Instalado
	PE03	415564,69	9855290,08	Instalado
	PE04	413142,90	9855500,91	Instalado
	PE05	414575,73	9854495,39	Instalado
	PE07	412347,79	9854525,50	Instalado
	PE08	413060,73	9855964,38	Instalado
	PE10	414724,69	9856088,03	Instalado
	PE11	416136,19	9856673,20	Instalado
Externos	PE06	414357,46	9854147,86	Instalado
	PE09	413576,16	9855972,00	Instalado
	PE12	413797	9854024	Instalação não autorizada
	PE13	412840	9853508	Instalação não autorizada
	PE14	412807	9853739	Instalação não autorizada

Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2026.

Além dos pontos de encontro e das rotas de fuga, foi realizada a instalação de placas de atenção em áreas próximas aos limites da mancha de inundação, nas margens do Rio Tromaí, e em áreas da MASA com acessos fechados, conforme exemplos apresentados na Figura 24 e Figura 25 . As placas contém a seguinte mensagem: "*ATENÇÃO. Se você ouvir a sirene, siga as rotas de fuga até o ponto de encontro mais próximo. As rotas de fuga e pontos de encontro estão identificados por placas. Em caso de emergência ligue para: Defesa Civil – 199; Bombeiros – 193*."

Ressalta-se que a MASA orienta que o deslocamento pelas rotas de fuga seja realizado, preferencialmente, a pé. Entretanto, em determinadas áreas do empreendimento, como a área da cava, o deslocamento poderá ocorrer por meio de veículos, em função das características operacionais da área e dos acessos existentes.

Figura 24 Placa de Atenção (1)



Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2024.

Figura 25 Placa de Atenção (2)



Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2024.

12.4 Pontos de Acolhimento e Abrigo

Em caso de uma situação de emergência e necessidade de evacuação, a Equipe de Saúde e Segurança deverá acionar os Brigadistas para auxiliar e recepcionar as pessoas nos pontos de encontro. À medida que as pessoas chegarem nos locais seguros, serão direcionadas para os pontos de acolhimento, utilizando os veículos leves que estão listados no Anexo H.

Os pontos de acolhimento são os locais para onde as pessoas evacuadas irão receber o apoio necessário. Essas pessoas passarão por uma triagem, para verificar a necessidade de atendimento médico e/ou abrigo fora de suas residências. Estes locais deverão estar preparados para realizar os primeiros socorros e oferecer apoio psicológico para as pessoas que estiverem presentes. A equipe ADM deverá acionar as equipes de Suprimentos e Financeiro para providenciar todos os recursos necessários nos pontos de acolhimento e abrigo. Os recursos mencionados no item 13 – Meios e recursos em situação de emergência, para atendimento direto às emergências, também deverão estar disponíveis nestes locais.

A equipe de Saúde e Segurança deverá acionar a equipe de Saúde, para se deslocar imediatamente para os pontos de acolhimento, a fim de dar todo apoio necessário e oferecer os primeiros socorros, conforme citado anteriormente. Caso seja necessário atendimento hospitalar, a equipe de Saúde e Segurança deverá direcionar as pessoas a serem atendidas para o Hospital Regional de Carutapera/MA. Para tal, deverão ser utilizadas as ambulâncias disponíveis na MASA e listadas no Anexo H. Conforme ofício enviado pela Secretaria de Estado da Saúde, apresentado no Anexo J, o Hospital Regional de Carutapera/MA dispõe de 51 leitos distribuídos entre Internação, Centro Cirúrgico e Emergência, e de 103 profissionais de plantão em cada turno. Os dados do referido hospital estão apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 Dados do Hospital Regional de Carutapera/MA

Nome	Endereço	Telefone	Responsável	Cargo
Hospital Regional de Carutapera	Rua Deputado Manoel Ribeiro, sem número, bairro Santa Luzia, Carutapera – MA	[redacted]	Renata Cristina da Costa Aragão	Diretora Administrativa

Fonte: Adaptado de Secretaria de Estado da Saúde, 2023.

A MASA possui mapeados 3 pontos de acolhimento, sendo: o refeitório da mina (interno), a portaria P6 (interno) e o Espaço Social de Aurizona (externo), localizado na Rua do Campo, S/N, Vila Aurizona, Godofredo Viana/MA. Já os abrigos mapeados são o Hotel Central, localizado em Godofredo Viana/MA, e o Restaurante e Hotel Natálio, localizado em Cândido Mendes/MA.. O Quadro 15 apresenta os dados dos abrigos mapeados.

Quadro 15 Hotéis mapeados como pontos de abrigo em caso de emergência

Nome	Endereço	Quantidade de quartos	Responsável Hotel	Contato
Hotel Central	Avenida Teófilo Viana, 579, Monte Sião, Godofredo Viana-MA	35	Edival	[redacted]
Hotel e Restaurante Natálio	R. Prof. Caxias - Cândido Mendes, MA	30	Josy	[redacted]

Fonte: Mineração Aurizona – CMOC Brasil, 2024.

13. MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

13.1 Materiais disponíveis em caso de emergência

Para atendimento as medidas corretivas das eventuais situações de emergência na estrutura e áreas internas, é apresentado no Anexo H a lista de inventário com os recursos humanos, materiais e logísticos mobilizáveis e renováveis, necessários para efetuar a gestão de emergências, realizar face a reparos e intervenções expeditas.

O Quadro 16 contém a lista com a descrição detalhada do sistema de comunicação via rádio, com as faixas disponíveis, número de equipamentos, obrigatoriedade do seu uso e sua respectiva área (ressalta-se que o número de equipamentos pode sofrer eventuais alterações).

Quadro 16 Sistema de comunicação via rádio

Zona/Grupo	Faixa	Função	Nº de equipamentos[1]	Obrigatoriedade do uso
Faixa de Emergência	1	-	-	-
ADM	2	Operação Áreas de Apoio e ADM	30	Durante a jornada de trabalho
Barragem	3	Operação de Barragem	20	Durante a jornada de trabalho
Planta	4	Operação de Planta	44	Durante a jornada de trabalho
Infraestrutura	5	Operação de Civil e Manutenção	26	Durante a jornada de trabalho
Manutenção	6	Operação de Manutenção Mecânica / Elétrica	12	Durante a jornada de trabalho
Mina Supervisão	7	Operação de Mina MASA e Terceiros	41	Durante a jornada de trabalho
Piaba U&M	8	Operação de Mina MASA e Terceiros	*	Durante a jornada de trabalho
ROMPAD	9	Operação de Mina MASA e Terceiros	*	Durante a jornada de trabalho
SSMA	10	Operação de Saúde / Segurança / Meio Ambiente	24	Durante a jornada de trabalho
Exploração	11	Operação de Exploração Mineral	12	Durante a jornada de trabalho

[1] O número de equipamentos pode sofrer eventuais alterações.
*Faixas controladas em conjunto pela TI. Ou seja, essas 3 faixas possuem um total de 254 rádios de comunicação.

Zona/Grupo	Faixa	Função	Nº de equipamentos[1]	Obrigatoriedade do uso
SEPAT	12	Operação de Segurança Patrimonial	34	Durante a jornada de trabalho
Tatajuba R&D	13	Operação de Mina MASA e Terceiros	30	Durante a jornada de trabalho
CCO	14	Operação Sala de Controle	-	Durante a jornada de trabalho
Mina Manutenção	15	Operação de Mina MASA e Terceiros	*254	Durante a jornada de trabalho
Restrito	16	Operação de Segurança Patrimonial	4	Durante a jornada de trabalho

Fonte: Mineração Aurizona S.A - CMOC Brasil, 2026.

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

De acordo com os estudos de ruptura hipotéticos cujas sínteses foram apresentadas no item 7, a mancha de inundação dos cenários considerados atinge tanto áreas internas do empreendimento quanto áreas externas. Tendo em vista a presença de colaboradores e terceirizados trabalhando nas áreas do empreendimento e a possível presença de pessoas nas áreas externas abrangidas pela ZAS, foram descritas no item 12 – Plano de Evacuação as medidas em articulação com o poder público para resgatar essas pessoas, caso ocorra o rompimento das barragens Vené e Vené II.

Essas medidas devem ser elaboradas de forma integrada com o Plano de Contingência (PLANCON) da Defesa Civil Municipal, caso exista. Tendo em vista a recente implementação da Defesa Civil Municipal de Godofredo Viana/MA e a inexistência de Defesa Civil Municipal de Luís Domingues/MG, e consequentemente a inexistência do PLANCON para estes municípios, as medidas presentes neste plano foram apresentadas para as Prefeituras de Luís Domingues/MA e Godofredo Viana/MA, 8º Batalhão de Bombeiros Militar de Pinheiro, 31º Batalhão da Polícia Militar do Maranhão, SEMA-MA, Defesa Civil Estadual e Municipal de Godofredo Viana/MA, colaboradores da MASA e terceiros, além das comunidades próximas da ZAS (Vila Aurizona, Comunidade Negra Velha e Barão de Pirucaua), conforme descrito nos relatórios presentes no Anexo K. Os ofícios que comprovam a inexistência do PLANCON nos municípios citados se encontram no Anexo L.

Em relação às medidas para resgatar animais atingidos, a MASA possui um Procedimento Operacional de Afugentamento e Resgate de Fauna apresentado no Anexo M, que tem como objetivo de promover o afugentamento, resgate e realocação da fauna silvestre e doméstica sempre que necessário. A MASA possui também o Plano de Controle Ambiental (PCA) desenvolvido pela Brandt Meio Ambiente (2017) e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) desenvolvido pela própria MASA, ambos apresentados no Anexo N.

O PRAD apresenta os procedimentos e técnicas específicas para condução de áreas degradadas até que seja alcançado um nível de equilíbrio ecológico em que o próprio ambiente possa ser conduzido pelos próprios elementos que os compõe. O PCA contém 20 Programas Ambientais para os meios físico, biótico e socioeconômico, que descrevem os procedimentos metodológicos a serem executados em vista do controle ambiental das atividades da MASA. Dentre os programas contidos no PCA que abordam medidas para mitigar impactos ambientais necessárias no PAEBM, destacam-se:

Meio Físico	Meio Biótico	Meio Socioeconômico
• Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento; • Programa de Monitoramento e Controle de Processos Erosivos e Movimentos de Massa em estruturas da mina; • Programa de Gestão de Recursos Hídricos; • Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; • Plano de Emergência e Contingência.	• Programa Operacional de Supressão Vegetal (POS); • Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD); • Programa de Resgate de Espécies da Flora; • Programa de Afugentamento e Resgaste de Fauna; • Programa de Monitoramento da Biodiversidade.	• Programa de Apoio a Gestão Pública; • Programa de Comunicação Social e Relacionamento Comunitário; • Programa de Desenvolvimento Sustentável; • Programa de Educação Ambiental (PEA).

Em relação às medidas para assegurar o abastecimento de água potável, a MASA possui o Plano de Contingência para garantia da mobilidade e do abastecimento de água potável na comunidade, apresentado no Anexo N, que tem como principal objetivo estabelecer ações preventivas, procedimentos de emergência e medidas de recuperação para minimizar os impactos em caso de incidentes sociais e ambientais provocados por rompimento de barragem de rejeito. O plano tem como metas:

- Proteger a saúde e a segurança das pessoas;
- Garantir a continuidade do abastecimento de água potável;
- Assegurar a mobilidade e o acesso a serviços essenciais;
- Minimizar os danos ambientais e sociais;
- Facilitar a comunicação e coordenação entre a empresa, comunidade e autoridades.

Em relação ao Patrimônio Cultural, foi realizado pela Sete o levantamento do Patrimônio Cultural e a proposição de medidas para resgatar e salvaguardá-lo, em caso de emergência. O referido levantamento está apresentado na íntegra no Anexo O.

15. AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE

Conforme definido pela ANM, o empreendedor detentor de barragens de mineração enquadradas na PNSB, fica obrigado a executar anualmente, para cada barragem, a Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (ACO). Importante dizer que se entende por conformidade a avaliação e comprovação dos itens mínimos do PAEBM e, por operacionalidade, a comprovação de efetividade do PAEBM em eventual situação de emergência. A ACO deve ser realizada com observância das seguintes prescrições:

I. Elaborar, anualmente, o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (RCO);

II. Emitir, anualmente, a Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (DCO) e enviá-la à ANM, via SIGBM, entre 1º e 30 de junho;

III. Validar, por meio de equipe externa contratada, o mapa e o estudo de inundação, quanto à sua consonância com os parâmetros estabelecidos, concluindo-se por uma sugestão de Classificação em Dano Potencial Associado; e

IV. Realizar treinamentos internos e seminário orientativo.

O RCO e a DCO devem ser anexados ao PSB, devendo manter sempre a última RCO e sua DCO no PAEBM e as demais RCO e DCO no Volume I, Tomo II do PSB, conforme conteúdo mínimo definido e modelo da DCO fornecido. A ACO deve ser realizada por equipe multidisciplinar externa contratada com competência nas diversas disciplinas que envolvam a segurança da barragem em estudo e seu vale a jusante.

No Anexo S deste documento está a comprovação da ACO positiva, referente ao último ciclo de atividades.

16. DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTOS E DIVULGAÇÃO PARA OS ENVOLVIDOS E PARA AS COMUNIDADES POTENCIALMENTE AFETADAS

Na Resolução ANM nº 95/2022 e suas alterações está definido em seu Art. 38 que cabe ao empreendedor da barragem:

> III - promover treinamentos internos, no máximo a cada 6 (seis) meses, e manter os respectivos registros das atividades;
>
> IV - 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;
>
> § 1º Os períodos semestrais a que se refere o inciso III devem ser entendidos como aqueles compreendidos entre o primeiro e o sexto mês de um ano e entre o sétimo e décimo segundo mês do ano.

Conforme citado, os treinamentos internos a serem realizados devem ser acompanhados e aprovados, compreendendo:

- Exercícios expositivos internos: apresentações expositivas em salas de treinamento, onde são explicados os procedimentos descritos no PAEBM.
- Exercícios de fluxo de notificações internos: exercícios conduzidos pelo empreendedor com o objetivo de testar os procedimentos de notificação interna presentes no PAEBM.
- Exercícios simulados:
    - Hipotético (interno): é um teste hipotético e lúdico de efetividade e operacionalidade do PAEBM feito em sala de treinamento, com situações de tempo próximas ao real previsto. É feito para avaliar a capacidade e o tempo de resposta do empreendedor em caso de emergência; e
    - Prático (interno e externo): compreende exercícios de campo simulando uma situação de emergência envolvendo a ativação e mobilização dos centros de operação internas de emergências, pessoal e recursos disponíveis, inclusive dos procedimentos de evacuação internos.

Os treinamentos internos têm por objetivo contribuir para manter o estado de prontidão, uma vez que permitem uma maior familiarização dos envolvidos com os seus elementos e atribuições inerentes ao PAEBM concluindo pela evolução operacional do citado Plano. O empreendedor fica obrigado a promover e realizar também Seminários Orientativos anuais, com participação da população compreendida na ZAS.

Diante das obrigações do empreendedor citadas na Resolução ANM nº 95/2022 e suas alterações, estão disponíveis no Anexo K os Relatórios de Operacionalidade, descrevendo os treinamentos, simulados e seminários orientativos realizados pela MASA no presente ciclo de atividades.

17. FICHAS DE EMERGÊNCIA

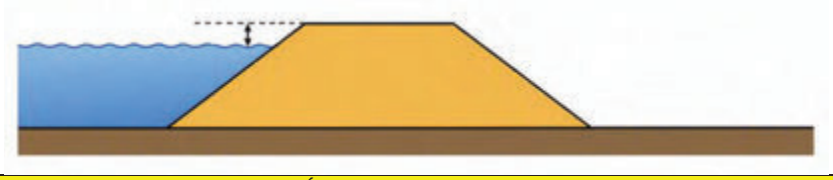
17.1 Galgamento

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 1**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-1**	
	EVENTO	**Problemas de Galgamento**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Possibilidade de galgamento, sem comprometimento da integridade física das estruturas

CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA



POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Comprometimento operacional do vertedouro;
- Possibilidade de redução de borda livre;
- Instabilidade do maciço;
- Diminuição do fator de segurança;
- Possibilidade de ruptura da barragem, caso as ações mitigadoras adequadas não sejam tomadas;
- Contaminação do meio ambiente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno e externo 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 Geotécnico e/ou equipe responsável, tais como:
  - Avaliar a necessidade de paralisação, de forma temporária, do lançamento do rejeito no reservatório;
  - 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;
  - Avaliar tecnicamente a opção e proteger o talude de jusante com lonas plásticas e/ou material similar que possa proteger a estrutura;
  - Avaliar tecnicamente a opção de implantar sistema de extravasamento 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.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 2 do Nível 2, referente a esta anomalia (*Galgamento do barramento com comprometimento da integridade física das estruturas*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas/Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 2**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-2**	
	EVENTO	**Problemas de Galgamento**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Possibilidade de galgamento, com comprometimento da integridade física das estruturas

CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA



POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Instabilidade do maciço;
- Diminuição do fator de segurança;
- Possibilidade de ruptura da barragem, caso as ações mitigadoras adequadas não sejam tomadas;
- Contaminação do meio ambiente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno para NE-2;
- Inspecionar o local em que a ação corretiva implantada não foi eficiente e está contribuindo para afetar as condições de estabilidade do barramento, e avaliar o potencial de ruptura;
- Manter baixo o nível do reservatório até que os reparos sejam concluídos (instalar bombas e/ou derivar parte da água para outro local);
- Implantar sistema de extravasamento adicional, para garantir a manutenção da segurança hidráulica da estrutura;
- Proteger o talude de jusante com lonas plásticas e/ou material que possa proteger a estrutura;
- Monitorar a área afetada até o estabelecimento das condições de segurança.
- Monitorar as ações implantadas de modo a avaliar sua eficiência.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na **Ficha Nº 3 do Nível 3,** referente a esta anomalia (*Galgamento do barramento com abertura de brecha e ruptura iminente das estruturas*).

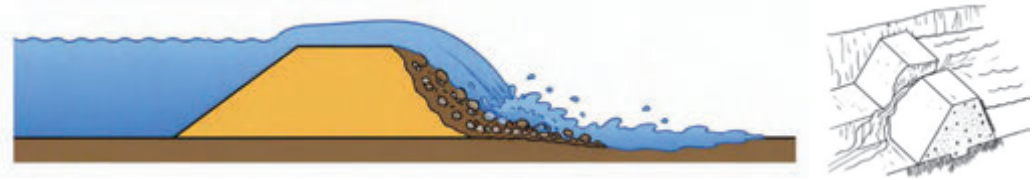
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas/Análise visual/ Leitura de instrumentação (régua limnimétrica)
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 3**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-3**	
	EVENTO	**Problemas de Galgamento**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Galgamento com abertura de brecha e ruptura iminente das estruturas

CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA



POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Inundação de propriedades à jusante com possibilidade de perda de vidas humanas e animais;
- Impactos em APP – Área de Preservação Permanente nas faixas marginais ao leito dos cursos de água;
- Inundação da região à jusante da barragem, incluindo impactos na flora e na fauna;
- Carreamento de sólidos para a jusante da barragem incluindo assoreamento de corpos d'água;
- Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água;
- Obstrução do acesso principal à Aurizona;
- Contaminação do meio ambiente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação externo NE-3.
- Executar ações do plano de emergência externo;
- 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 (remover material inicialmente de locais que estiverem barrando o fluxo normal do curso de água);
- Estocar material em local adequado;
- Recuperação dos locais atingidos.

17.2 Instabilidade

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 4**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-1**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos localizados (de pequena extensão) no talude de jusante.

CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA



POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Criação de área localizada de pouca resistência no interior do maciço e/ou de entrada preferencial para água superficial;
- Diminuição da resistência do maciço;
- Redução da seção transversal e instabilização do maciço;
- Diminuição do Fator de Segurança;
- Evolução para ruptura do barramento, se não tratado adequadamente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-1;
- Aumentar a frequência e acompanhar as leituras da instrumentação, juntamente com os dados da pluviosidade local.
- Inspecionar o local e registrar sua localização, extensão, profundidade e outros aspectos físicos pertinentes; demarcar os limites; avaliar o grau de comprometimento da estrutura e a possibilidade de evolução da situação;
- Avaliação do 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 e implantar sistema de monitoramento);
    - Se for constatada deformações e recalques realizar os reparos e/ou correção da geometria utilizando técnicas de construção e materiais adequados, conforme orientação da Equipe de Segurança;
- Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz, deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 9 do Nível 2, referente a esta anomalia (*Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos generalizados (de grande extensão) no talude de jusante, sem o comprometimento da integridade da estrutura cujo fator de segurança da área analisada fique entre 1.1 e 1.3.*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas/Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 5**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-1**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Falha no sistema de espigotamento. Ravinamento (erosão) de pequena extensão no talude de jusante.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Diminuição da resistência do maciço;
- Redução da seção transversal e instabilização do maciço;
- Diminuição do Fator de Segurança;
- Evolução para ruptura do barramento, se não tratado adequadamente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-1;
- Inspecionar o local e registrar sua localização, extensão, profundidade e outros aspectos físicos pertinentes; demarcar os limites; avaliar o grau de comprometimento da estrutura e a possibilidade de evolução da situação;
- Avaliação do 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:
    - Mobilizar até o local retroescavadeira e esteira. Escavar a área afetada até ultrapassar o fundo da erosão. Preencher a escavação utilizando material terroso, "esteirando" de acordo com a inclinação anterior (inclinação de projeto para a etapa atual);
- Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência;
- Continuar monitorando rotineiramente o local para verificar indícios de novos focos de problema.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz, deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 10 do Nível 2, referente a esta anomalia (*Falha no sistema de espigotamento. Ravinamento (erosão) de grande extensão no talude de jusante, cujo fator de segurança da área analisada da área analisada fique entre 1.1 e 1.3*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas/Análise visual/ Leitura de Instrumentação (PZ's e INA's)
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 6**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-1**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios a barragem e/ou estruturas associadas.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Criação de pontos de desabamentos ou áreas de baixa resistência no interior do maciço da barragem ou das fundações;
- Redução dos coeficientes de segurança;
- Obstrução do sistema extravasor;
- Trincas no maciço sem extravasamento;
- Possibilidade de evolução para uma ruptura da barragem.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno para NE-1;
- Inspecionar detalhadamente a barragem e estruturas associadas observando principalmente a crista, ombreiras, saída dos drenos, surgências, canais periféricos, entre outros. Observar natureza, localização, extensão do dano e potencial de ruptura;
- Realizar correções caso algum dos locais inspecionados seja identificada alguma anomalia. A correção dependerá do local afetado bem como da extensão do dano;
- Verificar eficiência das correções implementadas;
- Inspecionar novamente as estruturas nas próximas duas a quatro semanas já que alguns danos podem não estar evidentes logo após o abalo.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 11 do Nível 2, referente a esta anomalia (*Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios, de grande extensão, à barragem e/ou estruturas associadas sem o comprometimento da integridade da estrutura*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas/Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 7**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-1**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Deslocamentos e/ou recalques cujo fator de segurança da seção avaliada fique entre 1.3 e 1.5.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Instabilização local do aterro;
- Possibilidade de aumento da severidade das anomalias identificadas (deslocamentos e/ou recalques) caso as ações corretivas adequadas não sejam executadas.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno para NE-1;
- Inspecionar detalhadamente a barragem e estruturas associadas observando o grau de comprometimento da estrutura e a possibilidade de evolução da anomalia. Concomitantemente, manter avaliação da instrumentação instalada na barragem, a fim de verificar a progressão da movimentação do maciço;
- Avaliar a necessidade de paralisação, de forma temporária, do lançamento do rejeito no reservatório;
- Definir, em conjunto com o consultor da barragem, as ações corretivas necessárias ao tratamento da situação de emergência;
- Implantar as ações corretivas;
- Continuar monitorando rotineiramente o local e o barramento como um todo para verificar a efetividade das ações implantadas, bem como eventuais indícios de novas anomalias.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 12 do Nível 2, referente a esta anomalia (*Deslocamentos e/ou recalques em evolução*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas/Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 8**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-1**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Leituras dos piezômetros em nível de atenção, com fator de segurança global entre 1.3 e 1.5.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Áreas de baixa resistência no interior do maciço ou na fundação, em decorrência do aumento das poropressões;
- Instabilização local, caso não sejam implementadas ações corretivas;
- Possibilidade de redução do fator de segurança, caso as ações corretivas adequadas não sejam executadas.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação para NE-1;
- Inspecionar detalhadamente a estrutura, visando identificar possíveis causas para o comportamento dos instrumentos;
- Avaliar a instrumentação das seções com nível de segurança global entre 1.3 e 1.5 de forma conjunta, realizando análises de estabilidade para verificação da real condição de segurança. **Deve-se destacar que a avaliação isolada de um instrumento pode não representar a condição de estabilidade da estrutura;**
- Avaliar a necessidade de paralisação, de forma temporária, do lançamento do rejeito no reservatório, até que os níveis de segurança da barragem sejam retomados. Avaliar ainda a necessidade de rebaixamento do nível do reservatório;
- Avaliar as leituras dos piezômetros e intensificar a frequência de monitoramento. No processo de avaliação, rodar análise da estabilidade das seções instrumentadas, considerando o nível no interior do maciço conforme leituras realizadas;
- Definir, em conjunto com o consultor da barragem, as ações corretivas necessárias ao tratamento da situação de emergência;
- Implantar as ações corretivas.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 13 do Nível 2, referente a esta anomalia (*Leituras dos piezômetros em nível de alerta, com fator de segurança global entre 1.1 e 1.3*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas/Análise visual/ Leitura de Instrumentação (PZ's e INA's)
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 9**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-2**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos generalizados (de grande extensão) no talude de jusante, sem o comprometimento da integridade da estrutura cujo fator de segurança da área analisada fique entre 1.1 e 1.3.

CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA



POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Criação de área localizada de pouca resistência no interior do maciço e/ou de entrada preferencial para água superficial que podem evoluir para a ruptura do barramento;
- Diminuição da resistência do maciço.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-2;
- Caso seja uma evolução de uma situação do NE-1, inspecionar o local em que a ação corretiva implantada não foi eficiente e está contribuindo para afetar as condições de estabilidade do barramento. Avaliar o potencial de ruptura;
- Caso seja uma situação identificada como NE-2, inspecionar o local e registrar sua localização, extensão, profundidade e outros aspectos físicos pertinentes. Demarcar os limites; avaliar o grau de comprometimento da estrutura e a possibilidade de evolução da situação;
- Avaliação do 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;
- Aumentar a frequência e acompanhar as leituras da instrumentação, juntamente com os dados da pluviosidade local.
- Providenciar o rebaixamento do nível do reservatório;
- Avaliar tecnicamente a opção de implantar sistema de extravasamento adicional, para esvaziar mais rapidamente o reservatório;
- Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura.
- Monitorar as ações implantadas de modo a avaliar sua eficiência.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 14 do Nível 3, referente a esta anomalia (*Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos generalizados (de grande extensão) a ponto de comprometer a integridade do barramento com a possibilidade de formação de uma brecha, e redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas / Análise visual / Leitura de Instrumentação (PZ's e INA's)
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 10**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-2**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Falha no sistema de espigotamento. Ravinamento (erosão) de grande extensão no talude de jusante, cujo fator de segurança da área analisada da área analisada fique entre 1.1 e 1.3.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Diminuição da resistência do maciço;
- Redução da seção transversal e instabilização do aterro;
- Evolução para ruptura do barramento, se não tratado adequadamente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-2;
- Caso seja uma evolução de uma situação do NE-1, inspecionar o local em que a ação corretiva implantada não foi eficiente e está contribuindo para afetar as condições de estabilidade do barramento. Avaliar o potencial de ruptura;
- Se for uma situação identificada como NE-2, inspecionar o local e registrar sua localização, extensão, profundidade e outros aspectos físicos pertinentes; demarcar os limites; avaliar o grau de comprometimento da estrutura e a possibilidade de evolução da situação;
- Avaliação do 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;
- Manter baixo o nível do reservatório até que os reparos sejam concluídos;
- Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 15 do Nível 3, referente a esta anomalia (*Ravinamento (erosão) de grande extensão no talude de jusante a ponto de comprometer a integridade do barramento com a possibilidade de formação de uma brecha, e redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1.*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas / Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 11**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-2**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios, de grande extensão, à barragem e/ou estruturas associadas sem o comprometimento da integridade da estrutura.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Criação de pontos de instabilização ou áreas de baixa resistência no maciço da barragem ou nas fundações;
- Redução dos coeficientes de segurança;
- Trincas no maciço sem extravasamento;
- Possibilidade de evolução para uma ruptura da barragem

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação interno e externo para NE-2;
- Caso seja uma evolução de uma situação do NE-1, inspecionar o local em que a ação corretiva implantada não foi eficiente e está contribuindo para afetar as condições de estabilidade do barramento. Avaliar o potencial de ruptura;
- Se for uma situação identificada como NE-2, inspecionar o local observando principalmente a crista, ombreiras, saída dos drenos, surgências, canais periféricos, entre outros, e registrar sua localização, extensão, profundidade e outros aspectos físicos pertinentes; demarcar os limites; Observar natureza, localização, extensão do dano e potencial de ruptura;
- Avaliação do 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;
- Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 16 do Nível 3, referente a esta anomalia (*Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios à barragem e/ou estruturas associadas a ponto de ocasionar descarga de rejeitos/água para jusante, com ruptura em desenvolvimento*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Ocorrência de sismos na região/Inspeções periódicas / Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 12**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-2**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Deslocamentos e/ou recalques em evolução.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Instabilização do aterro;
- Possibilidade de ruptura da barragem, caso as ações mitigadoras adequadas não sejam tomadas.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação para NE-2;
- Avaliar a segurança do local antes de acessá-lo, a fim de garantir a integridade dos agentes responsáveis pela avaliação/definição/implementação das medidas corretivas adequadas;
- Paralisar a atividade de lançamento de rejeito no reservatório até que a situação esteja controlada;
- Caso a situação tenha evoluído do NE-1, avaliar as causas que levaram à progressão da anomalia;
- Intensificar a avaliação da instrumentação instalada na barragem, a fim de verificar a progressão da movimentação do maciço;
- Uma vez identificado que o aparecimento da anomalia está associado a um processo de instabilização do maciço, solução voltada ao aumento da estabilidade deverá ser imediatamente avaliada, tal como a construção de berma de equilíbrio ou para recomposição, por exemplo, no sentido de paralisar o processo de ruptura. Nesse caso, deverá ser avaliada a necessidade de rebaixamento do nível d'água do reservatório, para o aumento da estabilidade e implantação de medidas corretivas;
- Avaliar com o consultor a necessidade de adoção de outras medidas além daquelas indicadas nesta ficha;
- Qualquer procedimento adotado deverá garantir, ao final de sua execução, a condição de estabilidade da estrutura;
- Continuar monitorando rotineiramente o local;
- Para o NE-2, a priori, não é mais possível confiar que as ações de mitigação serão eficientes.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 17 do Nível 3, referente a esta anomalia (*Deslocamentos e/ou recalques avançados, a ponto de comprometer a integridade do barramento com redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1*).

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Inspeções periódicas / Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 13**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-2**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Leituras dos piezômetros em nível de alerta, com fator de segurança global entre 1.1 e 1.3.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Áreas de baixa resistência no interior do maciço ou na fundação, em decorrência do aumento das poropressões;
- Possibilidade de ruptura da barragem, caso as ações mitigadoras adequadas não sejam tomadas.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação para NE-2;
- Avaliar a segurança do local antes de acessá-lo, a fim de garantir a integridade dos agentes responsáveis pela avaliação/definição/implementação das medidas corretivas adequadas;
- Avaliar a instrumentação das seções com nível de segurança global entre 1,1 e 1,3 de forma conjunta realizando análises de estabilidade para verificação da real condição de segurança. Deve-se destacar que a avaliação isolada de um instrumento pode não representar a condição de estabilidade da estrutura;
- Paralisar a atividade de lançamento de rejeito no reservatório até que a situação esteja controlada;
- Caso a situação tenha evoluído do NE-1, avaliar as causas que levaram à progressão da anomalia;
- Intensificar a avaliação da instrumentação instalada na barragem;
- Avaliar com o consultor as medidas a serem adotadas em caráter imediato, tais como bermas de equilíbrio e drenos de alívio;
- Monitorar as ações corretivas de modo a avaliar sua eficiência;
- Para o NE-2, a priori, não é mais possível confiar que as ações de mitigação serão eficientes.

Caso o problema evolua e a solução apresentada não seja eficaz deve-se passar para os procedimentos elencados na Ficha Nº 17 do Nível 3, referente a esta anomalia (*Leituras dos piezômetros e indicadores de nível d'água em nível de emergência, com fator de segurança global abaixo de 1.1, indicando ruptura iminente do barramento*).

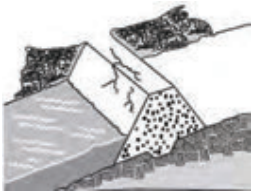
DISPOSITIVOS DE IDENTIFICAÇÃO	Leitura de instrumentos / Inspeções periódicas / Análise visual
DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO	Fita sinalizadora/cone
EQUIPAMENTOS	Equipamentos, veículos, ferramentas e insumos necessários as atividades

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 14**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-3**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Erosão, trincas, rachaduras, deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos generalizados (de grande extensão) a ponto de comprometer a integridade do barramento com a possibilidade de formação de uma brecha, e redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1.

CROQUIS TÍPICOS DA ANOMALIA


POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Impactos em APP – Áreas de Preservação Permanente;
- Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica;
- Inundação de propriedades à jusante com possibilidade de perda de vidas humanas e animais;
- Inundação da região à jusante da barragem, incluindo impactos na flora e na fauna;
- Interrupção de tráfego de vias de acesso importantes para a comunidade;
- Carreamento de sólidos para a jusante da barragem incluindo assoreamento de corpos d'água;
- Contaminação do meio ambiente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação externo NE-3.
- Avaliação da implantação de medidas mitigadoras remotas recomendadas pela equipe de Geotecnia;
- Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos;
- Realizar Estudo Ambiental na área impactada.
- Avaliar a remoção material do leito do curso de água (materiais que estiverem obstruindo o fluxo normal do curso de água);
- Avaliar a remoção dos sedimentos transportados;
- Estocar material em local adequado;
- Recuperação dos locais atingidos.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 15**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-3**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Ravinamento (erosão) de grande extensão no talude de jusante a ponto de comprometer a integridade do barramento com a possibilidade de formação de uma brecha, e redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Impactos em APP – Áreas de Preservação Permanente;
- Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica;
- Inundação de propriedades à jusante com possibilidade de perda de vidas humanas e animais;
- Inundação da região à jusante da barragem, incluindo impactos na flora e na fauna;
- Interrupção de tráfego de vias de acesso importantes para a comunidade;
- Carreamento de sólidos para a jusante da barragem incluindo assoreamento de corpos d'água;
- Contaminação do meio ambiente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação externo NE-3.
- Avaliação da implantação de medidas mitigadoras remotas recomendadas pela equipe de Geotecnia;
- Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos;
- Realizar Estudo Ambiental na área impactada.
- Avaliar a remoção material do leito do curso de água (materiais que estiverem obstruindo o fluxo normal do curso de água);
- Avaliar a remoção dos sedimentos transportados;
- Estocar material em local adequado;
- Recuperação dos locais atingidos.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 16**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-3**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Sismicidade ou ações de efeitos dinâmicos com danos sérios à barragem e/ou estruturas associadas a ponto de ocasionar descarga de rejeitos/água para jusante, com ruptura em desenvolvimento.

POSSÍVEIS IMPACTOS ASSOCIADOS

- Impactos em APP – Áreas de Preservação Permanente;
- Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica;
- Inundação de propriedades à jusante com possibilidade de perda de vidas humanas e animais;
- Inundação da região à jusante da barragem, incluindo impactos na flora e na fauna;
- Interrupção de tráfego de vias de acesso importantes para a comunidade;
- Carreamento de sólidos para a jusante da barragem incluindo assoreamento de corpos d'água;
- Contaminação do meio ambiente.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação externo NE-3.
- Avaliação da implantação de medidas mitigadoras remotas recomendadas pela equipe de Geotecnia;
- Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos;
- Realizar Estudo Ambiental na área impactada.
- Avaliar a remoção material do leito do curso de água (materiais que estiverem obstruindo o fluxo normal do curso de água);
- Avaliar a remoção dos sedimentos transportados;
- Estocar material em local adequado;
- Recuperação dos locais atingidos.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 17**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-3**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Deslocamentos e/ou recalques avançados, a ponto de comprometer a integridade do barramento com redução do fator de segurança para valores abaixo de 1.1.

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 ao longo do vale a jusante;
- Assoreamento dos cursos de água a jusante da barragem, com deposição de sedimentos no leito do rio 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;
- Impactos financeiros e multas ambientais.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação externo NE-3.
- Avaliação da implantação de medidas mitigadoras remotas recomendadas pela equipe de Geotecnia;
- Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos;
- Realizar Estudo Ambiental na área impactada.
- Avaliar a remoção material do leito do curso de água (materiais que estiverem obstruindo o fluxo normal do curso de água);
- Avaliar a remoção dos sedimentos transportados;
- Estocar material em local adequado;
- Recuperação dos locais atingidos.

CMOC	**FICHA DE EMERGÊNCIA**	**Nº 18**	***Revisão Nº 01***
	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	**NE-3**	
	EVENTO	**Problemas de Estabilidade**	

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Leituras dos piezômetros e indicadores de nível d'água em nível de emergência, com fator de segurança global abaixo de 1.1, indicando ruptura iminente do barramento.

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 ao longo do vale a jusante;
- 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;
- Impactos financeiros e multas ambientais.

PROCEDIMENTOS DE MITIGAÇÃO / MONITORAMENTO / REPARAÇÃO

- Implementar fluxo de notificação externo NE-3.
- Avaliação da implantação de medidas mitigadoras remotas recomendadas pela equipe de Geotecnia;
- Executar recuperação das áreas atingidas: diagnosticar e indicar tratamentos;
- Realizar Estudo Ambiental na área impactada.
- Avaliar a remoção material do leito do curso de água (materiais que estiverem obstruindo o fluxo normal do curso de água);
- Avaliar a remoção dos sedimentos transportados;
- Estocar material em local adequado;
- Recuperação dos locais atingidos.

18. REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Catálogo de Metadados da ANA. Divisão de Bacias Hidrográficas. 2016. Acesso em: 16/05/24. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/fe192ba0-45a9-4215-90a5-3fba6abea174>.

CENAD. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Orientações para apoio à elaboração de Planos de Contingência Municipais para barragens. 2016. 33p.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Bancos de dados – Patrimônio Arqueológico. 2024. Acesso em: 14/06/24. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1701/>.

Knight Piésold. Projeto da Engenharia detalhada da Etapa 1 da TSF do Vené 2. 2022, a.

Knight Piésold. Manual de Operações, Manutenção e Segurança para a Barragem do Vené – Etapa 1 (El. 30,00m). 2022, b.

Knight Piésold. Infraestrutura de gestão de água superficial do TSF do Vené 2. 2022, c.

Knight Piésold. Especificações técnicas para a TSF do Vené 2 – Etapa 1 (El. de 30,0 m). 2022, d.

SAFF. Estudo de Ruptura Hipotética – Barragem do Vené I e Vené II. 2025.

SEMA. Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Dashboard: Unidades de Conservação do Maranhão. Estado do Maranhão, 2019. Acesso em: 14/06/24. Disponível em: <https://ucsdoma.sema.ma.gov.br/sample-apps/ucsdoma/>

SIGBM. Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração. 2024. Acesso em: 16/05/24. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico>.

SNISB. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. 2024. Acesso em: 16/05/24. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/consultar-barragem>

Televale. Proposta técnica: Empreitada com aquisição, implantação, ativação, comissionamento e manutenções do Sistema Notificação de Emergência – CMOC Brasil: Mineração Aurizona – Vené II. 2023. 49 p.

TELLUS. Estudo de Ruptura Hipotética - Barragem do Vené e Vené II. 2026.

TELLUS. Relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem (RISR) 01/2026 – Barragem do Vené II. 2026.

TELLUS. Relatório Técnico – Níveis de Controle Barragem do Vené II. 2026.

ANEXOS

ANEXO A

LISTA DE CONTATOS

PAEBM

ANEXO A

LISTA DE CONTATOS PAEBM

BARRAGEM DO VENÉ II

MINERAÇÃO AURIZONA

Sumário

1. OBJETIVO 3
2. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO PAEBM 3

Lista de Quadros

Tabela 1 Lista de Contatos Internos 3
Tabela 2 Lista de Contatos Externos 6
Tabela 3 Lista de contatos de entidades externas e lideranças locais 7
Tabela 4 Listagem de contatos dos veículos de comunicação locais 8

1. OBJETIVO

O Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM exige que o empreendedor disponibilize contatos e telefones de agentes internos e externos para o atendimento a emergência de acordo com o planejamento do Plano. Os contatos e telefones a seguir dos agentes internos são atualizados e conferidos a cada revisão dos documentos ou quando houver alguma substituição de cargo e função, assim como os agentes externos são atualizados conforme a revisão dos documentos ou quando identificado a troca dos profissionais responsáveis.

2. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO PAEBM

Na necessidade de acionamento do PAEBM, deverão ser notificadas as áreas da MASA conforme a Tabela 1, além dos demais órgãos externos, conforme Tabela 2.

Tabela 1 Lista de Contatos Internos

LISTA DE CONTATOS INTERNOS DO PAEBM					
DATA DE ATUALIZAÇÃO: 13/05/2026					
CONTATOS IMEDIATOS E DE PRIORIDADE					
ELEMENTO DE NOTIFICAÇÃO	**NOME DO RESPONSÁVEL**	**CARGO**	**TELEFONE**	**Ramal**	**Faixa de rádio**
Coordenador do PAEBM	Wallison Cardoso dos Santos	Coordenador de Barragem	[redacted]	3110	3
1º Suplente do Coordenador do PAEBM	Claudemir da Fonseca Gomes Filho	Gerente de Meio Ambiente, Comunidade e Operação Fundiária	[redacted]	3104	10
Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	Erick Leonard	Gerente Corporativo Geotecnia de Engenharia	[redacted]	-	-
Suplente	Cícero Filho	Analista Geotécnico	[redacted]		
Sala de Crise	-	-	[redacted]	3110	1

CONTATOS OPERACIONAIS MASA					
ELEMENTO DE NOTIFICAÇÃO	**RESPONSÁVEL**	**CARGO**	**TELEFONES**	**Ramal**	**Faixa de rádio**
Empreendedor	Herbert Guido Ernesto	Gerente Geral	[redacted]	3105	-
Suplente	Fernando Sebastião Soares	Gerente de Planta e Barragem	[redacted]	3110	4
Assessoria Técnica	Erick Leonard	Gerente de Engenharia	[redacted]	-	-
	Germano Araujo	Engenheiro de Registro (EdR)	[redacted]	-	-
Suplente	Debora Villar	Engenheiro de Registro (EdR)	[redacted]	-	-
Grupo de Operação	Caio Seebregts	Gerente de Operação de Mina e Geologia	[redacted]	3136	7

CONTATOS OPERACIONAIS MASA					
ELEMENTO DE NOTIFICAÇÃO	**RESPONSÁVEL**	**CARGO**	**TELEFONES**	**Ramal**	**Faixa de rádio**
Suplente	João Guilherme Travassos Rios Tome	Gerente de Planejamento de Mina	[redacted]	3136	7
Operação de Mina	Juliano Guimarães	Engenheiro de Operação de Mina	[redacted]	3136	7
Suplente	Paulo Henrique Liberato da Silva	Engenheiro de Operação de Mina	[redacted]	3136	7
Operação de Usina	Fernando Sebastião Soares	Gerente de Planta e Barragem	[redacted]	3110	4
Suplente	Nathan Maick Ferreira	Coordenador de Processos	[redacted]	3173	4
Manutenção de Barragem	André Lucio de Carvalho	Supervisor de Barragem	[redacted]	3110	3
Suplente	Dyone Mesquita Silva	Técnico de Geotecnia de Barragem	[redacted]	3110	3
Tecnologia da Automação (TA)	Joel José Davi	Gerente de Manutenção	[redacted]	3138	6
Suplente	Emanuel Zozimo Gonçalves Belém	Coordenador de Manutenção	[redacted]	3172	6
Infraestrutura Geral	Manoel Gomes de Lima	Coordenador de Infraestrutura de Mina	[redacted]	3136	7
Suplente I	João Victor Karlburger	Engenheiro de Operação	[redacted]	3136	7
Suplente II	Antonio da Silva Vieira	Supervisor de Operação	[redacted]	3136	7
Meio Ambiente	Jacob Junior Monteiro	Coordenador de Meio Ambiente	[redacted]	3104	2
Suplente	Claudemir da Fonseca Gomes Filho	Gerente de Meio Ambiente, Comunidade e Operação Fundiária	[redacted]	3104	2
Grupo de Segurança de Barragem	Fernando Sebastião Soares	Gerente de Planta e Barragem	[redacted]	3110	4
Suplente	Wallison Santos	Coordenador de Barragem	[redacted]	3110	3
Geotecnia de Barragem	Raymundo Pacheco	Engenheiro Geotécnico	[redacted]	3110	3
Suplente	Joyce Lopes	Engenheira Geotécnica	[redacted]	3110	3
Geotecnia de Mina	Harlem Enckel Souza Cunha	Coordenador de Geotecnia	[redacted]	3110	7
Suplente I	Leardson Lima de Araujo	Engenheiro Geotécnico	[redacted]	3110	7
Suplente II	Raquel Baptista	Geotécnica	[redacted]	3110	7
Grupo de Saúde e Segurança	Charles Mendes Barbosa	Gerente de Saúde e Segurança	[redacted]	3107	10
Suplente	Celisvaldo Souza dos Santos	Engenheiro de Segurança do Trabalho	[redacted]	3107	10
Brigadista / Líderes de Abandono	Adriano Silva	Técnico em Segurança do Trabalho	[redacted]	3107	10
Suplente	Jéssica Pires Cunha	Técnica em Segurança do Trabalho	[redacted]	3107	10
Saúde	Gracilene do Socorro Garcia Setubal	Técnico em Enfermagem do Trabalho	[redacted]	3171	10
Suplente I	Celso Mendonça	Técnico em Enfermagem do Trabalho	[redacted]	3171	10
Suplente II	Sonia Souza Pereira do Rosário	Técnica em Segurança do Trabalho	[redacted]	3171	10

CONTATOS OPERACIONAIS MASA					
ELEMENTO DE NOTIFICAÇÃO	**RESPONSÁVEL**	**CARGO**	**TELEFONES**	**Ramal**	**Faixa de rádio**
Segurança do Trabalho	Jéssica Pires Cunha	Técnica em Segurança do Trabalho	[redacted]	3107	10
Suplente	Juliana Souza	Técnico em Segurança do Trabalho	[redacted]	3107	10
Grupo de Defesa	Silvano Ruas	Gerente de Segurança Patrimonial	[redacted]	3101	2
Suplente	Chiliardo Uéssiton dos Santos	Coordenador de Segurança Patrimonial	[redacted]	3101	2
Segurança Patrimonial	Feliciano Pires Martins Filho	Supervisor de Segurança Patrimonial	[redacted]	3101	2
Suplente	José da Silva Gonçalves	Supervisor de Segurança Patrimonial	[redacted]	3101	2
Administrativo (ADM)	Luana Soledade	Coordenadora de Facilities	[redacted]	3178	2
Suplente I	Ana Paula Caetano	Coordenadora de Recursos Humanos	[redacted]	-	-
Suplente II	Denise Reis	Analista Administrativo	[redacted]	3178	2
Comunicação Social	Claudemir da Fonseca Gomes Filho	Gerente de Meio Ambiente, Comunidade e Operação Fundiária	[redacted]	3104	10
Suplente	Anselmo Monteiro	Coordenador de Responsabilidade Social	[redacted]	3175	2
Comunicação Interna	Hélio Antunes	Analista de Departamento Pessoal	[redacted]	-	-
Jurídico	Giselle Christina Neves de Oliveira	Gerente Jurídico Regulatório	[redacted]	-	-
Suplente	Barbara Frota Rodrigues	Advogada	[redacted]	-	-
Recursos Humanos	Ana Paula Caetano	Coordenadora de Recursos Humanos	[redacted]	-	-
Suplente	Hélio Antunes	Analista de Departamento Pessoal	[redacted]		
Suprimentos	Walmir Junio dos Reis	Gerente de Controladoria	[redacted]	-	-
Suplente	Matheus Barbieri	Coordenador de Suprimentos	[redacted]	3142	2
Financeiro	Walmir Junio dos Reis	Gerente de Controladoria	[redacted]	-	-
Suplente	Rafael Ferreira Costa	Supervisor Fiscal	[redacted]	3198	2
Assessoria Interna	Eduardo César Silveira Lima	Diretor Executivo de Assuntos Corporativos	[redacted]	-	-
Suplente	Carla Lemos de Souza	Gerente de Responsabilidade Social	[redacted]		
Tecnologia da Informação (TI)	José Maria Rocha de Andrade	Supervisor de TI	[redacted]	3191	2
Suplente	Jeferson Menezes Costa	Assistente de TI	[redacted]	3193	2

Fonte: Mineração Aurizona, 2026.

Tabela 2 Lista de Contatos Externos

LISTA DE CONTATOS EXTERNOS			
ORGÃO OU ENTIDADE	**RESPONSÁVEL**	**TELEFONE**	**E-MAIL**
Agência Nacional de Mineração (ANM)	Luiz Paniago Neves	[redacted]	
Agência Nacional de Mineração (ANM) – Regional Maranhão	Thyago de Sousa Ribeiro		
Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD)	Armin Augusto Braun		
Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC)	Wolnei Aparecido Wolff Barreiros Plantão 24 horas		
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)	Rodrigo Agostinho		
Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)	Superintendência do IPHAN no Maranhão		
Ministério Público Federal (MPF)	Paulo Gonet Branco (Procurador-Geral da República)		
Superintendência Regional do Trabalho e Emprego no Maranhão (SRTE/MA)	Nivaldo Araújo Silva (Superintendente)		
Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Maranhão (CEPDECMA)	Célio Roberto Pinto de Araujo (Comandante Geral do Corpo de Bombeiros)		
Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA)	Plantão do Corpo de Bombeiros		
8º Batalhão de Bombeiros Militar de Pinheiro/MA	Plantão do Corpo de Bombeiros Tenente Francisco		
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA)	Pedro Carvalho Chagas (Secretário)		
Secretaria de Estado dos Direitos Humanos e Participação Popular (SEDIHPOP)	-		
Polícia Militar do Maranhão (PMMA)	Coronel PM Paulo Fernando Moura Queiroz (Comandante)		
Polícia Civil do Maranhão (PCMA)	Jair Paiva (Delegado Geral)		
Ministério Público do Estado do Maranhão (MPMA)	Eduardo Jorge Hiluy Nicolau (Procurador Geral de Justiça)		

LISTA DE CONTATOS EXTERNOS			
ORGÃO OU ENTIDADE	**RESPONSÁVEL**	**TELEFONE**	**E-MAIL**
SAMU	Plantão 24 horas	[redacted]	
Defesa Civil Municipal de Godofredo Viana/MA	Nilson		
Prefeitura Municipal de Godofredo Viana/MA	Márcio Heberth Viana Abreu		
Prefeitura Municipal de Luís Domingues/MA	Emanuel Izaque Cirino		

Fonte: Mineração Aurizona, 2026.

Tabela 3 Lista de contatos de entidades externas e lideranças locais

LOCALIDADE	NOME / ENTIDADE	CARGO/POSIÇÃO	TELEFONE
Carutapera/MA	Hospital Regional de Carutapera/MA Dr. Cyro Daniel Carvalhal	Responsável	[redacted]
Godofredo Viana/MA (Vila Aurizona)	Leandro Lima de Araújo	Liderança Comunitária	
	Daiane (Mirrosa)	Liderança Comunitária	
	Neuda (Ticô)	Liderança Comunitária	
	Edna Valino	Associação de Moradores	
	Cleide Amorim	Diretora UBS	
	Maria das Graças Tavares (Dona Gracinha)	Agente de Saúde UBS	
	Doriana Ramos	Técnica de Enfermagem	
	Jaelson de Araújo Ribeiro	Gestor Escolar	
	Luana Aparecida	Gestora Adjunta da Escola Dona Izabel Andrade	
	Erida da Silva Karlinsk	Professora	
	Adriene Dias	Diretora da Escola Marechal	
	Lindon Jhonson Paiva Sousa (Micharia)	Vereador	
	Davi Jorge Azevedo Setubal (Jorginho)	Vereador	

	Reginaldo Andrade	Barbeiro e Pescador - Vila Aurizona	[redacted]
	Paulo Adriano Amorim	Fornecedor Local	
	Marcos Pacheco (Marquinhos)	Fornecedor Local	
	Izaque Silva	Fornecedor Local	
	Isac Matos	Líder Religioso	
	Fabrício Ramos	Líder Religioso	
Godofredo Viana/MA (Barão do Pirucaua)	Daniara	Diretora Escolar	
	Eliene dos Santos	Liderança Comunitária	
Godofredo Viana/MA (Povoado São José)	Eliana Silva	Agente Comunitária de Saúde	
Luís Domingues/MA (Negra Velha)	Aline	Presidente da Associação Negra Velha	

Fonte: Mineração Aurizona, 2026.

Tabela 4 Listagem de contatos dos veículos de comunicação locais

LOCALIDADE	NOME / ENTIDADE	TELEFONE
Godofredo Viana	Rádio Jangada	[redacted]
Luís Domingues	Rádio Olho D'água	
Online	Blog do Neto Weba	

Fonte: Mineração Aurizona, 2024.

ANEXO B

FORMULÁRIOS E PROTOCOLOS

PAEBM

ANEXO B

FORMULÁRIOS E PROTOCOLOS

BARRAGEM DO VENÉ II

MINERAÇÃO AURIZONA

Sumário

1. OBJETIVO 3
2. RELATÓRIO DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS 9
3. MODELOS DE COMUNICAÇÃO 10

Lista de Quadros

Quadro 01 Modelo de mensagem do sistema de alerta de (Sirene) 7

Lista de Figuras

Figura 01 Comunicado sobre o Simulado Prático de Emergência 10
Figura 02 Comunicado sobre o Simulado Prático de Emergência (2) 11
Figura 03 Comunicado sobre o Exercício Expositivo Interno MASA 12

1. OBJETIVO

Segundo a Resolução ANM nº95/2022 e alterações, o empreendedor fica obrigado a emitir e enviar via SIGBM (Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração) a Declaração de Encerramento de Emergência para as autoridades públicas competentes estabelecendo o fim da situação de emergência, em até cinco dias após o encerramento da citada emergência.

O presente anexo apresenta modelos de formulários para:

- Registro de Situações de Emergência;
- Declaração de Início da Emergência;
- Declaração de Enceramento da Emergência;
- Notificação de Emergência; e
- Modelo de ofício para protocolo de PAEBM (Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração).

Formulário 1– Declaração de Início da Emergência

DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA

URGENTE

SITUAÇÃO: _____

Empreendedor: Mineração Aurizona – CMOC

BARRAGEM: _____

Eu, ____(nome e cargo)_____ , na condição de Coordenador do PAEBM da Barragem e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência, na Situação de nível de emergência_____, para a Barragem _____ a partir das _____ horas e _____ minutos do dia ___ / _____ / _____, em função da ocorrência de:_____

_____

_____ .

Godofredo Viana, _____de _____de 20_____.

_____

(Nome Coordenador PAEBM)

Formulário 2– Declaração de Encerramento de Emergência

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 de emergência: ____ /_____/_____

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto à ANM, que a situação de emergência iniciada em ____ /_____/_____ foi encerrada em ____ /_____/_____, em consonância com a Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, e Resoluções ANM vigentes.

Local e data.

_____

(Nome completo do Responsável Técnico)

CPF: _____

_____

(Nome completo do representante legal do empreendedor)

CPF: _____

Formulário 3 – Notificação de Emergência

MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração (PAEBM) da Barragem _____, pertencente à Mineração Aurizona – CMOC, localizada no município de Godofredo Viana, estado do Maranhão.

A partir das ___: ___ h de __ / ___ / ___, está sendo ativado o Nível de Emergência _____, feita por _____, Coordenador do PAEBM.

1. Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor: _____

Entidade Fiscalizadora: _____

Órgãos Públicos: _____

2. Descrição da situação (causas, evolução)

A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.)

_____

_____

_____

3. Medidas adotadas:

As circunstâncias ocorridas fazem com que devam se precaver e pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do PAEBM da Barragem de _____ e os respectivos Mapas de Inundação.

Esta é uma mensagem de (Declaração/Alteração) do Nível de Emergência, feita por_____, Coordenador do PAEBM da Barragem de _____.

Favor confirmar o recebimento desta comunicação ao Sr. _____ pelo telefone número _____, e/ou e-mail _____@_____.

Iremos mantê-los atualizados da situação em caso de mudança do Nível de Emergência. Nova Comunicação será emitida, dentro de _____ horas, para sua atualização.

Para outras informações, entre em contato com o Sr._____ pelo telefone número _____ e/ou e-mail _____@_____.

Quadro 01 Modelo de mensagem do sistema de alerta de (Sirene)

Situação	Mensagem
Situação real de emergência	Atenção, atenção, situação de emergência, atenção, atenção. Esta é uma situação real de emergência de rompimento de barragem. Dirijam-se para os pontos de encontro seguindo as rotas de fuga, conforme as Placas indicativas com segurança e tranquilidade. Aguardem demais orientações da defesa civil no ponto de encontro.
Simulado de emergência	Atenção, atenção. Este é somente um simulado de situação de emergência na barragem. Pedimos que paralise as suas atividades com segurança e dirijam-se para os pontos de encontro, seguindo as rotas de fuga, conforme as Placas indicativas, com tranquilidade.
Teste operacional do sistema	Atenção, este é um teste da sirene do sistema de alarme, permaneçam em suas atividades normais.
Falsa emergência	Atenção, atenção. É falsa a informação de emergência na barragem, não há necessidade de evacuação da área.

Formulário 4 – Modelo de ofício para protocolo do PAEBM

Cidade, dia de Mês de Ano.

Ilmo. Sr.

Órgão público

Cidade/Estado

Assunto: Protocolo dos Planos de Ação de Emergência de Barragem de Mineração – PAEBM.

Mineração Aurizona – CMOC, pessoa jurídica de direito privado, inscrita no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas – CNPJ sob o n°42.422.048/0001-38, com matriz localizada na Avenida Principal s/n, Vila de Aurizona, no município de Godofredo Viana – MA, vem, perante Vossa Senhoria, em atendimento ao Art. 36 da Resolução ANM nº95/2022, apresentar a versão atualizada dos seus Planos de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM, em conformidade com a legislação aplicável, relativo as barragens listadas abaixo:

Nome da Estrutura: _____

Mina: _____

Cidade: _____

Estado: _____

Versão do Doc. para Protocolo nº: _____

Estas versões substituem eventuais protocolos anteriores do PAEBM das referidas estruturas.

Atenciosamente,

_____

Nome do Coordenador
de PAEBM

2. RELATÓRIO DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

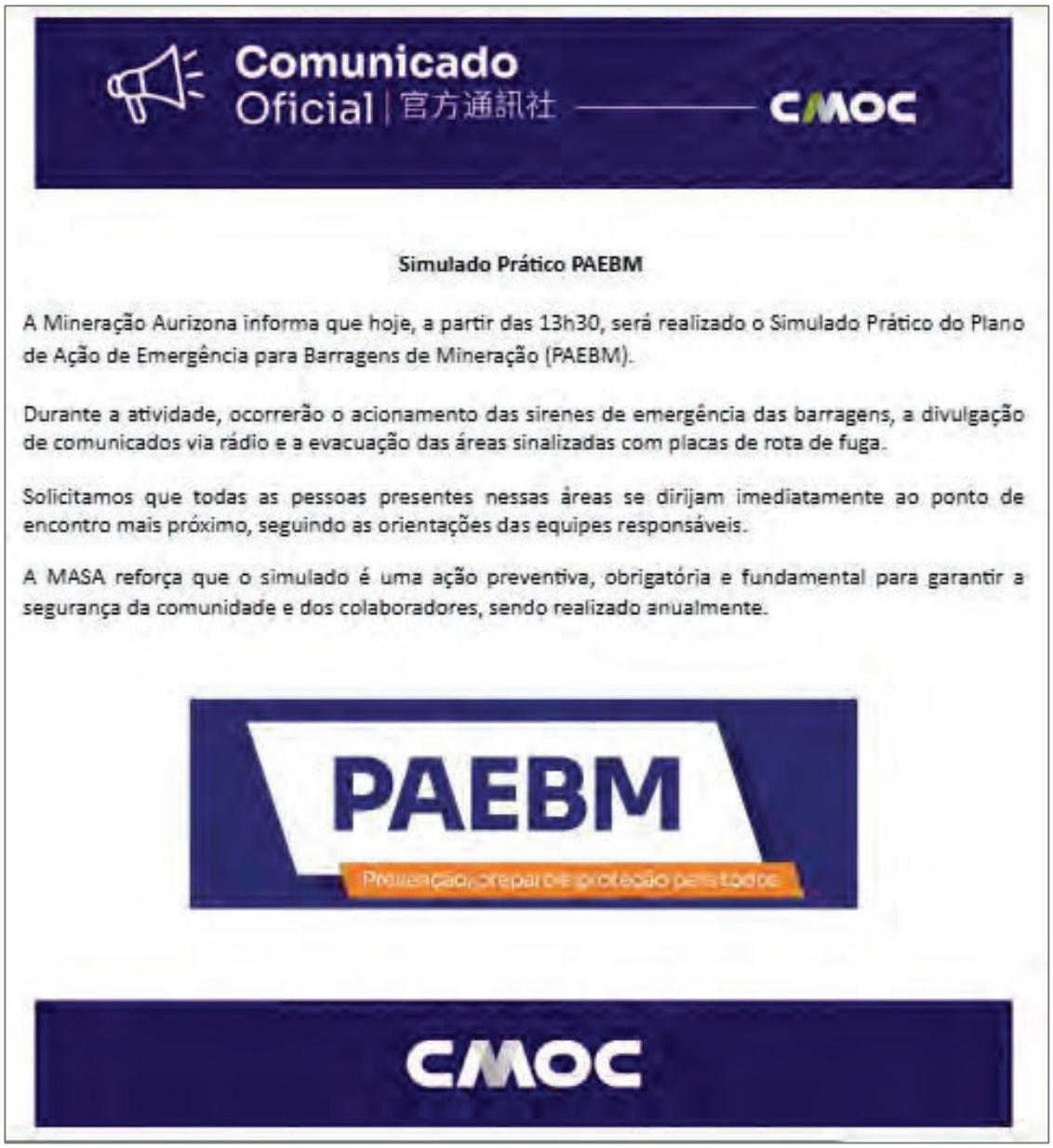
Uma vez terminada a situação de emergência Nível 3, o empreendedor fica obrigado a apresentar a ANM o Relatório de Causas e Consequências do Acidente (RCCA). Este relatório deverá ser elaborado exclusivamente por equipe multidisciplinar de consultoria externa 6 (seis) meses após a ocorrência do acidente, e anexado ao Volume V do Plano de Segurança de Barragem.

O conteúdo mínimo do Relatório de Causas e Consequências do Acidente é definido por:

- 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.

3. MODELOS DE COMUNICAÇÃO

Figura 01 Comunicado sobre o Simulado Prático de Emergência



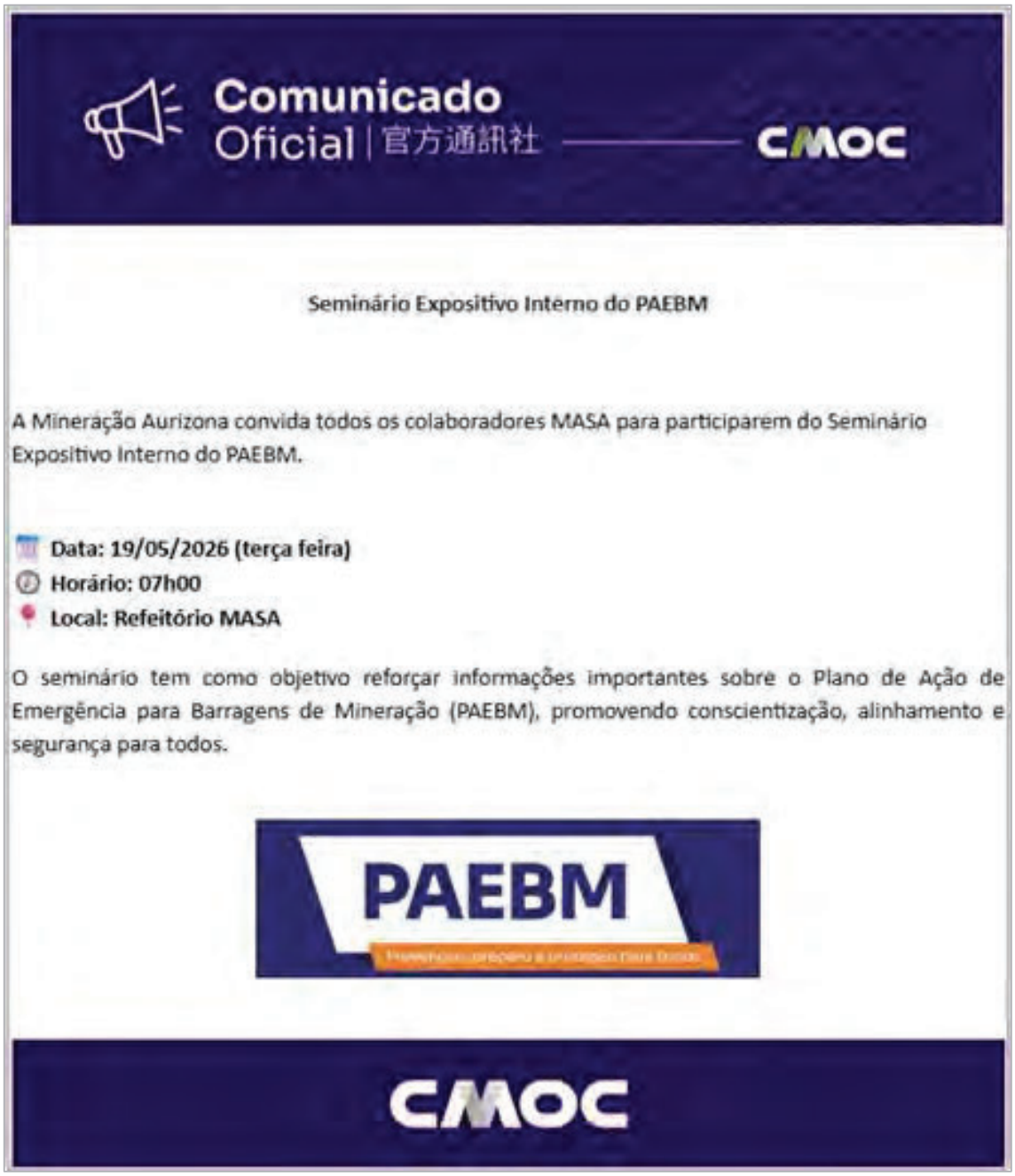
Fonte: Mineração Aurizona, 2026.

Figura 02 Comunicado sobre o Simulado Prático de Emergência (2)



Fonte: Mineração Aurizona, 2026.

Figura 03 Comunicado sobre o Exercício Expositivo Interno MASA



Fonte: Mineração Aurizona, 2026.

ANEXO C

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA E MAPAS DE INUNDAÇÃO

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA

BARRAGEM DO VENÉ E VENÉ II

Tellus COMPANY

Belo Horizonte, MG

À

CMOC – MINERAÇÃO AURIZONA

A/C: Sr. Fernando Sebastião Soares – Gerente Interino de Planta e Barragem

Sr. Érick Hicks – Gerente Sênior de Barragens e Projetos

Ref.: Ordem de Compra TL25-0149/2025

Objeto: RELATÓRIO DE ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA BARRAGEM DO VENÉ E BARRAGEM DO VENÉ II

Local: Vila de Aurizona, Godofredo Viana - CEP: 65285000

Prezados,

Apresentamos, através deste documento, o Relatório de Estudo de Ruptura Hipotética das estruturas geotécnicas de contenção de rejeitos **Barragem do Vené** e **Barragem do Vené II**, em atendimento a solicitação direta da CMOC MASA para atendimento legal à Agência Nacional de Mineração (ANM).

Colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se façam necessários.

Atenciosamente,

TELLUS COMPANY
Germano Araújo
Director President | Master Civil Engineer

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

REVISÕES

T.E.: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO; I - APROVADO

T.E.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	03/11/2025
B	1	ATENDIMENTO DE COMENTÁRIOS	MHB	MAC/DCV	GSA	25/11/2025
B	2	ATENDIMENTO DE COMENTÁRIOS	MHB	MAC/DCV	GSA	28/05/2026
B	3	ATENDIMENTO DE COMENTÁRIOS	MHB	MAC/DCV	GSA	16/06/2026
B	4	ATENDIMENTO DE COMENTÁRIOS	MHB	MAC/DCV	GSA	23/06/2026
I	5	APROVADO	MHB	MAC/DCV	GSA	26/06/2026

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 11

2 OBJETIVO 13

3 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR 14

4 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA 15

5 DOCUMENTOS UTILIZADOS 15

6 SÍNTESE METODOLÓGICA 17

7 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ESTRUTURA 20

7.1 LOCALIZAÇÃO 20

7.2 FICHAS TÉCNICAS 21

7.2.1 Barragem do Vené 21

7.2.2 Barragem do Vené II 23

8 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA 26

8.1 FUNDAÇÃO 26

8.1.1 Barragem do Vené 26

8.1.2 Barragem do Vené II 27

8.2 MACIÇO 29

8.2.1 Barragem do Vené 29

8.2.2 Barragem do Vené II 30

8.3 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA 36

8.3.1 Barragem do Vené 36

8.3.2 Barragem do Vené II 37

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

8.4 DRENAGEM SUPERFICIAL 38

8.4.1 Barragem do Vené 38

8.4.2 Barragem do Vené II 40

8.5 INSTRUMENTAÇÃO 40

8.5.1 Barragem do Vené 40

8.5.2 Barragem do Vené II 40

8.6 SISTEMA EXTRAVASOR 41

8.6.1 Barragem do Vené 41

8.6.2 Barragem do Vené II 44

8.7 RESERVATÓRIO 44

8.7.1 Barragem do Vené 44

8.7.2 Barragem do Vené II 44

9 CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS 45

9.1 DISPOSIÇÕES GERAIS 45

9.2 GEOLOGIA REGIONAL 45

9.2.1 Grupo Aurizona 47

9.2.2 Granófiro Piaba 48

9.2.3 Unidade Vulcânica Serra do Jacaré 48

9.2.4 Suíte Intrusiva Tromaí 48

9.3 GEOLOGIA LOCAL 49

9.3.1 Mina Piaba 49

9.4 MAPEAMENTO 51

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

9.5 SISMICIDADE 54

10 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS 58

10.1 ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS 58

10.1.1 Precipitação Máxima Provável (PMP) 62

10.1.2 Quantis de altura de chuvas e PMP para diversas durações 66

10.2 PARÂMETROS FÍSICOS E HIDROLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA 67

10.2.1 Barragem do Vené 69

10.2.2 Barragem do Vené II 71

10.2.3 Cava do Piaba 73

10.3 ESTUDOS HIDRÁULICOS 74

10.3.1 Curva Cota-Volume do Reservatório 75

10.3.1.1 Barragem do Vené 75

10.3.1.2 Barragem do Vené II 75

10.3.1.3 Cava do Piaba 76

10.3.2 Curva Cota-Descarga do sistema extravasor 77

10.3.2.1 Barragem do Vené 77

10.3.2.2 Barragem do Vené II 78

10.4 AVALIAÇÃO DO TRÂNSITO DE CHEIAS 80

10.4.1 Barragem do Vené 80

10.4.2 Barragem do Vené II 83

10.4.3 Cava do Piaba 86

10.5 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES 87

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

11 AVALIAÇÃO DO MODO DE FALHA 95

11.1 PROCESSO DE GESTÃO DE RISCOS PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO (PGRBM) 95

11.2 EROSÃO INTERNA (PIPING) 98

11.2.1 Barragem do Vené 99

11.2.2 Barragem do Vené II 99

11.3 GALGAMENTO (*OVERTOPPING*) 100

11.3.1 Barragem do Vené 101

11.3.2 Barragem do Vené II 101

11.4 LIQUEFAÇÃO 101

11.4.1 Barragem do Vené 102

11.4.2 Barragem do Vené II 102

11.5 INSTABILIDADE ESTRUTURAL 103

11.5.1 Barragem do Vené 104

11.5.2 Barragem do Vené II 105

11.5.3 Detalhamento do mecanismo físico de instabilização hipotético 105

11.6 MODOS DE FALHA ADOTADOS PARA A SIMULAÇÃO 107

11.7 CENÁRIOS DE RUPTURA CONSIDERADOS PARA A SIMULAÇÃO 107

12 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS E PARÂMETROS DE RUPTURA 109

12.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS 110

12.1.1 Classificação Química Do Rejeito – ABNT NBR 10.004 110

12.1.2 Caracterização Física do Rejeito 110

12.1.3 Concentração Volumétrica e Índice de Vazios 113

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

12.1.3.1 Ensaios de Laboratório – Concentração Volumétrica e Índices Físicos 113

12.1.3.2 Ensaios de Campo – Concentração Volumétrica e CPTus 114

12.1.3.3 Concentração Volumétrica 126

12.2 REOLOGIA 127

12.2.1 Propriedades Reológicas e Ensaios 127

12.2.2 Ângulo de Repouso 130

12.2.2.1 Ensaios de Ângulo de Repouso de Laboratório 131

13 VOLUME POTENCIALMENTE MOBILIZÁVEL 135

13.1 VOLUMETRIA DA BARRAGEM DO VENÉ 135

13.1.1 Volume Mobilizável e Concentração Volumétrica Final – Barragem do Vené 137

13.2 VOLUMETRIA DA BARRAGEM DO VENÉ II 141

13.2.1 Volume Mobilizável e Concentração Volumétrica Final – Barragem do Vené II 142

13.3 VOLUMETRIA DA CAVA 147

14 DEFINIÇÃO DAS EQUAÇÕES REOLÓGICAS 148

15 BRECHA E HIDROGRAMA DE RUPTURA 151

15.1.1 Cenário 1: Rompimento da Barragem do Vené (maciço oeste) em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso 153

15.1.1.1 Análise Hidrodinâmica do Evento em Cascata 154

15.1.1.2 Resumo técnico da modelagem em cascata 161

15.1.2 Cenário 2: Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso 163

15.1.3 Cenário 3: Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso 164

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.4 Cenário 4: Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso 165

15.1.5 Cenário 5: Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso 166

15.1.6 Cenário 6: Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso 167

15.1.7 Cenário 7: Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso 168

15.1.8 Cenário 8: Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por *Piping* – Dia Seco 169

15.1.9 Comparativo Geral dos Volumes 170

16 BASE TOPOBATIMÉTRICA E CONFIGURAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO 172

16.1 BASE TOPO ALTIMÉTRICA 172

16.1.1 Batimetria da Calha a Jusante 176

16.1.2 Levantamento topográfico Cava do Piaba 178

16.1.3 Integração Topo-Batimétrica 179

16.2 DESCRIÇÃO DO TRECHO DE PROPAGAÇÃO – VALE DE JUSANTE 181

16.3 PARÂMETROS DA MALHA DA SIMULAÇÃO– RIVERFLOW 2D 183

16.4 CRITÉRIO DE PARADA 184

17 RESULTADOS 184

17.1 CENÁRIO 1 - ROMPIMENTO DA BARRAGEM VENÉ (MACIÇO OESTE) EM CASCATA COM A BARRAGEM DO VENÉ II - DIA CHUVOSO 186

17.2 CENÁRIO 2 - ROMPIMENTO DO MACIÇO NORTE DA BARRAGEM VENÉ, SENTIDO CAVA DO PIABA - DIA CHUVOSO 199

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

17.3 CENÁRIO 3 - ROMPIMENTO DO MACIÇO NORTE DA BARRAGEM VENÉ II POR INSTABILIDADE ESTRUTURAL SEGUIDO DE GALGAMENTO – DIA CHUVOSO 201

17.4 CENÁRIO 4 - ROMPIMENTO DO MACIÇO OESTE DA BARRAGEM VENÉ II POR INSTABILIDADE ESTRUTURAL SEGUIDO DE GALGAMENTO – DIA CHUVOSO 209

17.5 CENÁRIO 5 - ROMPIMENTO DO MACIÇO SUDESTE DA BARRAGEM VENÉ II POR INSTABILIDADE ESTRUTURAL SEGUIDO DE GALGAMENTO – DIA CHUVOSO 217

17.6 CENÁRIO 6 - ROMPIMENTO DO MACIÇO SUL DA BARRAGEM VENÉ II POR INSTABILIDADE ESTRUTURAL SEGUIDO DE GALGAMENTO – DIA CHUVOSO 220

17.7 CENÁRIO 7 - ROMPIMENTO DO MACIÇO SUL DA BARRAGEM VENÉ POR INSTABILIDADE ESTRUTURAL SEGUIDO DE GALGAMENTO – DIA CHUVOSO 224

17.8 CENÁRIO 8 - ROMPIMENTO DO MACIÇO SUL DA BARRAGEM VENÉ POR *PIPING* – DIA SECO 227

17.9 RESUMO GERAL DOS RESULTADOS 231

18 MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDÁVEIS 232

19 MAPAS DE INUNDAÇÃO 232

20 CONSIDERAÇÕES FINAIS 234

21 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 237

22 APÊNDICES 239

22.1 A - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART 239

22.2 B - RELAÇÃO DOS MAPAS ELABORADOS 241

22.3 C – GRÁFICOS DOS RESULTADOS 243

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

1 INTRODUÇÃO

O presente documento técnico apresenta os resultados do Estudo de Ruptura Hipotética (Dam Break) das **Barragens do Vené e do Vené II**, localizadas no município de Godofredo Viana, estado do Maranhão, pertencentes à **Mineração Aurizona S.A. (MASA)**, subsidiária do grupo **CMOC**. O estudo foi elaborado pela **Tellus Company**, em conformidade com as diretrizes regulatórias e normas técnicas aplicáveis à segurança de barragens de mineração.

O desenvolvimento deste trabalho atendeu à solicitação formal da **CMOC**, visando ao cumprimento da legislação vigente e ao atendimento das recomendações apresentadas no Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM – RCO – Ciclo 2024/2025 (WA16923000-1-RH-RTE-0022_Rev1).

As recomendações técnicas constantes no referido RCO compreenderam:

- A simulação de novos cenários de ruptura, incluindo falhas potenciais nos demais maciços das estruturas;
- A realização de levantamento topográfico de alta precisão nos vales associados aos novos cenários;
- A execução de levantamento topobatimétrico detalhado para caracterização das calhas fluviais atingidas pelas manchas de inundação; e
- A revisão dos estudos hidrológicos dos vales a jusante, de modo a assegurar maior acurácia nas condições de contorno e nos resultados de propagação.

Em atendimento às recomendações do RCO e às definições técnicas estabelecidas entre a MASA e a equipe de auditoria da ACO do PAEBM, o presente estudo contemplou oito cenários de ruptura hipotética, incluindo a ruptura em cascata entre a Barragem do Vené e a Barragem do Vené II, rupturas independentes dos maciços da Barragem do Vené II, ruptura do maciço norte da Barragem do Vené no sentido da Cava do Piaba, ruptura do maciço sul da Barragem do Vené em condição chuvosa e ruptura por piping em condição de dia seco.

Dessa forma, o estudo teve como objetivo caracterizar a propagação da onda de cheia de ruptura e delimitar as áreas potencialmente inundáveis a jusante das estruturas, fornecendo subsídios técnicos para a reavaliação do Dano Potencial Associado (DPA) e para a atualização e validação do PAEBM das **Barragens do Vené e do Vené II**, em conformidade com as diretrizes regulatórias vigentes e com as melhores práticas de engenharia de segurança de barragens.

A elaboração do estudo foi pautada nos requisitos estabelecidos pelas seguintes legislações e normativas:

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010;
- Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012;
- Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020;
- Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022;
- Resolução ANM nº 130, de 24 de fevereiro de 2023;
- Resolução ANM nº 175, de 01 de agosto de 2024;
- Resoluções CNRH nº 143 e nº 144, de 10 de julho de 2012;
- ABNT NBR 17.188:2024, de 27 de junho de 2024; e
- ABNT NBR 13.028:2024, de 08 de novembro de 2024.

Para subsidiar as análises recomendadas, a **MASA** forneceu levantamentos topográficos atualizados da região do vale a jusante, bem como o cadastramento dos rios potencialmente impactados pela mancha de inundação. De posse dessas informações, o estudo de ruptura foi conduzido considerando os aspectos construtivos, operacionais, geotécnicos e hidrológicos das estruturas, além dos condicionantes topográficos e geográficos da área a jusante.

O escopo do trabalho abrangeu desde a definição dos cenários e modos de falha, passando pela caracterização dos volumes mobilizáveis e pela elaboração dos hidrogramas de ruptura e propagação, até a delimitação das zonas de risco e a avaliação dos tempos de resposta emergencial.

Os resultados obtidos são fundamentais para o aprimoramento da gestão da segurança operacional das estruturas geotécnicas, permitindo à **MASA** e aos órgãos reguladores a adoção de medidas preventivas, corretivas e emergenciais compatíveis com o potencial de impacto dessas barragens.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

2 OBJETIVO

O estudo tem como objetivo caracterizar a propagação das ondas de inundação resultantes dos cenários hipotéticos de ruptura da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**, considerando rupturas individuais, ruptura em cascata, falha em diferentes maciços e condições hidrológicas de dia chuvoso e dia seco. Busca-se, assim, delimitar as áreas potencialmente inundáveis a jusante, fornecendo subsídios técnicos à classificação do Dano Potencial Associado (DPA) e à atualização do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), em conformidade com as diretrizes da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2022) e com as recomendações internacionais de *Dam Break Safety Analysis* (FEMA, 2013; USBR, 1987).

Ressalta-se que o presente estudo se restringe apenas aos cenários de ruptura hipotética definidos pela equipe técnica da **MASA** juntamente com a equipe de auditoria de Avaliação de Conformidade e Operacionalidade (ACO) do PAEBM.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

3 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O empreendedor responsável pela **Mineração Aurizona S/A (MASA)**, incluindo a **Barragem do Vené** e a **Barragem do Vené II**, é a **CMOC**, apresentando-se, na **Tabela 3.1**, as principais informações do empreendedor, representante legal e responsável técnico da estrutura em epígrafe.

Tabela 3.1 – Dados gerais do empreendedor, do empreendimento e representante legal.

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR							
Razão Social ou nome:	Mineração Aurizona S/A						
Nome Fantasia:	Mineração Aurizona S/A (MASA)						
CNPJ/CPF:	[redacted]						
Endereço:	Av. Principal			**Nº/ Km:**	S/N		
Complemento:	-						
Bairro/ localidade:	Vila de Aurizona						
Município:	Godofredo Viana	**UF:**	MA	**CEP:**	65.285-000	**Caixa Postal:**	-
Telefone:	[redacted]			**E-mail:**	[redacted]		
IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO – BARRAGEM DO VENÉ							
Mina:	Mina do Piaba						
Nome da estrutura:	Barragem do Vené						
CNPJ/CPF:	[redacted]						
Finalidade da estrutura:	Contenção de Rejeitos						
Tipo de Barragem:	Maciço de Terra						
Coordenadas (SIRGAS2000)	415.420,21 (E)				9.856.358,00 (S)		
Endereço:	Av. Principal				**Nº/ Km:**	S/N	
Bairro/ localidade:	Vila de Aurizona						
Município:	Godofredo Viana	**UF:**	MA	**CEP:**	65.285-000	**Caixa Postal:**	-
Telefone:	[redacted]			**E-mail:**	[redacted]		
IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO – BARRAGEM DO VENÉ II							
Mina:	Mina do Piaba						
Nome da estrutura:	Barragem do Vené II						
CNPJ/CPF:	[redacted]						
Finalidade da estrutura:	Contenção de Rejeitos						
Tipo de Barragem:	Maciço de Terra						
Coordenadas (SIRGAS2000)	415.420,21 (E)				9.856.358,00 (S)		
Endereço:	Av. Principal			**Nº/ Km:**	S/N		
Bairro/ localidade:	Vila de Aurizona						
Município:	Godofredo Viana	**UF:**	MA	**CEP:**	65.285-000	**Caixa Postal:**	-
Telefone:	[redacted]			**E-mail:**	[redacted]		
IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDIMENTO							
Nome:	Anstruther Craig Bradley						
CPF	[redacted]			**Função:**	Diretor Técnico		
Telefone:	[redacted]			**E-mail:**	[redacted]		
IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR							
Nome:	Germano Araújo			**Formação:**	Engenheiro Civil		
CPF:	[redacted]			**CREA:**	11.003/D		
Telefone:	[redacted]			**E-mail:**	[redacted]		

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

4 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA

A ficha técnica da **Tellus** e os membros da Equipe Chave de profissionais que atuaram na elaboração deste documento encontra-se na **Tabela 4.1**.

Tabela 4.1 – Ficha técnica da Tellus e equipe envolvida.

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO				
Razão social:	TELLUS COMPANY ENGENHARIA LTDA			
CNPJ:	[redacted]			
Endereço:	Av. Barão Homem de Melo, nº 4554, 2° andar, Bairro Estoril, CEP: 30.494-270 – Belo Horizonte/MG			
Telefone:	[redacted]			
Site:	www.telluscompany.com.br			
EQUIPE TÉCNICA				
Nome	**Cargo**	**Responsabilidade**	**CREA**	**E-mail**
Germano Araújo	Engenheiro Geotécnico	Engenheiro de Registro/Coordenação	CREA-MG 11.003/D	[redacted]
Gabriela Amaral	Engenheira Geotécnica	Estudos Geotécnicos / Elaboração	CREA-MG 142223097-0	
Debora Villar	Engenheira Geotécnica	Estudos Geotécnicos / Elaboração	CREA-MT 039171	
Isabela Queiroz	Engenheira Geotécnica	Revisão técnica	CREA-MG 175298/D	
Mateus Barbosa	Mestre em Engenharia Ambiental	Elaboração de Estudos de Ruptura Hipotética, hidrológicos e Hidráulicos	CREA-MG 14209107-5	
Igor Jesus	Mestre em Recursos Hídricos	Elaboração de Estudos de Ruptura Hipotética, hidrológicos e Hidráulicos	CREA-MG 348294/D	
Michela Carneiro	Engenheira Hidróloga	Revisão de Estudos de Ruptura Hipotética, hidrológicos e Hidráulicos		

5 DOCUMENTOS UTILIZADOS

Na **Tabela 5.1** são apresentados os documentos disponibilizados pela **MASA** que subsidiaram a construção do presente estudo.

Tabela 5.1 – Relação dos documentos de referência utilizados no presente estudo.

Descrição do documento	Código (numeração)	Data de emissão
Relatórios e dados de caracterização		
Relatório técnico para licenciamento do projeto de descaracterização - Barragem do Vené	SAFF-MASA0-RT-022-R0	12/12/2024
Ensaios De Laboratório para Caracterização Geotécnica, Mineração Aurizona - Godofredo Viana/Ma	FG-2262-MAS-O-PI-RT01-00	10/09/2022
Anexo I - Boletins dos Ensaios e Análises	FGE-06-001-REC-02	12/07/2022
Laudo Caracterização do Solo - Barragem de Rejeitos Vené 01 - Novembro2024	Equinox*	08/11/2024

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Descrição do documento	Código (numeração)	Data de emissão
Laudo Caracterização do Solo - Barragem de Rejeitos Vené 02 - Novembro2024	Equinox*	08/11/2024
Relatório Levantamento Hidrográfico Levantamento Batimétrico Monofeixe Rio Tromaí (Aurizona) Rio Maracaçumé (São José)	OTINGA ENGENHARIA RT 001-25	09/2025
Aerolevantamento e Geração De Produtos Cartográficos	Aerosat	09/2024
Estudo Da Capacidade Volumétrica Do Reservatório Da Barragem Do Vené II	TL24-0214-0000-EG-NT-0011_3	19/08/2025
RISR - Relatório de Inspeção de Segurança Regular 2025/2 – Barragem do Vené	TL24-0214-0000-EG-RT-0050_1	18/09/2025
RISR - Relatório de Inspeção de Segurança Regular 2025/2– Barragem do Vené II	TL24-0214-0000-EG-RT-0051_1	11/09/2025
RPSB - Revisão Periódica de Segurança de Barragem – Barragem Vené I	FG-2475-MAS-S-BA-RT01-04	10/04/2025
Relatório Técnico - Barragem Do Vené I - Estudo De Ruptura Hipotética De Barragem – Cenário B1	SAFF-MASA022-RT-001-R1	08/2025
Relatório Técnico Estudo de Ruptura Hipotética Barragem do Vené	SAFF-MASA004-RT-001-R3	24/05/2024
Barragem Do Vené II Estudo De Ruptura Hipotética	SAFF-MASA009-RT-001-R1	17/08/2023
PGRBM - Barragem Do Vené - Processo De Gestão De Riscos Para Barragem De Mineração	SAFF-MASA013-PGRBM-002-R1	05/11/2024
PGRBM - Barragem Do Vené II - Processo De Gestão De Riscos Para Barragem De Mineração	SAFF-MASA013-PGRBM-001-R3	12/03/2024
PAEBM - Plano De Ação De Emergência Para Barragens De Mineração Barragem Do Vené II	STE-MZ004-PBM-PAE-TXT004-01	16/06/2025
PAEBM - Plano De Ação De Emergência Para Barragens De Mineração Barragem Do Vené I	STE-MZ004-PBM-PAE-TXT003-01	16/06/2025
Levantamentos Topográficos		
PRIMITIVO DA ÁREA DA VENÉ1 SIRGA.2000.dwg	Equinox*	-
Topografia_primitiva_Vene_II.dwg	Equinox*	-
FOOTWAL 29-09-2025 SIRGA.2000 (Levantamento topográfico - Cava Piaba).dwg	Equinox*	-
RIO TRUMAI AURIZONA_SET2025.dxf	OTINGA ENGENHARIA RT 001-25	09/2025
RIO MARACACUME_ALT_R1.dxf	OTINGA ENGENHARIA RT 001-25	09/2025
ACAD-FOOTWALL_MASTER_20250519_SIRGAS2000	Equinox*	-
CURVAS DE NIVEL _VENE2 MES 07-25	Equinox*	-
Ortofotos		
Ortofoto_LIDAR_2024_SIRGAS2000.tif	Equinox*	-
Barragem_20250618_Ortomosaico.tif	Equinox*	-
Caracterização dos Materiais		
Anexo I - Boletins dos Ensaios e Análises	Equinox*	-
Ensaio Reológico- Ensaios CiA&LAb 2022	Equinox*	-
Ensaios de Laboratório Para Caracterização Geotécnica	FG-2262-MAS-O-PI-RT01-00	10/09/2022
Laudo Caracterização do Solo - Barragem de Rejeitos Vené 01 - Novembro2024	24.2247CS	21/11/2024
Laudo Caracterização do Solo - Barragem de Rejeitos Vené 02 - Novembro2024	24.2247CS	21/11/2024

Nota:
* Documentos disponibilizados pela equipe técnica da **MASA**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

6 SÍNTESE METODOLÓGICA

A **Barragem do Vené** e a **Barragem do Vené II** foram construídas com a finalidade de armazenar rejeitos provenientes do processo de beneficiamento mineral do **Complexo Mineração Aurizona (MASA)**. O presente estudo foi desenvolvido pela **Tellus Company**, com base nas diretrizes técnicas nacionais e internacionais aplicáveis, incluindo a Resolução ANM nº 95/2022, a ABNT NBR 17.188/2024 e o boletim técnico *Tailings Dam Breach Analysis da Canadian Dam Association* (CDA, 2021).

Os volumes dos reservatórios foram atualizados considerando as topografias primitivas e batimétricas atualizadas de modo a possibilitar a definição das concentrações volumétricas (Cv) precisas e representativas da quantidade de sólidos (rejeitos depositados) e água. Tais parâmetros foram utilizados na definição do comportamento reológico do fluxo e na seleção da equação constitutiva do modelo numérico.

A caracterização química dos rejeitos foi realizada conforme os critérios da NBR 10.004/2004, classificando o material como resíduo Classe IIB, inertes, não perigoso. A caracterização reológica baseou-se em ensaios diretos conduzidos em amostras representativas dos rejeitos in situ, coletadas em diferentes pontos dos reservatórios, oriundos do ensaio específicos denominados “Ângulo de Repouso”, no qual o resultado obtido foi 2,80° (amostra BLEND 2), representando as condições físicas reais dos materiais depositados nos reservatórios. Esse parâmetro foi utilizado para a determinação do plano de instabilidade e, consequentemente, do volume potencialmente mobilizável em cada cenário de ruptura.

Para o desenvolvimento da modelagem hidrodinâmica, utilizou-se o software RiverFlow2D®, versão 8.13, em seu módulo de escoamento não permanente para fluidos newtonianos e não newtonianos. Para a condição de escoamento não permanente para fluidos não newtonianos foi considerando a equação reológica Turbulent & Coulomb para o cenário aplicável.

A abertura da brecha para cada cenário foi dimensionada conforme a metodologia de Froehlich (2016), ajustando-se os parâmetros de forma e tempo de formação de acordo com as características construtivas das barragens e com o modo de falha considerado. Os modos de ruptura analisados compreenderam os mecanismos de instabilização do maciço seguido de galgamento e *piping*.

O domínio de simulação abrangeu as **Barragens do Vené e do Vené II**, estendendo-se por aproximadamente 30 km ao longo dos cursos dos rios Tromaí e Maracaçumé, incorporando as principais calhas de escoamento e depressões topográficas a jusante. O modelo digital de terreno (MDT) utilizado apresentou resolução espacial de 1,0 m, integrando levantamentos topográficos e batimétricos atualizados das áreas dos reservatórios e do vale a jusante. Os coeficientes de rugosidade de *Manning* foram definidos

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

conforme o uso e cobertura do solo, refletindo as condições reais de resistência ao escoamento nos diferentes trechos do domínio.

Seguindo as diretrizes da ABNT NBR 17.188/2024, foram simulados dois cenários de ruptura (dia seco e dia chuvoso) e dois cenários de vazão natural (TR 2 anos e 100 anos). O cenário extremo, dia chuvoso, foi construído considerando a ação da chuva crítica (PMP), sobre a bacia de contribuição, enquanto o cenário provável, dia seco, representou uma condição de dia seco. Para os cenários de vazão natural, foi realizada a regionalização das vazões, utilizado o método do *index-flood*, com base em dados fluviométricos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), abrangendo as sub-bacias que compõem o sistema hidrográfico de interesse.

As simulações foram executadas até o atingimento do critério de parada recomendado pela FEMA (2013), correspondente a uma diferença de 0,61 m entre as profundidades máximas da vazão natural e da vazão oriunda do rompimento. Os resultados foram analisados quanto ao balanço de massa, à distribuição espacial do volume mobilizado e à propagação do fluxo ao longo do vale a jusante. As principais saídas de interesse incluíram os mapas de nível máximo da superfície livre (WSEL), profundidade máxima, velocidade máxima, tempo de chegada da onda de ruptura e hidrogramas nas seções de controle.

Por fim, ressalta-se que toda a metodologia adotada neste estudo segue as boas práticas recomendadas pela *Canadian Dam Association* (CDA, 2021), aliadas às normas brasileiras de segurança de barragens.

O resumo dos cenários simulados no presente estudo de ruptura hipotética das **Barragens do Vené e do Vené II** encontra-se apresentado na **Tabela 6.1**.

Tabela 6.1 - Cenários simulados no presente estudo de ruptura hipotética, da Barragem do Vené e da Barragem do Vené II.

Vazão Natural Ordinária
• Vazão natural de TR 2 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Regionalização de vazão com método index-flood;
Vazão Natural Extrema
• Vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Regionalização de vazão com método index-flood.
Cenário 1
Rompimento da Barragem do Vené (maciço oeste) em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso • Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum* (El. 38,22m); • O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP; • Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Para a Barragem do Vené considerou a abertura de brechas e hidrograma de ruptura;

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- Para a Barragem do Vené II considerou a abertura de múltiplas brechas (em todos os maciços) e hidrograma de ruptura.

Cenário 2

Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum* (El. 38,22 m);
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura;

Cenário 3

Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Cenário 4

Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Cenário 5

Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Cenário 6

Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 38,22 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Cenário 7

Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 38,22 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Cenário 8
Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por *Piping* – Dia Seco • Ruptura do maciço sul da Barragem do Vené por *piping*, em condição de dia seco, considerando N.A. inicial na El. 37,39 m, correspondente à soleira do extravasor, • O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP; • Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 2 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Para o cenário de ruptura em cascata, foi realizada análise hidrodinâmica preliminar da chegada do hidrograma da **Barragem do Vené** ao reservatório da **Barragem do Vené II**. Essa avaliação indicou galgamento praticamente simultâneo dos maciços da **Barragem do Vené II**, não sendo a ruptura isolada do maciço norte suficiente para aliviar o reservatório. Assim, adotou-se, para o Cenário 1, a ruptura simultânea dos maciços norte, oeste, sul e sudeste da **Barragem do Vené II**.

7 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ESTRUTURA

7.1 LOCALIZAÇÃO

A **Barragem do Vené** e a **Barragem do Vené II** estão localizadas na Mina do Piaba, operada pela **CMOC - Mineração Aurizona (MASA)**, no município de Godofredo Viana, estado do Maranhão.

O acesso a partir de São Luís pode ser feito através da travessia São Luís - Cujupe e posteriormente acessando a rodovia MA-106 até a BR 316 e MA- 206. Outra via usual de acesso é feita através da cidade de Belém (PA). Para isso, percorre-se a BR-316 por cerca de 283 km até a rodovia MA-206, entre as cidades de Boa Vista do Gurupi e Junco do Maranhão. Após 50 km nessa rodovia, acessa-se a MA-101, percorrendo-se mais 90 km até a cidade de Godofredo Viana. Destaca-se que a **MASA** está localizada na Vila Aurizona, sendo acessada por estrada de terra por cerca de 16 km, conforme exposto na **Figura 7.1**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

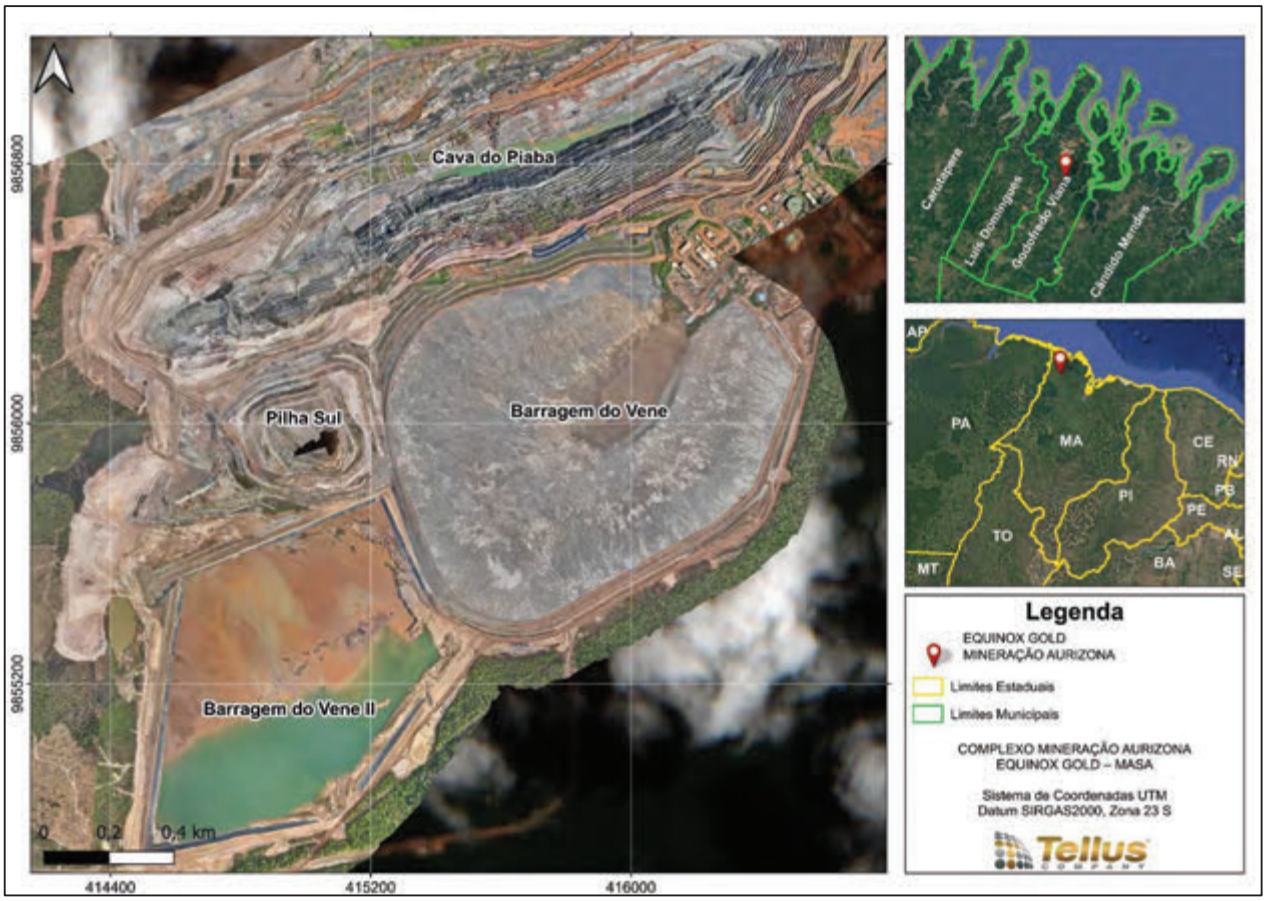


Figura 7.1 – Mapa de localização do Complexo MASA.

7.2 FICHAS TÉCNICAS

7.2.1 Barragem do Vené

A seguir, na **Tabela 7.1**, são apresentadas as características gerais da **Barragem do Vené** baseadas na documentação disponibilizada.

Tabela 7.1 - Ficha técnica da estrutura Barragem do Vené.

IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM		
ID da Barragem (ANM): 8547		
Barragem do Vené		
LOCALIZAÇÃO		
Município: Godofredo Viana –MA		
Coordenadas UTM: 415.609,87 E / 9.855.895,01 N – Fuso 23M (Datum SIRGAS2000)		
DADOS GERAIS		REFERÊNCIA
Categoria de Risco (CRI) - ANM	Alta	

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM		
ID da Barragem (ANM): 8547		
Barragem do Vené		
LOCALIZAÇÃO		
Município: Godofredo Viana –MA		
Coordenadas UTM: 415.609,87 E / 9.855.895,01 N – Fuso 23M (Datum SIRGAS2000)		
DADOS GERAIS		**REFERÊNCIA**
Dano Potencial Associado (DPA) - ANM	Alto	SIGBM ANM – Acesso em outubro de 2025
Gestão Operacional (GOP) - ANM	B	
Tipo de Rejeito	Classe II B - (Inerte) não perigoso	
Finalidade	Contenção de Rejeitos.	PSB, Vol. I, Tomo 1 SIGBM – Acesso em outubro de 2025
Elevação da crista (m)	41,00 (SAD69 LOCAL) 39,40 (SIRGAS 2000)	
Altura atual (m)	38,00	
Comprimento da Crista (m)	3.449,00	
Largura da Crista (m)	6,00	
Tipo de Seção	Seção heterogênea com núcleo em solo laterítico e maciço em estéril compactado.	
Tipo de Fundação	Camadas silto-arenosas, arenosas e, às vezes, argilosas com contribuições de areia ou silte em diferentes proporções.	SAFF-MASA015-RISR-003-R2 RISR – 2°/2024
Volume Máximo do Reservatório (m³)	18.501.054,83	SIGBM ANM – Acesso em outubro de 2025
Volume Atual do Reservatório (m³)	17.500.000,00	
Área do reservatório (m²)	882.429,18	
Situação operacional (ANM)	Em descaracterização	
Disposição de rejeito no reservatório	Disposição de rejeitos paralisada desde dezembro de 2023.	FG-2120-MAS-S-BA-RT01-01 RPSB – 12/2024
Início da Operação	2018	SIGBM ANM – Acesso em outubro de 2025
Projetista	Golder (2009): Dique de partida – El. 16,00 m Golder (2010): Etapa 01 – El. 21,20 m GHT (2012): Etapa 02 – El. 27,00 m GHT (2014): Etapa 03 – El. 29,50 m BVP Engenharia (2018/2019): Etapa 03 – El. 31,60 m Knight Piésold (2019/2020): Etapa 04 – El. 35,00 m Knight Piésold (2020/2021): Etapa 05 – El. 38,00 m Knight Piésold (2021/2022): Etapa 06 – El. 41,00 m	SAFF-MASA015-RISR-003-R2 RISR – 2°/2024
Inclinação do talude de Jusante	2,5H/1,0V	PSB, Vol. I, Tomo 1
Inclinação do talude de Montante	3,5H/1,1V	
Drenagem Interna	É composta por um tapete drenante tipo sanduíche, seguido de dreno de pé, conectando a um filtro inclinado e filtro vertical até a elevação 39,50 m.	SAFF-MASA015-RISR-003-R2 RISR – 2°/2024
Drenagem Superficial	Composto por sarjetas, canaletas de concreto pré-moldadas com seção do tipo meia cana e 0,30 m de diâmetro, canais periféricos revestidos com geotêxtil e blocos argamassados.	

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM		
ID da Barragem (ANM): 8547		
Barragem do Vené		
LOCALIZAÇÃO		
Município: Godofredo Viana –MA		
Coordenadas UTM: 415.609,87 E / 9.855.895,01 N – Fuso 23M (Datum SIRGAS2000)		
DADOS GERAIS		**REFERÊNCIA**
Método construtivo	Dique de partida (El. 16,00 m) – Etapa única 1ª Etapa (El. 21,20 m) – A jusante 2ª Etapa (El. 27,00 m) – Linha de centro 3ª Etapa (El. 29,50 m) – Linha de centro 3ª Etapa (El. 31,60 m) – Linha de centro 4ª Etapa (El. 35,00 m) – Linha de centro 5ª Etapa (El. 38,00 m) – Linha de centro 6ª Etapa (El. 41,00 m) – Linha de centro	
Instrumentação existente	14 Medidores de nível d'água.	Software *Sentnel* – Acesso em outubro de 2025
	07 Poços de monitoramento.	
	38 Piezômetros Casagrande.	
	25 Piezômetros elétricos.	
	23 Marcos superficiais (MS).	
	27 Prismas, sendo 3 de referência	
	14 Tiltímetros (TM).	
	05 Medidores de vazão (MV).	
	1 Pluviômetro (PL).	
	1 Régua linimétrica (RL).	
HIDROLOGIA/HIDRÁULICA		**REFERÊNCIA**
N.A. Máximo Maximorum (m)	39,83 (SAD 69 LOCAL) 38,22 (SIRGAS 2000)	TL24-0214-0000-EG-RT-0050 RISR 02/2025
Chuva de Projeto - PMP (mm)	431,87	
Duração Crítica – PMP	06 horas	
Vazão Afluente (m³/s)	45,84	
Vazão Defluente (m³/s)	13,17	
Área de Drenagem (km²)	1,01	
Tempo de Concentração (min)	5,00	
CN Ponderado	95,50	
Borda Livre (m)	1,18	
Tipo de extravasor	Trapezoidal, revestido em enrocamento	
Elevação da Soleira do Extravasor (m)	39,00 (SAD 69 LOCAL) 37,39 (SIRGAS 2000)	
Dimensões do extravasor	9,33 m de largura inferior, 2,01 de altura e inclinações dos taludes de 1,0V:2,3H.	

7.2.2 Barragem do Vené II

A seguir, na **Tabela 7.2**, são apresentadas as características gerais da **Barragem do Vené II** baseadas na documentação disponibilizada.

Tabela 7.2 - Ficha técnica da estrutura Barragem do Vené II.

IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM
ID da Barragem (ANM): 10185
BARRAGEM DO VENÉ II

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM		
LOCALIZAÇÃO		
Município: Godofredo Viana –MA		
Coordenadas UTM: 414.586,51 E / 9.855.237,26 N – Fuso 23M (Datum SIRGAS2000)		
DADOS GERAIS		**REFERÊNCIA**
Categoria de Risco (CRI) - ANM	Média	SIGBM – Acesso no mês 10/2025
Dano Potencial Associado (DPA) - ANM	Alto	
Gestão Operacional (GOP) - ANM	A	
Tipo de Rejeito	Classe II B - (Inerte), não perigoso	SAFF-MASA015-RISR-004-R0 RISR – 2°/2024 SIGBM – Acesso em outubro de 2025
Finalidade	Armazenamento de rejeitos provenientes do beneficiamento de ouro e recirculação de água	
Elevação da crista (m)	30,00 (SAD69LOCAL) 28,39 (SIRGAS2000)	
Altura atual (m)	20,00	
Comprimento da Crista (m)	3.000,00	
Largura da Crista (m)	6,00	
Tipo de Seção	Barragem de material terroso, seção homogênea construída com estéril, filtro de areia para drenagem interna e talude de montante revestido em geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) de 1,5 mm (0,06 pol).	
Tipo de Fundação	Laterita superficial, saprólito, rocha de transição e rocha levemente intemperizada, todas sobrepostas à rocha sã.	
Volume Máximo do Reservatório (m³)	6.240.409,62	SIGBM – Acesso no mês 10/2025
Volume Atual do Reservatório (m³)	4.105.766,00	
Área do reservatório (m²)	680.000	
Situação operacional (ANM)	Em operação	
Disposição de rejeito no reservatório	Ativa	
Início da Operação	2023	
Projetista	Knight Piésold (2022): Etapa 01 – El. 30 m Tellus Company (em andamento): Etapa 02 – El. 31,50 m	SAFF-MASA015-RISR-004-R0 RISR – 2°/2024
Inclinação do talude de Jusante	Entre bermas – 1,0V:2,5H Global – 1,0V:3,5H	
Inclinação do talude de Montante	1,0V:3H	

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM		
Drenagem Interna	Tubos de PEAD perfurados com 0,30 m de diâmetro, instalados nos maciços Norte, Sul e Sudeste. Esses tubos estão alocados em valas preenchidas com brita, conectando-se ao filtro de areia posicionado entre o material do forro de base e o material residual que compõe o maciço. Localizados na base da fundação da barragem, os tubos de descarga encontram-se situados nos pontos mais baixos da estrutura, garantindo eficiência no sistema de drenagem.	SAFF-MASA015-RISR-004-R0 RISR – 2°/2024
Drenagem Superficial	O sistema de drenagem superficial da Barragem do Vené é composto por sarjetas, canaletas de concreto pré-moldadas com seção do tipo meia cana e 0,30 m de diâmetro, canais periféricos revestidos com geotêxtil e blocos argamassados. Parte do sistema de captação e condução direciona o fluxo superficial de parte do maciço principal ao sump Sul (instalado imediatamente a jusante do barramento).	
Método construtivo	1ª Etapa (El. 30,00 m) – Etapa única	
Instrumentação existente	47 Piezômetros Elétricos (PE) / 13 Piezômetros Casagrande (PZ)	Software de monitoramento de estrutura "Sentnel" - Acesso em 10/2025
	14 Marcos superficiais (MS)	
	8 Tiltímetros (TM)	
	4 Medidores de vazão (MV)	
	1 Pluviômetro (PL)	
	1 Régua linimétrica (RL)	
HIDROLOGIA/HIDRÁULICA		**REFERÊNCIA**
Área da bacia de contribuição (km²)	0,74	TL24-0214-0000-EG-RT-0049 RISR 2/2025
Tempo de concentração (min)	5	
Vazão máxima afluente – PMP (m³/s)	6,41	
Vazão máxima defluente – PMP (m³/s)	2,78	
NA Máximo Normal Operacional – Soleira do Extravasor (m)	28,11 (SAD) 26,50 (SIRGAS)	
NA Máximo Maximorum – PMP (m)	28,81 (SAD) 27,20 (SIRGAS)	
Borda Livre Remanescente – PMP (m)	1,19	
Sistema Extravasor	Apresenta um emboque trapezoidal com 1,1 m de largura na base, 2,0 m de altura e taludes laterais com inclinação de 2H:1V	

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

8 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A seguir, serão apresentadas as principais informações sobre a **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II,** de maneira objetiva e resumida, obtidas através de avaliação pretérita dos documentos disponibilizados pela equipe técnica de **MASA**.

8.1 FUNDAÇÃO

8.1.1 Barragem do Vené

De acordo com os dados contidos no "As Built" da segunda etapa de alteamento (ARZ-1063-RL-001-R0), elaborados pela empresa GeoHydroTech Engenharia (GHT), emitido em julho de 2015, parte da fundação da barragem inicial está assentada sobre solos argilosos de consistência média, com presença de matacões compostos por grãos finos típicos do processo de intemperismo.

Tal descrição condiz com o modelo geológico apresentado no projeto executivo de 2008, desenvolvido pela empresa Golder Associates (Golder), que identificou uma camada de areia siltosa fina se estendendo desde a ombreira esquerda até a porção central da barragem. Acima dessa camada de origem aluvionar, encontram-se solos residuais argilo-siltosos, com presença de laterita, que se estendem até a ombreira direita, aflorando e apresentando valores de NSPT entre 11 e 50 golpes.

Com base nas informações das seções geotécnicas do projeto executivo do 3º alteamento, elaborado pela BVP Engenharia (BVP), foi identificada uma camada contínua de baixa resistência com textura silto-arenosa, apresentando valores de NSPT variando entre 02 e 06 golpes. Essa camada de origem aluvionar localiza-se a jusante da barragem, sendo especificada em projeto a sua remoção. Nos registros de "As Built" dessa etapa, observa-se que apenas parte dessa camada foi removida durante as escavações de etapas anteriores, que variaram entre 4 e 7 metros de profundidade. As escavações ocorreram, em grande parte, abaixo do nível da água e envolveram a remoção do solo saturado, com valores de NSPT variando entre 02 e 04.

De acordo com o relatório de "As Built" da Etapa 6 de alteamento (VA201-469/20-1), elaborado pela KP, que se refere ao último alteamento da **Barragem do Vené**, o preparo da fundação incluiu a supressão da vegetação, raspagem e destocamento da projeção do aterro, escavação da camada superficial do solo e remoção de materiais orgânicos e solos moles, além do rebaixamento da fundação conforme necessário. O documento conclui que as características geológicas descritas nos projetos anteriores se mantiveram.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

8.1.2 Barragem do Vené II

De acordo com os dados apresentados no documento "Relatório Sumário de Construção da Etapa 1 da TSF da Vené 2", desenvolvido pela empresa Knight Piésold Ltd (KP) sob a referência VA201-469/26-3 em novembro de 2023, bem como dos Relatórios Fatuais de Investigação Geotécnica elaborados pela Geominas em 2021, identificados pelos números RT-GS-052-21-02 e RT-GS-052-21-03, as fundações possuem as seguintes características:

- Maciço Norte: Constituída por um silte arenoso compacto, seguido por um saprólito completamente intemperizado e outro altamente intemperizado, ambos com granulometria silte argilosa e consistência rígida.
- Maciço Oeste: Composta por um silte argiloso de consistência variando entre dura e muito dura, seguido de um saprólito altamente intemperizado com granulometria silte argilosa e consistência firme. Na porção mais a jusante, as camadas superficiais apresentam areia siltosa de compactação intermediária a rija.
- Maciço Sul: Formado por um silte argiloso pouco arenoso de consistência rija, sobreposto por um saprólito completamente e altamente intemperizado, ambos com granulometria silte argilosa e consistência dura.
- Maciço Sudeste: Caracteriza-se por um silte arenoso seguido por um silte argiloso e um saprólito completamente intemperizado, com granulometria silte argilosa e consistência firme.

Segundo as investigações de campo realizadas na área da fundação, conforme apresentado no "Relatório Sumário de Construção da Etapa 1 da TSF da Vené 2", elaborado pela KP em 2023, durante as escavações da fundação do maciço Sul, foi identificada uma camada de solo residual com elevado teor de argila. Esse material mostrou-se sensível à umidade, tornando-se mole e dúctil quando saturado, o que o tornava inadequado para suportar a estrutura projetada. Com base nessa constatação, foram realizadas escavações adicionais de trincheiras e poços de investigação para determinar a espessura dessa camada e estabelecer a profundidade necessária para atingir um substrato adequado. Além disso, esse mesmo material foi detectado nos maciços Oeste e Norte durante o processo investigativo.

As análises indicaram que essa camada continha pedregulhos e crostas rijas, similares a seixos, que atuavam como condutos preferenciais para a infiltração de água subterrânea, resultando na saturação do material. Esse horizonte de silte argiloso caulinítico é comumente encontrado em camadas mais profundas de solos residuais, antecedendo a exposição do saprólito.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Foram realizadas investigações e, a partir dos resultados, projetou-se uma trincheira de vedação com o objetivo de mitigar a percolação sob o maciço Oeste, estendida até a fundação dos maciços Sul e Norte, após identificação do mesmo material, incluindo a remoção dos siltes argilosos caulinítico moles e altamente permeáveis, bem como das crostas duras, sendo tais materiais substituídos por laterita compactada de baixa permeabilidade, conectada ao saprólito. Além disso, foi incorporado um revestimento de geomembrana de PEAD na base desse aterro de laterita, localizado no pé do talude de montante da barragem.



Figura 8.1 – Vista da escavação de fundação (VA201-469/26-3 Rev 3).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 8.2 – Vista da escavação de fundação (VA201-469/26-3 Rev 3).

8.2 MACIÇO

8.2.1 Barragem do Vené

A **Barragem do Vené** foi construída em seção mista, com núcleo laterítico, filtro de areia e aterro em estéril de mina. O barramento possui três seções, sendo elas Ombreira Norte, Aterro Principal e Ombreira Sul. A estrutura passou por 6 etapas de alteamento até alcançar a elevação atual (El. 41,0 m SAD / 39,40 m SIRGAS2000). A **Figura 8.3** expõe a condição atual do maciço na região da Ombreira Norte.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 8.3 – Maciço da Barragem do Vené da região da Ombreira Norte (Fonte: Tellus, 2025).

8.2.2 Barragem do Vené II

Segundo o Relatório “As Built”, documento n° VA201-469/26-3 Rev 3, o maciço da **Barragem do Vené II** foi executado em aterro, utilizando estéril proveniente da operação, laterita, geotêxtil e geomembrana.

A estrutura executada envolve os maciços Leste, Norte, Oeste, Sul e Sudeste, com a crista na El. 30,0 m e 6,0 m de largura, assim como especificado em projeto. A **Figura 8.4** apresenta o arranjo geral da estrutura.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

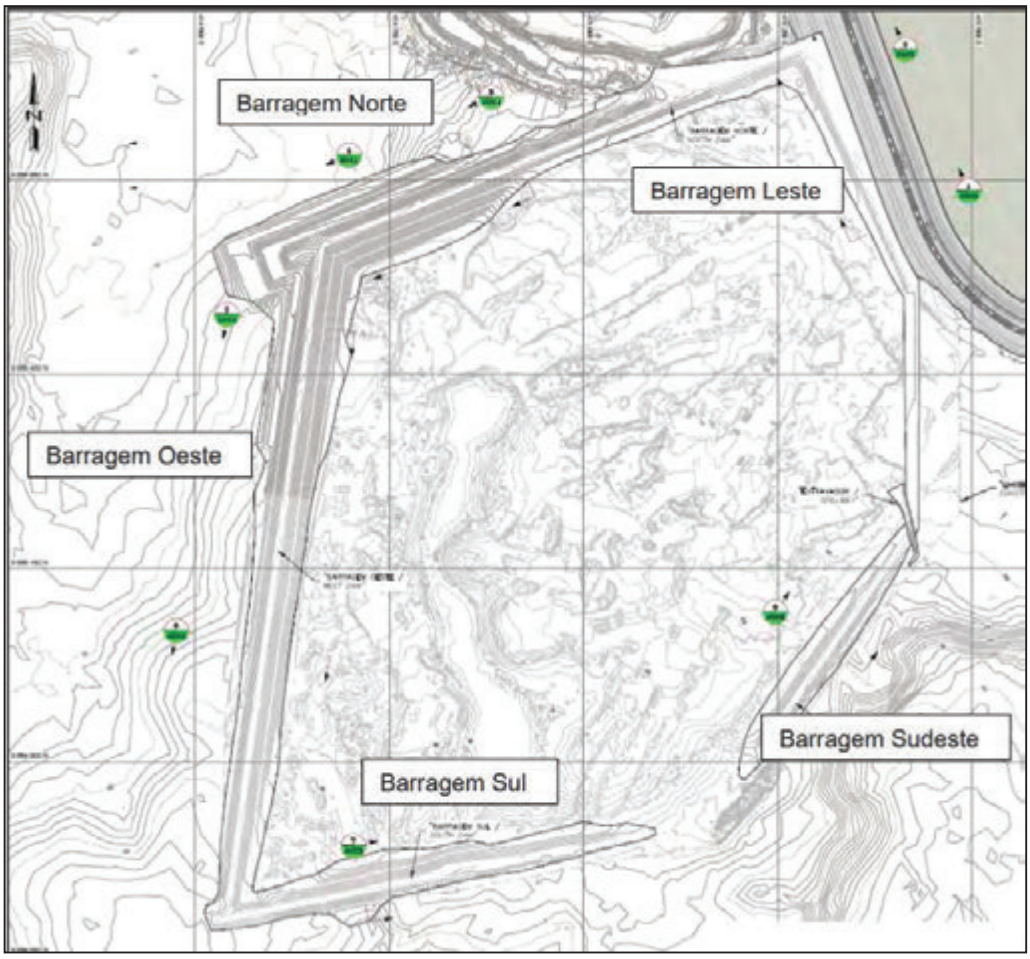


Figura 8.4 – Arranjo Geral do Projeto da Etapa 1 (VA201-469/26-3).

O talude de montante, segundo o Relatório “As Built”, documento n° VA201-469/26-3 Rev 3, foi executado com uma inclinação de 3,0 H:1,0 V e revestido com geomembrana de PEAD de 1,5 mm de espessura, da crista e estendida ao longo do pé de montante. Já para os taludes de jusante, foram executadas bermas com 6,0 m de largura e 6,0 m de altura com inclinação de 2,5 H:1,0 V. As principais seções da estrutura são apresentadas abaixo, da **Figura 8.7** à **Figura 8.14**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 8.5 – Vista geral execução do aterro do maciço Oeste (VA201-469/26-3 Rev 3).



Figura 8.6 – Vista geral execução do maciço Norte e Sul respectivamente (VA201-469/26-3 Rev 3).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

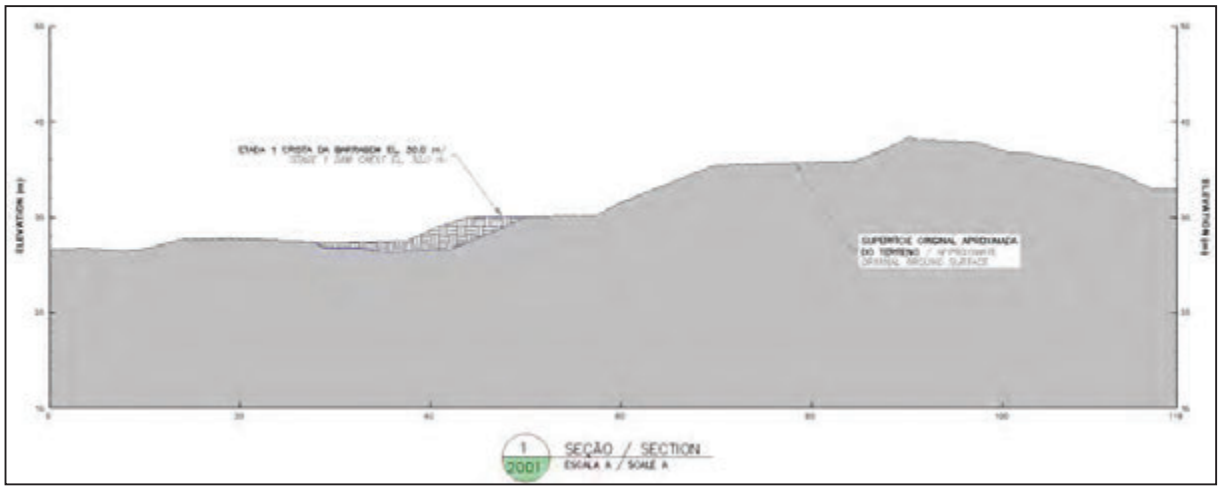


Figura 8.7 – Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 1 (VA201-469/26) – C2020 – Revisão 1).

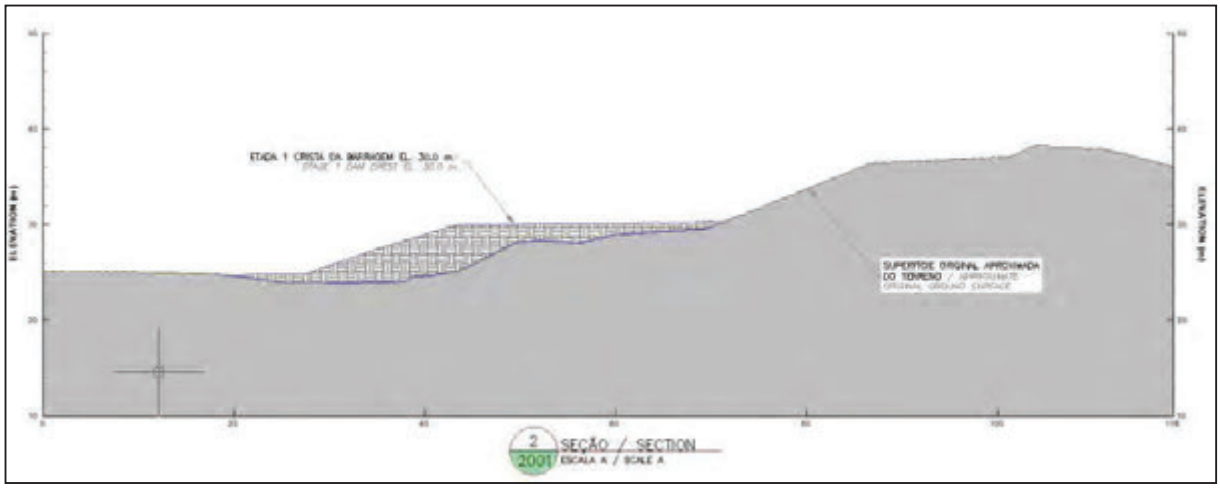


Figura 8.8 - Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 2 (VA201-469/26) – C2020 – Revisão 1).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

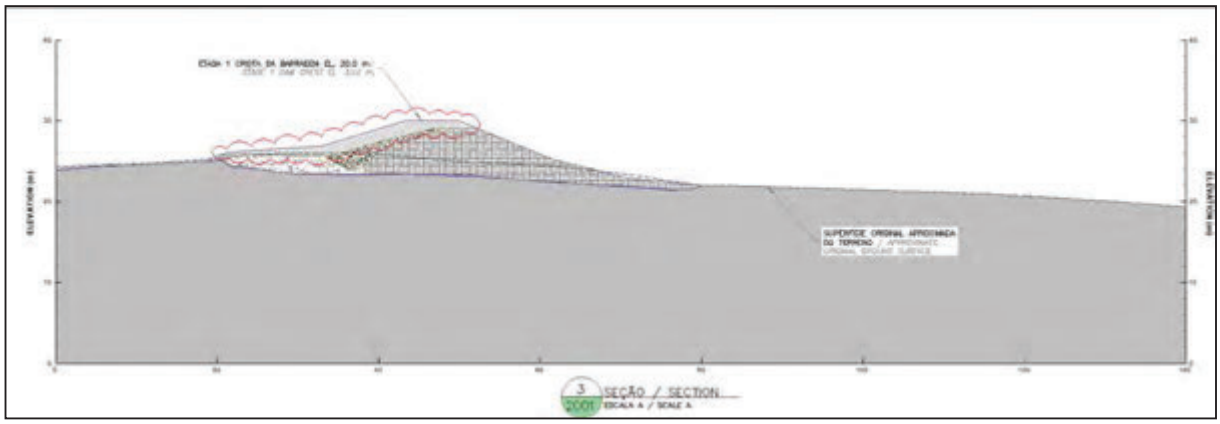


Figura 8.9 - Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 3 (VA201-469/26) – C2021 – Revisão 1).

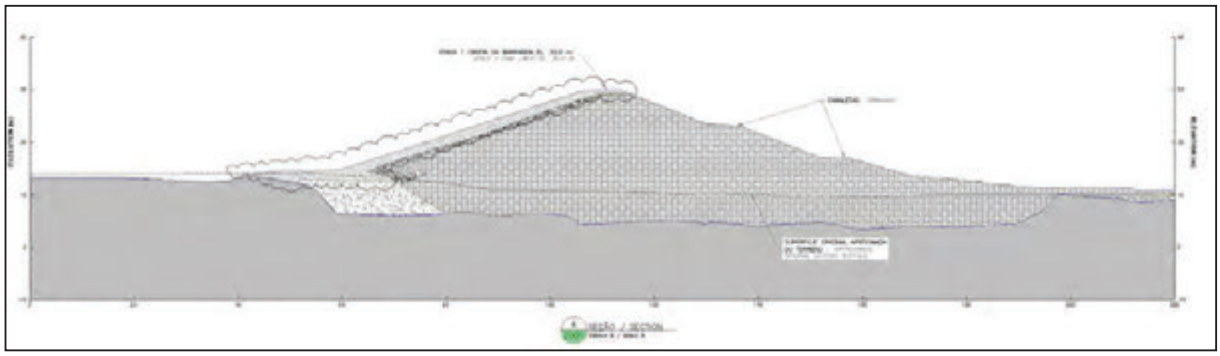


Figura 8.10 - Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 4 - Maciço Norte (VA201-469/26) – C2021 – Revisão 1).

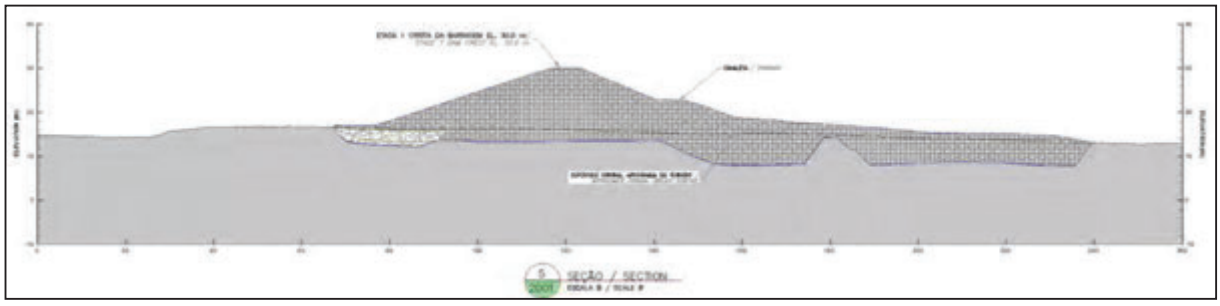


Figura 8.11 - Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 5 – Maciço Oeste (VA201-469/26) – C2022 – Revisão 1).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

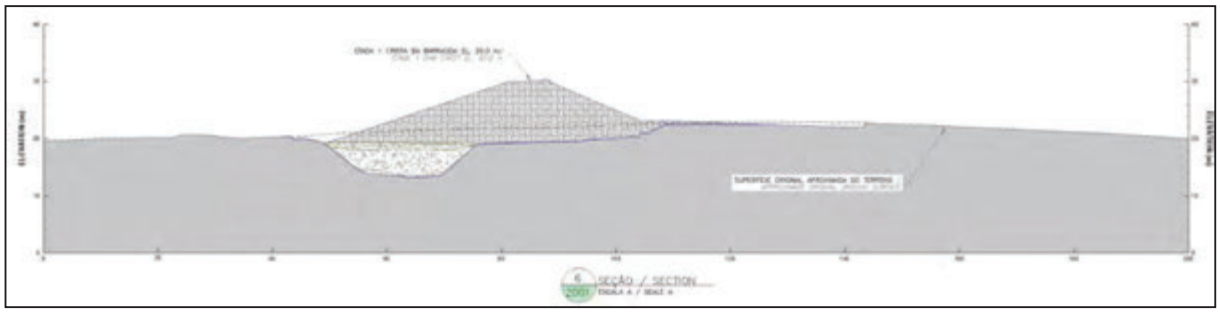


Figura 8.12 - Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 6 (VA201-469/26) – C2022 – Revisão 1).

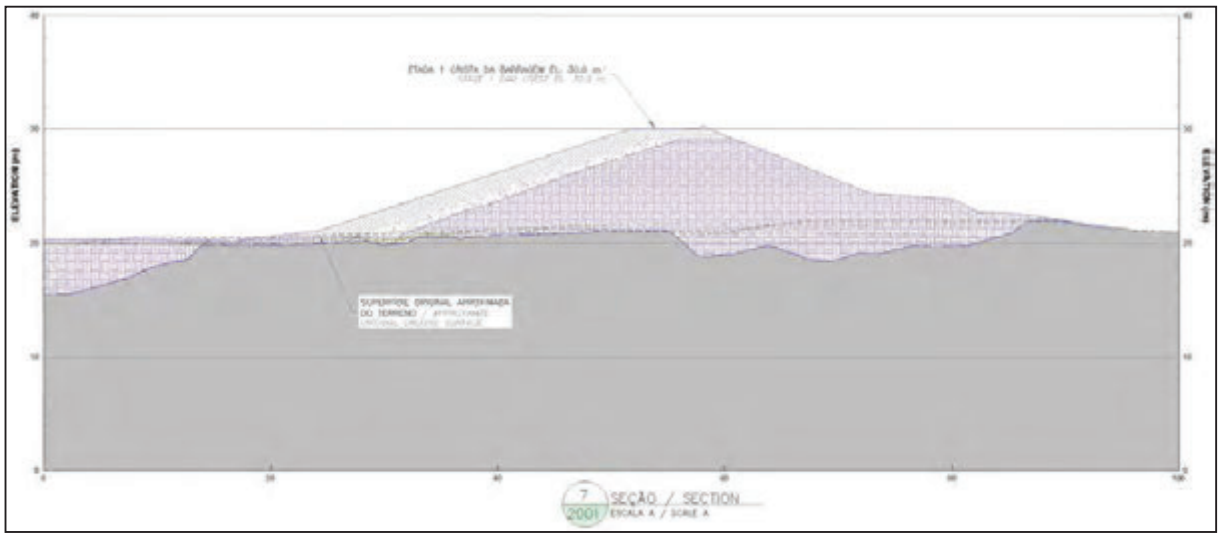


Figura 8.13 - Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 7 – Maciço Sul (VA201-469/26) – C2023 – Revisão 1).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

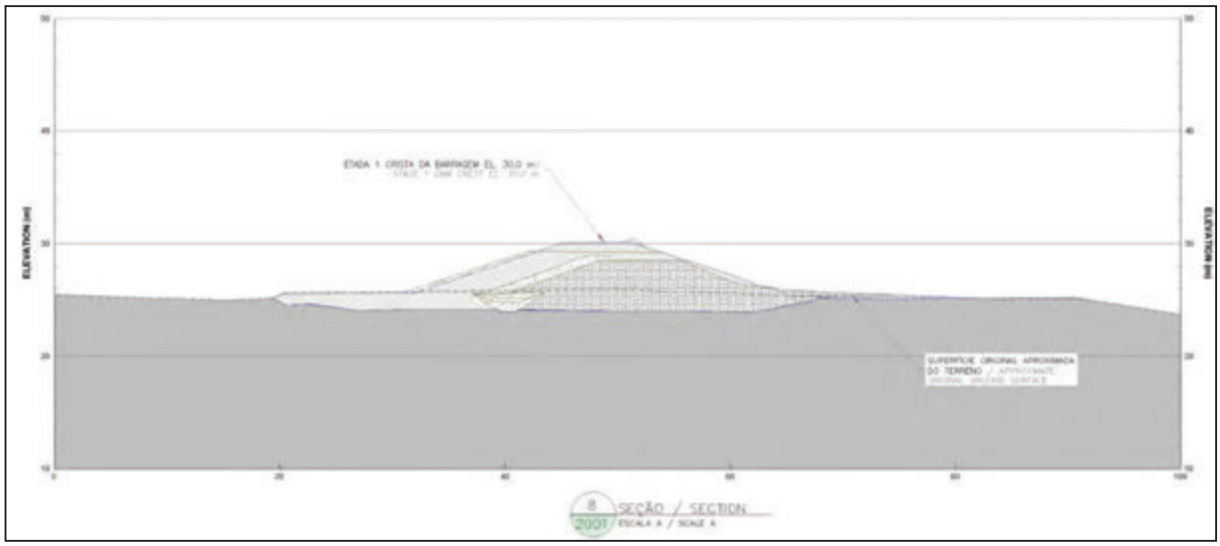


Figura 8.14 - Barragem do Vené II - Fase 1 – As Built – Seção 8 – Maciço Sudeste (VA201-469/26) – C2023 – Revisão 1).

8.3 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

8.3.1 Barragem do Vené

O sistema de drenagem interna da **Barragem do Vené** consiste em um filtro vertical de areia que, ao passar dos alteamentos, passou a apresentar-se inclinado no maciço. O descrito filtro está conectado a um tapete drenante que direciona o fluxo para um dreno tipo sanduíche, que estão conectados aos drenos de pé da estrutura, onde encontram-se instalados os medidores de vazão da barragem.

A **Figura 8.15** ilustra a locação da drenagem interna na Seção 5 da barragem, conforme ilustrado no "As Built" da Etapa 6.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

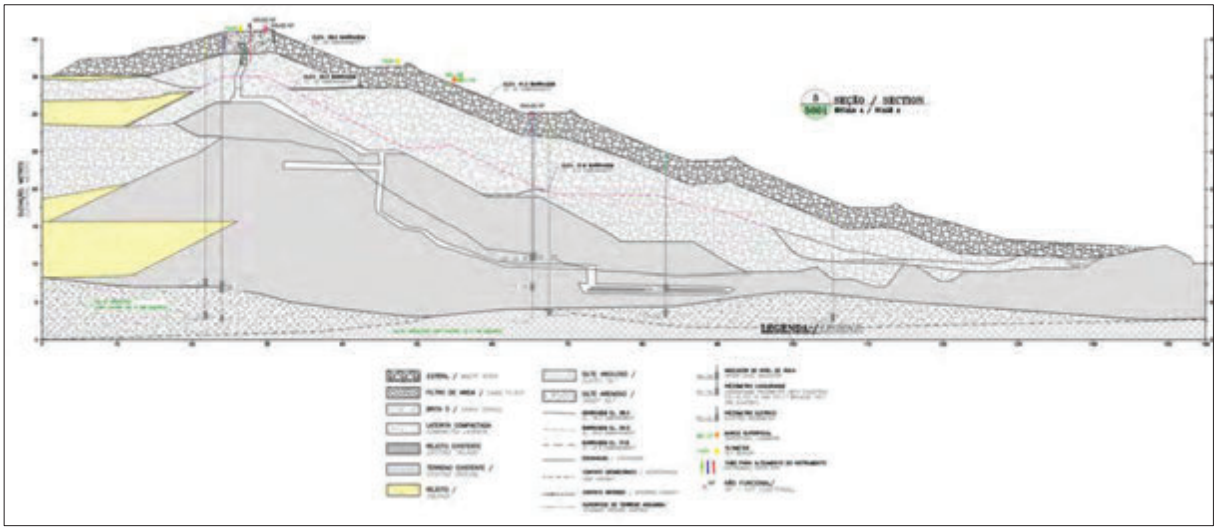


Figura 8.15 – Posicionamento da drenagem interna na Seção 5 da Barragem do Vené (Fonte: *As built* da Etapa 6 – VA201—469/20-1; desenho nº C5003).

8.3.2 Barragem do Vené II

Em relação ao sistema de drenagem interna, foi instalado, entre o material do aterro e o revestimento, uma tubulação de PEAD perfurado de diâmetro 0,30 m, tendo sido executado no interior do dreno de pedregulhos e ligado ao filtro de areia. O sistema encaminha o fluxo de água proveniente da percolação através da estrutura para os tubos de saída.

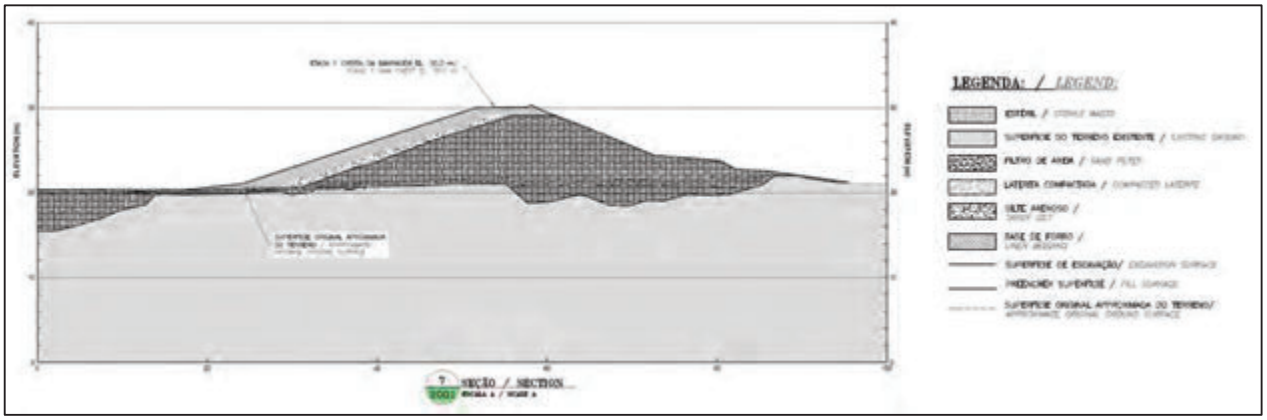


Figura 8.16 – Representação da drenagem interna – As Built (VA201-469/26) – C2023 – Revisão 1).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 8.17 – Vista Geral da Trincheira drenante (VA201-469/26-3 Rev 3).

8.4 DRENAGEM SUPERFICIAL

8.4.1 Barragem do Vené

O sistema de drenagem superficial da **Barragem do Vené** é composto por canaletas de concreto pré-moldadas com seção do tipo meia cana e 0,30 m de diâmetro, canais periféricos revestidos com geotêxtil e blocos argamassados. Parte do sistema de captação e condução direciona o fluxo superficial de parte do maciço principal ao Sump Sul II (instalado imediatamente a jusante do barramento). A **Figura 8.18** e **Figura 8.19** apresentam os dispositivos de drenagem de berma e o Sump Sul II.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 8.18 – Canaletas de berma presentes no maciço da Barragem do Vené (Fonte: Tellus, 2025).



Figura 8.19 – Sump Sul II da Barragem do Vené (Fonte: Tellus, 2025).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

8.4.2 Barragem do Vené II

De acordo com o documento VA201-00469/22-A.01, referente à Infraestrutura de gestão de água superficial da **Barragem do Vené II**, elaborado pela KP, consta que existem canaletas de berma que conduzem as águas de drenagem superficial. Além disso, foi verificada a existência de canaletas de berma e de um canal, a jusante do maciço Norte, durante a visita técnica realizada em fevereiro de 2025, conforme apresentado nas **Figura 8.20**.



Figura 8.20 – Canaleta de berma – Vené II – Fase I.

8.5 INSTRUMENTAÇÃO

8.5.1 Barragem do Vené

A **Barragem do Vené** é monitorada por indicadores de nível d'água, piezômetros elétricos e do tipo Casagrande, marcos superficiais, medidores de vazão, régua linimétrica, pluviômetro, poços de rebaixamento, prismas (ETR), tiltímetros e georadar.

8.5.2 Barragem do Vené II

A **Barragem do Vené II** é monitorada por piezômetros elétricos e do tipo Casagrande, marcos superficiais, medidores de vazão, régua linimétrica, pluviômetro e tiltímetros.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

8.6 SISTEMA EXTRAVASOR

8.6.1 Barragem do Vené

O sistema extravasor da **Barragem do Vené** é atualmente constituído por uma estrutura vertente, denominada Extravasor Sul, cuja soleira está na cota 37,90 m (SIRGAS 2000). No passado, existia um sistema extravasor adicional, denominado Extravasor Norte, localizado na Ombreira Norte, porém foi desativado. A **Figura 8.21** retrata o extravasor no dia da visita em 25 fevereiro de 2025.



Figura 8.21 – Extravasor sul da Barragem do Vené (Fonte: Tellus, 25/02/2025).

O Extravasor Sul, implantado na região da Ombreira Sul, passou por obras para adequação da dimensão da base e da inclinação dos espaldares após indicação no RISR 2024/1 (SAFF-MASA015-RISR-001-R3) de que as dimensões implantadas estavam fora das especificações de projeto. As obras foram finalizadas, conforme pode-se verificar na **Figura 8.21**, e o extravasor recebeu aplicação de manta geotêxtil (com função transicional entre o solo e o enrocamento) e proteção superficial em enrocamento em ambos os espaldares. A **Figura 8.22** mostra o leito do canal de deságue do Extravasor Sul, que funciona também como canal de drenagem para parte da área de oficinas/planta de beneficiamento. Foi realizada a proteção de suas paredes e leito com enrocamento.

Os trechos intermediário e final do canal de deságue, que foram revestidos em geotêxtil e enrocamento na fase inicial das obras, apresentam-se íntegros, porém de acordo com a **Figura 8.23** é possível perceber o

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

crescimento de vegetação rasteira no canal de deságue do Extravasor Sul. Portanto é recomendável a limpeza do canal de forma periódica.

Já o trecho do canal de deságue direcionado para um conjunto de dutos de concreto instalados sob o acesso principal à planta administrativa, apresenta-se desobstruído, observado na **Figura 8.24**.



Figura 8.22 – Canal de saída do Extravasor Sul (Fonte: Tellus, 25/02/2025).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 8.23 – Trecho final do canal de deságue do Extravasor Sul (Fonte: Tellus, 25/02/2025).



Figura 8.24 – Dutos ao final do canal de deságue e sob o acesso principal desobstruídos (Fonte: Tellus, 25/02/2025).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

8.6.2 Barragem do Vené II

O sistema extravasor da **Barragem do Vené II – Fase 1** está situado no maciço Sudeste com cota da soleira na El. 28,0 m (*Datum* SAD 69 local). O sistema apresenta um emboque trapezoidal com 1,1 m de largura na base, 2,0 m de altura e taludes laterais com inclinação de 2H:1V. A **Figura 8.25** retrata o extravasor no dia da visita em 18 de junho de 2025.



Figura 8.25 – Extravasor Barragem do Vené II (Tellus – 18/06/2025).

8.7 RESERVATÓRIO

8.7.1 Barragem do Vené

O reservatório da **Barragem do Vené** não recebe o aporte de rejeitos desde dezembro de 2023, quando atingiu seu nível máximo de reservação. O reservatório tem como finalidade o armazenamento de rejeitos oriundos da mineração de ouro e, eventualmente, realizava a captação de água no período chuvoso.

8.7.2 Barragem do Vené II

O reservatório da **Barragem do Vené II** tem como finalidade o armazenamento de rejeitos oriundos da mineração de ouro por meio de espigotamento proveniente da usina de processamento e, eventualmente, realizar a captação de água no período chuvoso.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 8.26 – Vista do Reservatório – Vené II – Fase I.

9 CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

9.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

Os itens a seguir apresentam a caracterização geológico-geotécnica da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**, pertencentes à Unidade Operacional Mineração Aurizona S/A (MASA).

9.2 GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está localizada na província estrutural do Parnaíba (Hasui et al. 1984) e se concentra na porção norte do Fragmento Cratônico São Luís, que é margeado ao sul e sudoeste pelo Cinturão do Gurupi (**Figura 9.1**). Esses dois domínios geotectônicos foram definidos a partir de estudos geocronológicos baseados nos métodos Rb-Sr (idade convencional) e K-Ar em minerais (Hurley et al. 1967; Almeida et al. 1976) que mostraram a existência de dois domínios distintos, um com rochas paleoproterozoica e outro com rochas cujos sistemas isotópicos Rb-Sr e K-Ar refletem imposição de evento(s) no Neoproterozoico.

Os domínios foram definidos como Cráton São Luís e Cinturão Gurupi, respectivamente, por Almeida et al. (1976). Posteriormente, considerando que São Luís é na verdade um fragmento do Cráton Oeste Africano

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

que permaneceu no continente Sul-americano após a quebra do supercontinente Pangea (Torquato e Cordani, 1981; Lesquer et al. 1984; Klein & Moura 2008), passou a ser utilizada a denominação Fragmento Cratônico São Luís (Klein et al. 2008b; Vasquez et al. 2008).

O Fragmento Cratônico São Luís e o Cinturão Gurupi são limitados pela zona de cisalhamento Tentugal (Hasui et al. 1984), além dos outros limites encobertos por sedimentação fanerozoica. O Fragmento Cratônico São Luís é tido como parte de um orógeno maior, predominantemente acrescionário, com evolução no Riaciano entre 2240 e 2056 Ma (Klein et al. 2008b), mas com uma fase colisional desenvolvida há 2100 Ma (Klein et al. 2005a; Palheta et al. 2001).

O Cinturão do Gurupi, corresponde a uma faixa alongada segundo a direção NW-SE, com extensão aflorante aproximada de 160 km de comprimento e 50 km de largura, que ocorre a sudoeste da zona de cisalhamento Tentugal. É um cinturão plutônico-metamórfico composto por sequências metassedimentares e metavulcanossedimentares, gnaisses e várias gerações de granitoides. Os litotipos presentes nesse cinturão incluem unidades de embasamento, parte da borda cratônica retrabalhada e poucas unidades conhecidas, geradas durante a orogenia neoproterozoica que formou o cinturão. Considerando que, por definição, o Fragmento Cratônico São Luís representa a porção de rochas pré-cambrianas não afetadas por eventos no Neoproterozoico, e que o depósito Piaba localiza-se na área cratônica bem distante da zona limítrofe entre o fragmento cratônico e o Cinturão Gurupi, não é esperada nenhuma influência dos eventos do Neoproterozoico na área do depósito.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

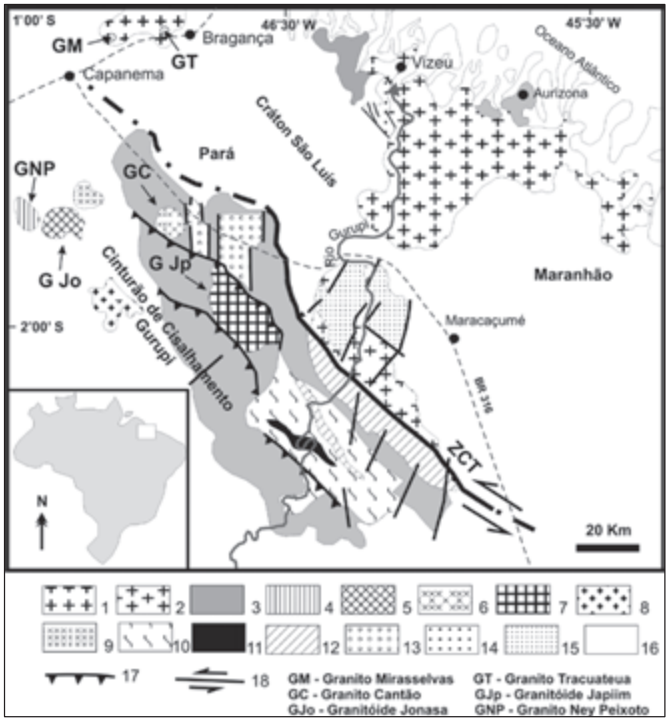


Figura 9.1 – Distribuição espacial das unidades litoestratigráficas da região do Gurupi (nordeste do Pará e noroeste do Maranhão). Compilado e modificado de Almeida (2000), Costa (2000) e Pastana (1995). 1-Suíte Tracuateua, 2-Suíte Tromaí, 3-Grupo Gurupi, 4-Granito Ney Peixoto, 5-Granito Jonasa, 6-Granito Cantão, 7-Granito Japiim, 8-Gnaisse Boca Nova, 9-Granitóide Ourém, 10Complexo Maracaçumé, 11-Granito Maria Suprema, 12-Suíte Tromaí Retrabalhada, 13-Formação Piriá, 14-Formação Vizeu, 15-Formação Igarapé de Areia, 16-Coberturas fenerozóicas, 17-Cavalgamento, 18-Transcorrência sinistral.

O Fragmento Cratônico São Luís é composto por uma sequência metavulcanossedimentar e diversas gerações de granitoides e de rochas vulcânicas (Pastana, 1995; Costa, 2000, Klein et al. 2008b). Um sumário das características destas unidades litoestratigráficas pré-cambrianas são descritas a seguir.

9.2.1 Grupo Aurizona

Corresponde à sequência supracrustal de origem metavulcanossedimentar (Pastana, 1995) que contém as rochas mais antigas do fragmento cratônico (Klein et al. 2005a). Estruturalmente, as rochas possuem alinhamento preferencial na direção NE-SW. O grupo é composto por xistos de naturezas diversas, quartzitos, *metachert* e rochas metavulcânicas e metapiroclásticas, metamorfisados em condições de fácies xisto-verde e localmente anfibolito (Pastana, 1995; Klein et al. 2008a). Klein et al. (2008a) subdividiram o grupo em três formações:

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- Formação Matará: Composta pelas rochas vulcânicas máficas e ultramáficas metamorfizadas; anfibolito e metabasalto
- Formação Pirocaua: Composta por rochas vulcânicas ácidas e intermediárias com componente piroclástico; metatufos félsicos.
- Formação Ramos: Formada por quartzitos, filitos e xistos, com características ferruginosas, manganesíferas e carbonosas, sendo intrudidas por microgranitoides deformados do granófiro Piaba, com idade de 2214 Ma.

9.2.2 Granófiro Piaba

Reconhecido primeiramente pela Mineração Aurizona S.A (1995) e designado posteriormente por Klein et al. (2008a) como Granófiro Piaba (Fig. X2), é um granitoide de granulação fina, com textura granofírica e composição tonalítica a granodiorítica. Este corpo granitoide hospeda a importante mineralização aurífera objeto deste estudo. Este litotipo se encontra, em parte, foliado em função de ter sido seccionado pela falha Piaba, que também deformou as rochas do Grupo Aurizona.

Para este granitóide foi determinada idade de 2214 ± 3 Ma (Klein et al. 2008a) pelo método da evaporação de chumbo em zircão. Esta idade concorda com o seu caráter intrusivo na sequência metavulcanossedimentar do Grupo Aurizona com idade de 2240 Ma.

9.2.3 Unidade Vulcânica Serra do Jacaré

Segundo Klein et al. (2008a), esta unidade corresponde às rochas vulcânicas e subordinadamente vulcanoclásticas de composições ácidas, intermediárias e básicas. É composta pelos seguintes litotipos: dacito pórfiro, andesito/basalto, tufo e brecha vulcânica. Essas rochas possuem coloração variando do cinza claro ao cinza escuro e macroscopicamente não estão deformadas.

9.2.4 Suíte Intrusiva Tromaí

É a unidade aflorante dominante no fragmento cratônico. É formada por tonalitos portadores de anfibólio ou biotita, apresentando também granodioritos e granitos,

predominantemente portadores de biotita (Pastana, 1995; Klein et al. 2008a). Esta suíte é representada pelos seguintes granitoides: Tonalito Cavala, Granodiorito Igarapé Bom Jesus e Granito Areal, do mais primitivo ao mais evoluído (Klein et al. 2008a).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

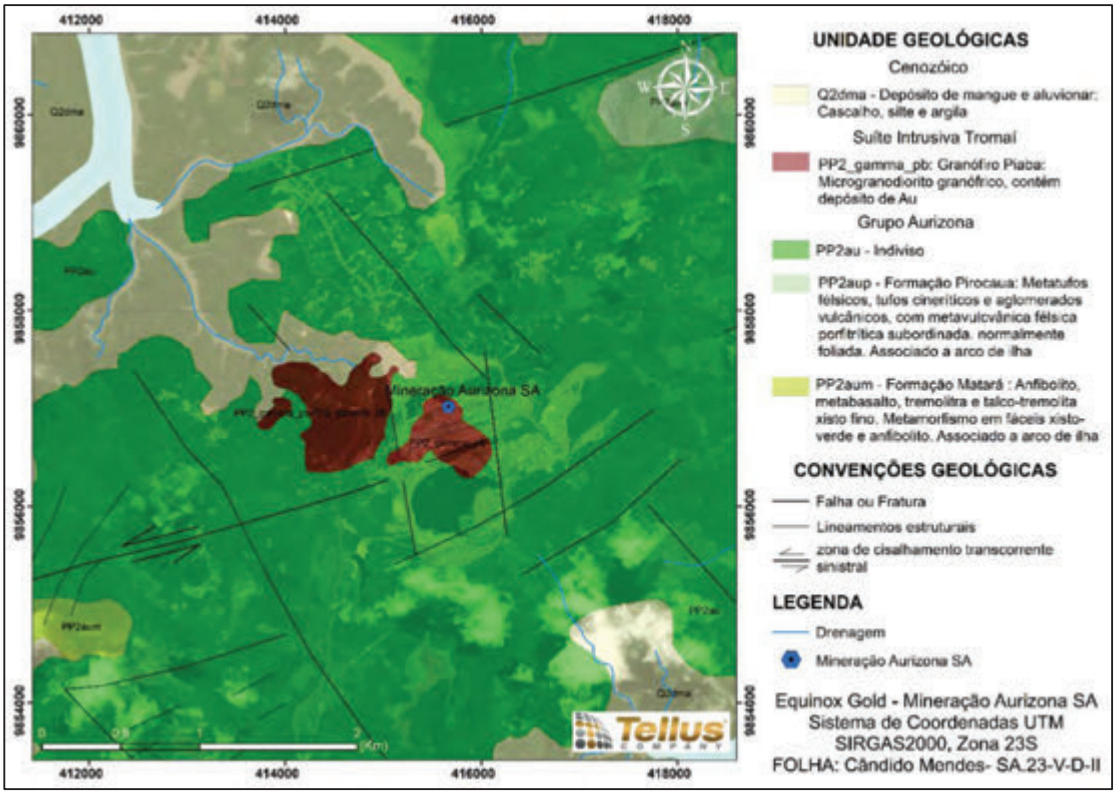


Figura 9.2 – Mapa geológico da Mina Aurizona, localizada no Grupo Aurizona (CPRM, 2008).

9.3 GEOLOGIA LOCAL

9.3.1 Mina Piaba

A mina do Piaba, pertencente à **Mineração Aurizona (MASA)**, possui mineralização hospedada em uma sequência metavulcanossedimentar, intrudida por um corpo granitoide de composição tonalítica a granodiorítica, ao qual denominaram granófiro, posteriormente descrito informalmente como Granófiro Piaba (Klein et al. 2008a) (**Figura 9.3**).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 9.3 – Cava da Mina Piaba. Vista do Mirante.

O depósito de Piaba, outros menores (Tatajuba, São Lourenço, Boa Esperança) e diversos prospectos se encontram distribuídos ao longo e no entorno da Falha Piaba (**Figura 9.4**). Esta Falha possui orientação N70°E, com mergulho subvertical, e caráter transcorrente sinistral (Mineração Aurizona, 1995). O minério no Piaba se encontra hospedado em zonas de cisalhamento de orientação WNW-ESE, algumas com movimento destral, portanto em uma direção oblíqua (R' – Modelo de Riedel) em relação à orientação da falha Piaba, que possui comprimento mapeado de aproximadamente 2,9 km na direção NE-SW (Mach et al. 2010). Este minério se distribui em uma faixa alongada de mais de 2 km de comprimento paralela à estrutura da falha Piaba e por cerca de 300,0 m de largura.

Estruturalmente a área do depósito é cortada por zonas de cisalhamento verticais e subverticas. Foliações, entretanto, são restritas a áreas discretas, sendo a deformação dominantemente rúptil a rúptil-dúctil (Mach *et al*. 2010). São observados também veios sub-horizontais, estando estes também mineralizados.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

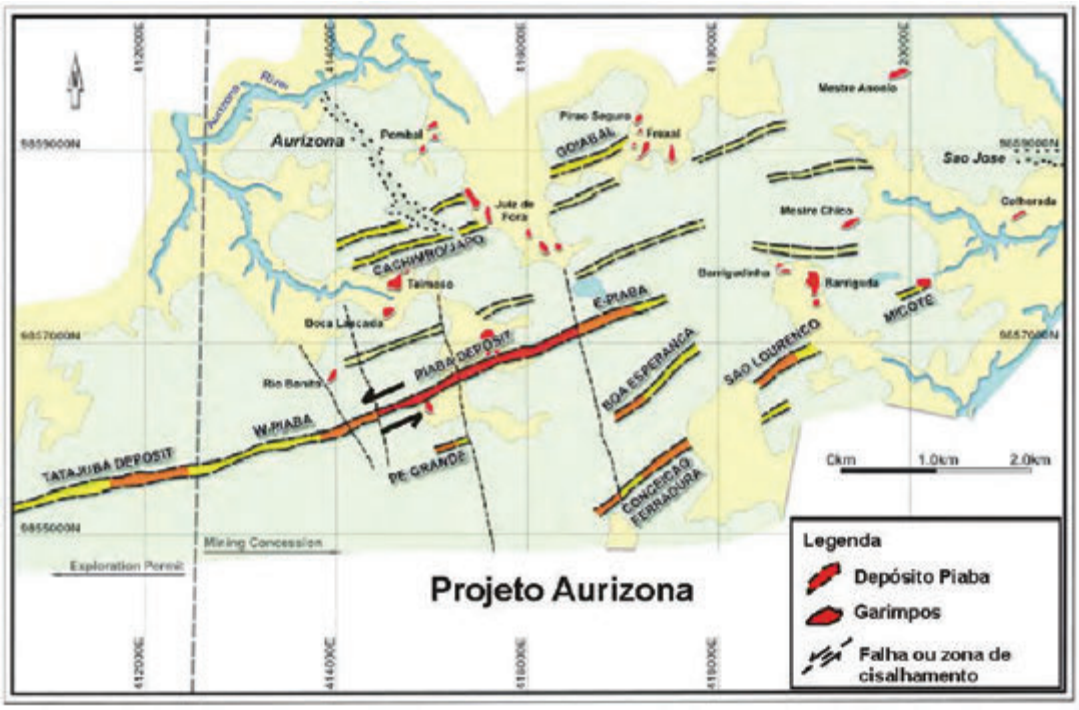


Figura 9.4 – Localização do depósito Piaba e demais jazimentos auríferos, em relação à falha Piaba (Freitas, 2012).

9.4 MAPEAMENTO

Em novembro de 2023, a **Tellus Company** realizou o mapeamento geológico de superfície, para os projetos básico e detalhado da construção da Barragem do Vené 2 – Fase 2, referente ao documento TL23-0127-1-EG-RTE-0003**,** emitido em março de 2024.

De forma complementar, em julho de 2025, a **Tellus Company**, retornou ao site para elaboração do mapeamento geológico de superfície das estruturas adjacentes. Durante esta atividade, foi possível observar as mesmas unidades identificadas anteriormente

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

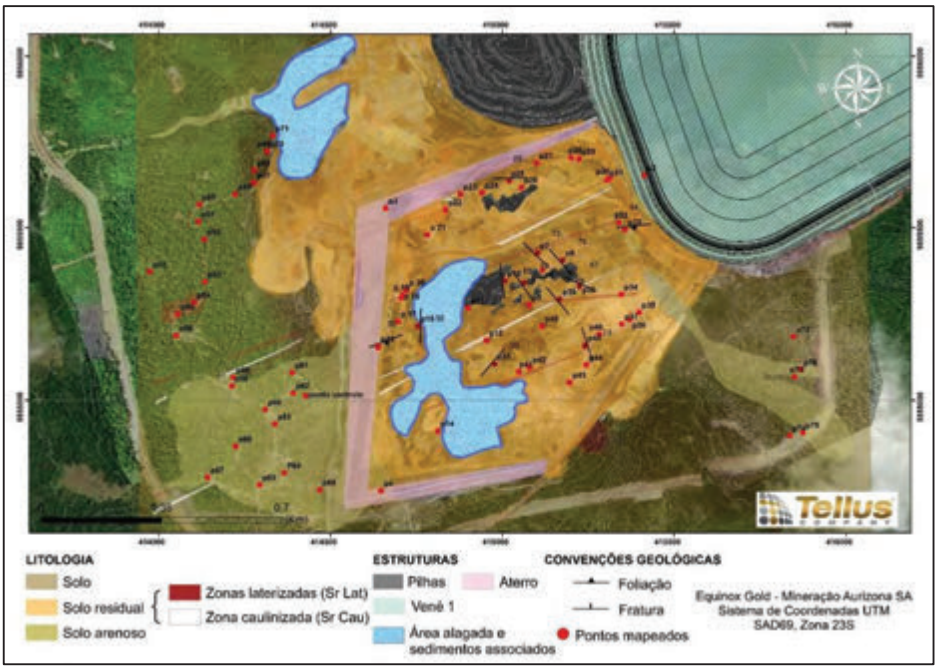


Figura 9.5 – Mapeamento geológico realizado pela Tellus Company (2023).

A partir deste mapeamento geológico, observou-se a ocorrência dos granodioritos da região. Em afloramentos, eles ocorrem intemperizado e, nos furos de sonda, foram identificados alguns intervalos da rocha, apresentando alteração intempérica incipiente a moderada – **Figura 9.5**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 9.6 – (A) Afloramento de saprolito branco esverdeado, com fragmentos de óxidos e hidróxidos de ferro. (B) Rocha de composição granodioritica interceptada nos furos de sonda. (Furos SPT-V2-2022-09 e SPT-V2-2022-08).

O granodiorito observado apresenta zonas de caulinização e ferruginzação intensas, associadas ao hidrotermalismo que afetou toda a sequência rochosa relacionada a mineralização do depósito da Mina Piaba. Acredita-se que a feldspatização que originou a caulinização, e a hematitização, que originou a ferruginização, estão representando zonas hidrotermais mais distais da mineralização, que provavelmente corta a rocha em um padrão tipo stockwork.

As unidades geológico geotécnicas aflorantes são solos maduros, solo arenoso, solo residual jovem e saprólitos. A rocha alterada foi identificada apenas nos testemunhos de sondagem.

Os solos maduros, possuem espessuras médias de 0.3 centímetros, são siltosos a argilosos, cor marrom pálida.

Os solos arenosos, possuem fração areia fina e apresentam uma contribuição, variável, silte argilosa. São brancos a amarelados e geneticamente associados a paleo canal, pertencentes às coberturas fanerozoica.

Os solos residuais e os saprólitos apresentam uma variabilidade composicional que se reflete nos parâmetros de resistência, conforme o histórico de eventos hidrotermais atingidos por estas rochas. Estes

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

eventos podem modificar radicalmente a composição da rocha e consequentemente os produtos de alteração intempérica sobre estes materiais. Esta diferença pode trazer viés na interpretação de dados de NSPT e nas amostragens de maneira geral. Para diferentes coletas de dados geotécnicos recomenda-se procurar coletar intervalos do protólito (granodiorito), assim como aquelas que representem material caulínico e ferruginoso, produtos da alteração hidrotermal que atinge toda a região.

Este perfil intempérico, dado pelas unidades geológico geotécnicas descritas acima, ocorre em toda a área abrangida pelo mapeamento e pelas investigações geotécnicas. Esta ocorrência, entretanto, apresenta uma variação nas espessuras das camadas. Para o corpo de solo arenoso, além da sondagem e mapeamento, dados de trincheiras e informações da ocorrência deste na cava Piaba, foram utilizados para sua delimitação.

9.5 SISMICIDADE

As estruturas **Barragem do Vené** e **Barragem do Vené II** encontram-se locadas em regiões adjacentes, conforme ilustra a **Figura 9.7**.

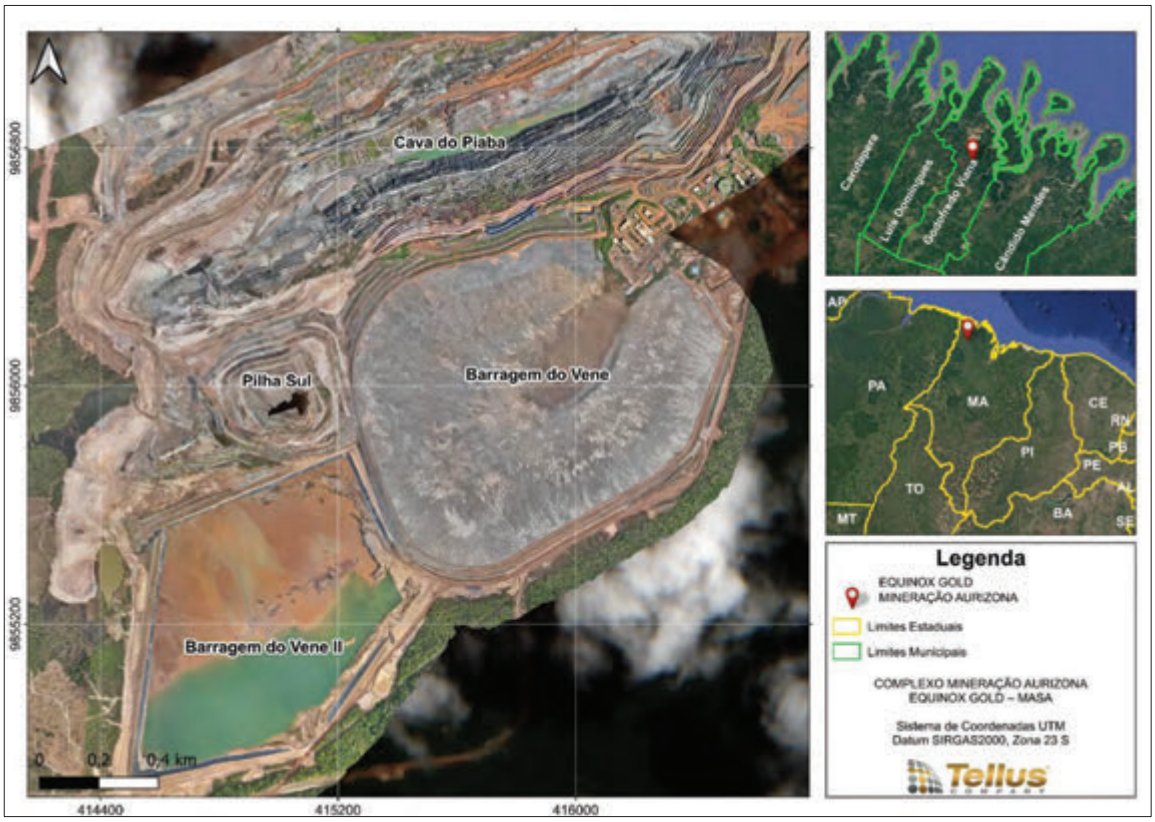


Figura 9.7 – Mapa de localização das estruturas de MASA.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Desta forma, os estudos sísmicos realizados para a **Barragem do Vené** serão igualmente considerados válidas para embasamento da análise de ameaça sísmica para **Barragem do Vené II**, utilizando-se dos relatórios “Análise de Ameaça Sísmica para a **Barragem do Vené**, Godofredo Viana/MA” (0017-24) e “Análise da Ameaça Sísmica para Barragem do Vené I - Godofredo Viana/MA: Site Effects” (0019-24), ambos elaborados pela SeisNode. Além desses, em setembro de 2024, foi emitido o “Relatório de Análise de Sismos Induzidos – Barragem do Vené I” (RCONS-010-SET-24), elaborado pela Sequência Engenharia.

A avaliação da ameaça sísmica apresentada no relatório 0017-24 abrange o cálculo dos espectros de resposta uniforme para acelerações horizontais geradas por eventos sísmicos naturais na região da barragem. Para a definição dos modelos de zoneamento sísmico, foram analisados os registros sísmicos brasileiros mais recentes, atualizados até 2023. Dois possíveis cenários foram considerados, levando em conta a distribuição geográfica dos epicentros e estudos prévios sobre a sismotectônica e as origens da sismicidade intraplaca no Brasil.

No que diz respeito aos valores de aceleração de pico do solo (PGA) para diferentes períodos de retorno, os cálculos indicaram que, para um prazo de 50 anos com 10% de probabilidade de excedência (equivalente a um período de retorno de 475 anos), a PGA é de 0,0063 g. Em um período de retorno de 2.475 anos (probabilidade de 2% em 50 anos), o valor chega a 0,022 g. Já em um cenário de 10.000 anos, a aceleração de pico atinge 0,053 g. Esses valores foram obtidos considerando um substrato de rocha dura ($Vs30$ = 3.000 m/s).

Já o relatório técnico 0019-24, destinado à análise dos efeitos locais (site effects) na Barragem do Vené, complementa a avaliação da ameaça sísmica, abordando as variações esperadas na intensidade das acelerações devido às condições do solo, utilizando como referência os valores de Vs30 determinados por correlação com ensaios de SPT.

Os efeitos locais referem-se às modificações que as ondas sísmicas sofrem ao interagir com o meio geológico onde a estrutura está assentada. A resposta do solo depende de dois fatores principais: um efeito elástico linear, que está relacionado ao período da oscilação e ao Vs30, e um componente inelástico não linear, influenciado pela dissipação de energia devido à viscosidade do solo e que se intensifica com o aumento da aceleração.

A análise incluiu o cálculo da amplificação das acelerações espectrais, comparando as intensidades registradas no topo da camada superficial alterada com aquelas do embasamento rochoso subjacente. As acelerações na superfície foram estimadas com base em medições de Vs30, enquanto os valores no

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

embasamento cristalino foram extraídos do relatório 0017-24. Os coeficientes de amplificação foram calculados por meio de modelos semi-empíricos, considerando a interação entre as camadas do solo.

Os resultados demonstram que, para frequências elevadas, a PGA referente ao período de retorno de 475 anos sofreu um aumento de 0,006 g para 0,008 g, resultando em um fator de amplificação de 1,275 (±0,39). No caso do período de retorno de 10.000 anos, a PGA passou de 0,053 g para 0,057 g, com um fator de amplificação de 1,089 (±0,33).

Por fim, o “Relatório de Análise de Sismos Induzidos – Barragem do Vené I” (RCONS-010-SET-24) apresenta a avaliação de possíveis impactos sísmicos a partir dos desmontes de rocha que ocorrem nas cavas da Mina do Piaba. O estudo utilizou como base a ABNT “NBR 9653:2018 – Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas”.

Com base nos dados fornecidos pela **MASA**, incluindo planos de fogo e registros de vibração do terreno, foram realizadas análises detalhadas para a formulação de equações preditivas capazes de estimar os níveis de vibração que podem atingir a **Barragem do Vené** em decorrência das detonações. O estudo resultou na obtenção de equações que determinam os seguintes parâmetros:

a) PPV (Velocidade de Vibração de Partícula): A equação desenvolvida permite estimar o valor máximo da PPV (velocidade de vibração de partícula de pico, expressa em mm/s) gerado por um desmonte em uma posição específica. Para isso, considera-se a CME (carga explosiva máxima por espera, expressa em quilogramas) e a distância entre o ponto de medição e a localização da CME.

b) PGA (Aceleração de Partícula de Pico): A equação formulada possibilita a previsão do valor máximo da PGA (aceleração de partícula de pico, expressa em g, onde g equivale a 9,81 m/s²) resultante de um desmonte em uma posição determinada, levando em conta a CME e a distância entre o ponto de medição e a posição da CME.

Esses estudos foram convertidos em equações que permitem à equipe de geotecnia da **MASA** simular e definir os valores de CME a serem empregados nos desmontes, garantindo que os limites estabelecidos para PPV e PGA não sejam ultrapassados. Dessa forma, é possível atender aos critérios de segurança estipulados para a estabilidade da **Barragem do Vené** e, de forma análoga, da **Barragem do Vené II**. No entanto, vale ressaltar que este estudo não determina a aceleração horizontal.

Conforme orientado pela CDA (Canadian Dam Association), a barragem deve ser classificada de acordo com o potencial de dano, apresentado na **Tabela 9.1**, e o tempo de retorno considerando a probabilidade anual de excedência, apresentada na **Tabela 9.2**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 9.1 – Classificação da Barragem (CDA, 2007).

Classe da Barragem	População em Risco	Perdas		
		Perdas de Vida	Valores Ambientais e Culturais	Infraestrutura e Economia
Baixa	-	0	Mínimo a curto prazo. Nenhuma perda a longo prazo.	Baixa perda econômica; área contém infraestrutura ou serviços limitados.
Significante	Apenas temporária	Não especificado	Sem perdas significativas, ou deterioração do habitat de peixes ou da vida selvagem. Apenas perdas marginais do habitat. Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonais e estradas pouco utilizadas.
Alta	Permanente	10 ou menos	Perdas significativas ou deterioração de habitat importante de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição é altamente possível.	Perdas econômicas altas, afetando infraestruturas, transportes públicos e estabelecimentos comerciais.
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significante ou deterioração de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem Restauração ou compensação da condição é possível, mas impraticável.	Perdas econômicas muito altas, afetando importantes infraestruturas ou serviços (ex. Rodovias, estabelecimentos industriais, depósitos de substâncias perigosas).
Extrema	**Permanente**	**Mais de 100**	**Grandes perdas de habitat crítico de peixes ou de vida selvagem. Restauração ou compensação da condição impossível.**	**Perdas econômicas extremas, afetando infraestruturas críticas ou serviços (ex. hospitais, grandes complexos industriais, grandes depósitos de substâncias perigosas).**

Tabela 9.2 – Risco de inundações e terremotos e seus períodos de retorno (CDA, 2013).

Classificação da Barragem	Probabilidade Anual de Excedência – Terremotos (nota 1)
Baixa	1/100 PAE
Significante	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/2.475 (nota 2)
Muito Alta	1/2 Entre 1/2.475 (nota 2) e 1/10.000 ou SMP (nota 3)
Extrema	**1/10.000 ou SMP (nota 3)**

Notas:
(1) Valores médios de variação estimada de níveis de PAE para terremotos devem ser utilizados. Os terremotos com o PAE como definido acima estão inseridos como contributivos para desenvolver os parâmetros do dimensionamento da aceleração do terreno devido a terremotos (EDGM), conforme descrito na Seção 6.5 das Diretrizes de Segurança de Barragens (CDA 2013).
(2) Este nível foi selecionado de acordo com os níveis de projeto sísmico fornecidos no *National Building Code of Canada*.
(3) SMP (Sismo Máximo Provável) está associado ao PAE (Probabilidade Anual de Excedência).
Siglas: SMP, Sismo Máximo Provável; PAE, Probabilidade Anual de Excedência.

As barragens possuem classificação de danos Extremos e probabilidade anual de excedência com tempo de retorno de 10.000,00 anos ou SMP (sismo máximo provável).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

10 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

No presente item são apresentados os estudos hidrológicos e hidráulicos que subsidiam a avaliação do trânsito de cheias pelas **Barragens do Vené e do Vené II**, contemplando a caracterização hidrológica da bacia de contribuição, a definição das condições de contorno e de operação dos reservatórios e a análise do comportamento hidráulico das estruturas frente a eventos de cheia, por meio da avaliação das precipitações de projeto, determinação das vazões afluentes e caracterização dos volumes armazenados nos reservatórios.

10.1 ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

A caracterização do regime pluviométrico médio anual na área do projeto foi realizada a partir da análise das estações pluviométricas localizadas na região do empreendimento, em um raio de 30 km (**Figura 10.1**), pertencentes à rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA). A relação das estações cujos registros foram analisados está apresentada na **Tabela 10.1**.

Tabela 10.1 - Estações pluviométricas próximo ao empreendimento.

CÓDIGO	NOME	MUNICÍPIO	RESPONSÁVEL	PERÍODO	LAT.	LONG.	DIST. PROJ. (km)	ALTITUDE (m)
145000	Cândido Mendes	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	18,85	[1]
145001	Godofredo Viana	Godofredo Viana	SUDENE	1965-1982	14.000	457.833	10,13	20
145002	Luís Domingues	Luís Domingues	SUDENE	1965-1989	13.000	458.667	10,74	10
145006	Cândido Mendes	Cândido Mendes	ANA	1986-2023	14.558	457.281	16,9	*[1]
146004	Carutapera	Carutapera	SUDENE	1965-1987	12.167	460.167	29,24	10

Nota [1]: Sem informações apresentadas.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 10.1 – Mapa de localização das estações pluviométricas analisadas.

Na seleção da estação de referência e caracterização pluviométrica, buscou-se a estação que apresentasse menor número de falhas, homogeneidade nas informações, maior extensão da série, consistência dentro de uma visão regional e proximidade com o projeto. Dessa forma, a partir da análise dos dados, a estação tomada como representativa para auxiliar nos estudos foi a Cândido Mendes (código ANA 145006). Na **Tabela 10.2** são apresentadas as informações da estação selecionada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 10.2 – Dados da estação Cândido Mendes.

SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO	
Estação	Cândido Mendes
Código	145006
Latitude	-1,4558º
Longitude	-45,7281º
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Município	Cândido Mendes
Distância até o empreendimento(km)	16,90
Início dos registros	1986
Fim dos Registros	2023
Número de anos com dados sem falhas	36

Após a seleção da estação pluviométrica, foi realizada a caracterização do regime pluviométrico da área do projeto. O ano hidrológico na região da **Mineração Aurizona** é estabelecido entre janeiro e dezembro, sendo os meses chuvosos compreendidos entre janeiro e junho, como apresenta a **Figura 10.2**.

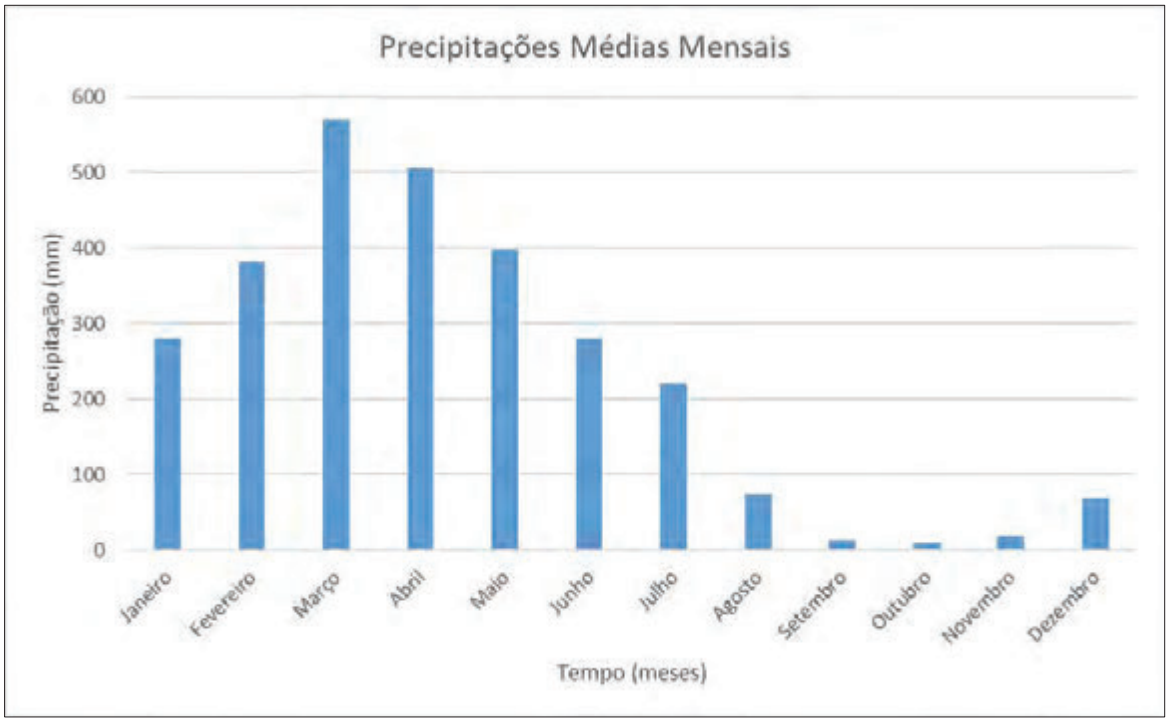


Figura 10.2 - Médias das leituras mensais da estação Cândido Mendes (145006).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

A metodologia de análise de frequência foi aplicada considerando somente os dados consistidos de altura de chuva diária correspondentes ao período de 1986 a 2023. A partir desta análise, foi inicialmente levantada a séries das alturas de chuva diária máximas anuais para cada ano hidrológico.

A série final apresentou 36 anos de dados. Deste modo, os anos hidrológicos utilizados para este estudo foram os apresentados na **Tabela 10.3**, considerando como "Falha" o ano hidrológico com 10 ou mais dias sem observação em um único mês no período chuvoso (janeiro a julho).

Tabela 10.3 – Série de precipitação diária máxima anual da estação pluviométrica Cândido Mendes (145006).

REGISTROS DE MÁXIMOS ANUAIS DE 24 HORAS			
Ano Hidrológico	P(mm)	Ano Hidrológico	P(mm)
1986	Falha	2006	113,5
1987	83,0	2007	77,8
1988	140,2	2008	139,5
1989	97,5	2009	97,8
1990	75,8	2010	89,1
1991	155,6	2011	96,3
1992	53,4	2012	85,6
1993	111,6	2013	75,1
1994	100,5	2014	101,7
1995	71,2	2015	88,9
1996	110,0	2016	106,4
1997	105,1	2017	105,9
1998	94,6	2018	147,2
1999	52,2	2019	144,5
2000	82,1	2020	140,8
2001	99,3	2021	107,0
2002	102,6	2022	112,1
2003	108,5	2023	88,5
2004	50,9	2024	113,5
2005	108,3	-	-

Foi realizada a análise de frequência local para identificação do melhor ajuste das probabilidades amostrais. Os valores de chuva máxima diária foram agrupados, ordenados e plotados, empregando a posição de plotagem de Weibull para a determinação das probabilidades amostrais. Aos pontos amostrais, foram ajustadas as distribuições de probabilidades teóricas de Valores Extremos Tipo I (Gumbel), Log-Normal de 2 Parâmetros, Log-Pearson Tipo III, Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV), Pearson III e Exponencial, apresentadas na **Figura 10.3**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

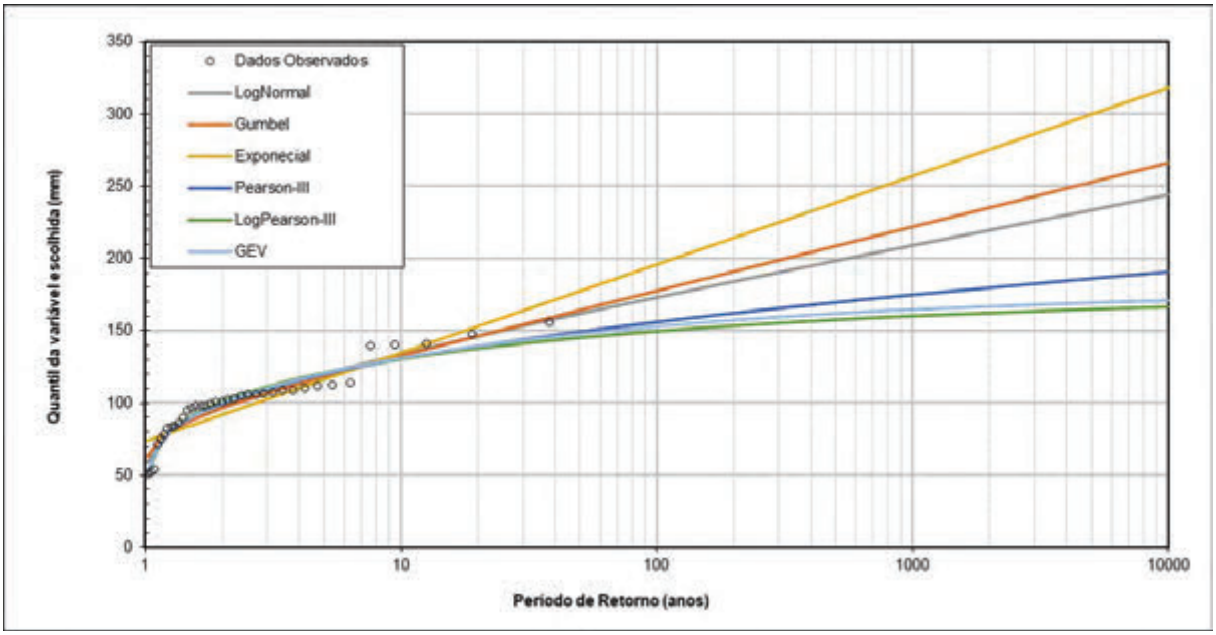


Figura 10.3 – Análise de frequência de máximos anuais de altura de chuva diária.

Os parâmetros das distribuições de probabilidades teóricas foram estimados pelo Método dos Momentos. Para verificar a adequação entre as probabilidades calculadas e os valores amostrais observados, foram utilizados testes de aderência além gráfica pelo Método do Ajuste Visual. Esses testes foram conduzidos através do software SEAF - Sistema Especialista de Análise de Frequência, desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais (CANDIDO, 2003), que também identifica outliers (valores atípicos) na amostra.

Posto o supracitado, definiu-se que a distribuição estatística de Gumbel apresentou a melhor aderência à série histórica.

10.1.1 Precipitação Máxima Provável (PMP)

A Precipitação Máxima Provável (PMP) é definida pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2009) como a maior altura de precipitação, para uma dada duração, fisicamente possível de ocorrer sobre uma área de drenagem específica, considerando os limites atmosféricos e hidrometeorológicos da região.

O método estatístico proposto por Hershfield (1961), reconhecido pela WMO (2009) como procedimento padrão para estimativa da PMP, é indicado para locais com séries históricas pluviométricas consistentes, mas com disponibilidade limitada de dados meteorológicos detalhados. Esse método fornece uma estimativa pontual da PMP e, portanto, quando aplicado a bacias hidrográficas com área superior a 1,0 km², requer a aplicação de fatores de redução areal para representar adequadamente a distribuição espacial da chuva.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

A metodologia de Hershfield (1961) baseia-se na equação geral de frequência proposta por Chow (1964), apresentada na **Equação 10.1**, que expressa a relação entre a precipitação observada e a precipitação máxima provável, a partir da análise estatística dos desvios extremos em séries históricas de precipitação.

$$X_{PMP} = \bar{X}_n + k_m \, . S_n \qquad \textbf{Equação 10.1}$$

Em que:

X_{PMP} é o valor da precipitação máxima provável para uma determinada duração e localidade (mm);

$\bar{X}_n$ é a média da série de n máximos anuais (mm);

S_n é o desvio padrão da série de n máximos anuais;

k_m é o fator de frequência que varia com as diferentes distribuições de frequência que se ajustam aos valores extremos de dados hidrológicos.

O valor do fator de frequência foi determinado a partir da máxima altura de precipitação observada no local (Xmáx), tendo-se utilizado a média e o desvio padrão da série de máximos anuais, excluindo-se o valor Xmáx, conforme o modelo proposto por Hershfield (1965), descrito na **Equação 10.2.**

$$K_m = \frac{X_{máx} - X_{n-1}}{S_{n-1}} \qquad \textbf{Equação 10.2}$$

A **Figura 10.4** apresenta os valores do fator K_m em função da duração da chuva e da média das alturas máximas de precipitação, os quais constituem a base do método estatístico de Hershfield (1961) para estimativa da PMP.

Hershfield (1961) propôs ajustes para os parâmetros $\bar{X}_n$ (média das precipitações máximas anuais) e S_n (desvio padrão amostral), de modo a corrigir a influência de valores atípicos e assegurar maior representatividade estatística das séries analisadas. Esses ajustes, apresentados na **Figura 10.5**, são definidos em função do tamanho da série de dados e do valor médio observado (mm), conforme recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2009).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

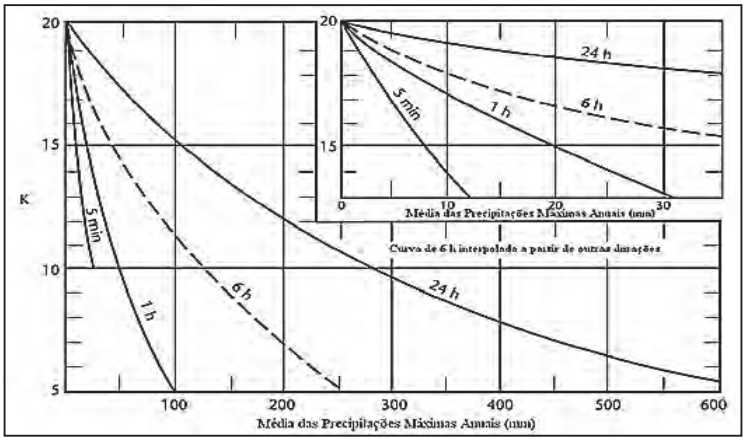


Figura 10.4 – Km em função da duração e da média das precipitações máximas (mm). (Fonte: WMO, 2009).

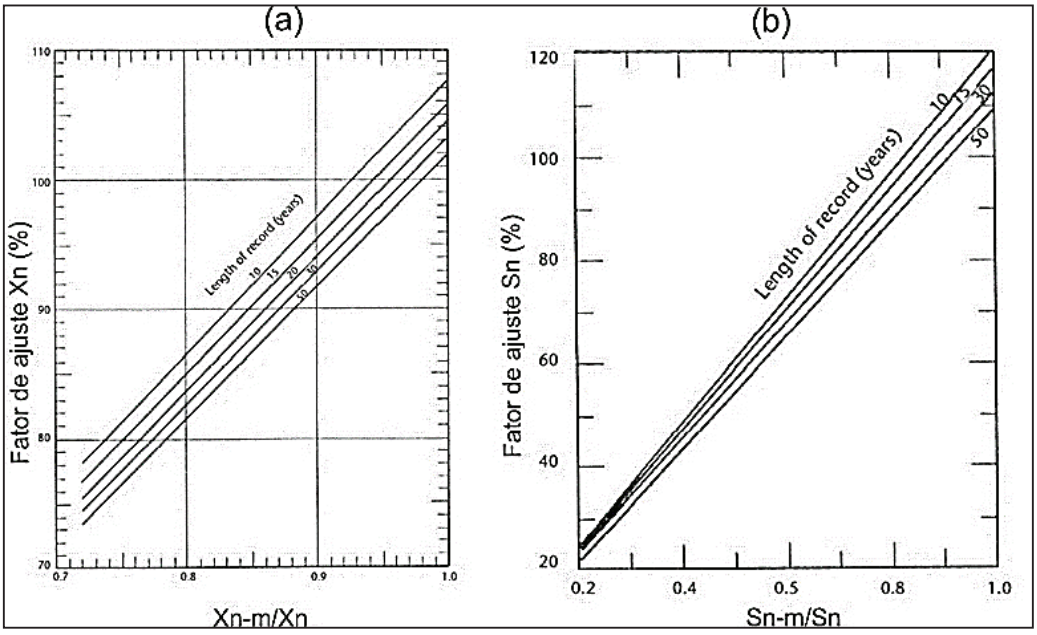


Figura 10.5 – Fatores de correção para a média (a) e desvio padrão (b) das séries anuais de precipitação máxima como função do tamanho da série e do valor médio observado, em mm, visando compensar a presença de valores atípicos (Fonte: WMO, 2009).

A **Figura 10.6** apresenta os ajustes sugeridos conforme o tamanho da amostra (WMO, 2009).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

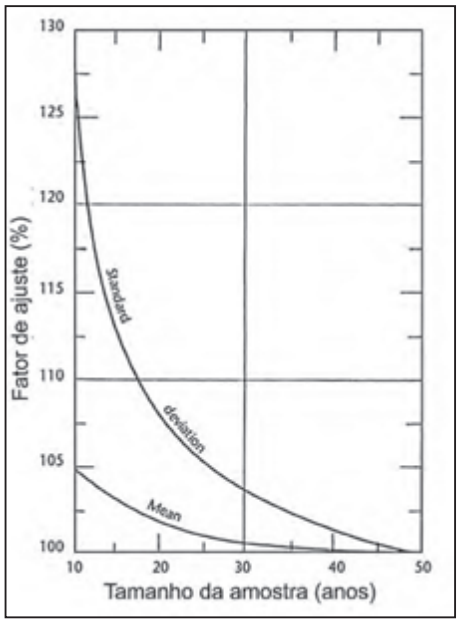


Figura 10.6 – Fator de Ajuste (%) da média e desvio padrão das séries anuais em função do tamanho da série (WMO, 2009).

Diante do exposto, o procedimento para o cálculo da PMP adotou os parâmetros apresentados na **Tabela 10.4.**

Tabela 10.4 – Parâmetros de procedimento para cálculo da PMP.

Parâmetros	1 dia	2 dias	3 dias	5 dias	7 dias	10 dias	30 dias
$\dot{X}_n$	100,50	139,40	169,70	216,40	253,80	307,20	622,40
$\dot{X}_{n-m}$	99,00	136,70	165,50	209,10	245,60	300,00	614,10
E	1,01	1,01	1,01	0,99	0,99	1,01	1,02
G	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
$\dot{X}_n * E * G$	102,56	142,21	173,09	216,33	253,77	313,37	641,25
S_n	25,60	35,60	50,40	60,50	72,60	81,60	139,10
S_{n-m}	24,20	32,10	44,00	42,20	53,50	69,80	131,40
F	1,04	1,01	1,00	0,79	0,83	0,98	1,04
H	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
$S_n * F * H$	27,45	37,01	51,93	49,21	62,05	82,35	149,03
k_m	15,30	15,60	15,70	15,90	16,10	16,10	16,00
J	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
X_{pmp} (mm)	525,23	719,73	990,84	1000,56	1250,50	1641,25	3027,67

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

10.1.2 Quantis de altura de chuvas e PMP para diversas durações

Os quantis de precipitação obtidos por meio da análise de frequência referem-se a chuvas diárias. Para converter esses valores em chuvas com duração de 24 horas e, posteriormente, desagregá-los em alturas de chuva de menor duração, adotou-se a metodologia descrita a seguir:

- Para o cálculo das alturas de chuva com duração inferior a 24 horas, aplicaram-se coeficientes de desagregação às precipitações correspondentes a 1 dia de duração, conforme recomendações de Silveira (2000);
- Foi utilizado um fator de correção igual a 1,14, a fim de converter as precipitações diárias observadas em chuvas equivalentes a eventos de 24 horas, conforme orientação da CETESB (1986);
- Para a desagregação da PMP em durações superiores a 24 horas (48h ou mais), foi empregado o procedimento proposto por Burger (2014), baseado na equação de frequência de Chow (1964), apresentada na **Equação 10.3**, que relaciona as precipitações máximas prováveis às durações correspondentes.

$$\mathrm{K} = 20 - \frac{0{,}732 * P_d^{0{,}693}}{(d + 0{,}372)^{0{,}420}} \qquad \textbf{Equação 10.3}$$

Onde,

P_d = média das chuvas máximas anuais de "*d* "horas de duração (mm);

d = duração das chuvas de projeto (h).

A **Tabela 10.5** apresenta os quantis de altura de chuvas para diversas durações, assim como os quantis da PMP calculada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 10.5 – Quantis de altura de chuva (mm).

Duração		TR (anos)										
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000	PMP
Minutos	5	11,35	14,12	15,95	18,26	19,97	21,68	23,37	25,61	27,30	32,92	61,75
	10	19,43	24,16	27,29	31,24	34,18	37,09	40,00	43,83	46,72	56,33	105,67
	15	24,78	30,81	34,80	39,85	43,60	47,31	51,01	55,90	59,59	71,85	134,77
	20	28,83	35,85	40,49	46,37	50,72	55,05	59,36	65,04	69,34	83,60	156,81
	30	34,87	43,37	48,99	56,09	61,36	66,59	71,81	78,68	83,88	101,13	189,70
Horas	1	46,06	57,28	64,70	74,08	81,05	87,95	94,84	103,92	110,79	133,58	250,55
	2	58,24	72,42	81,81	93,67	102,47	111,21	119,91	131,40	140,08	168,89	316,79
	4	71,33	88,70	100,20	114,74	125,52	136,22	146,88	160,94	171,57	206,87	388,03
	6	79,39	98,73	111,53	127,70	139,70	151,61	163,48	179,13	190,96	230,25	431,87
	8	85,29	106,05	119,80	137,18	150,07	162,86	175,61	192,42	205,13	247,33	463,92
	10	89,95	111,85	126,36	144,68	158,27	171,77	185,21	202,95	216,35	260,86	489,30
	12	93,82	116,67	131,80	150,91	165,09	179,16	193,19	211,69	225,67	272,09	510,36
	18	102,63	127,62	144,17	165,07	180,58	195,98	211,32	231,55	246,85	297,63	558,26
	24	109,66	136,36	154,04	176,37	192,95	209,40	225,78	247,41	263,75	318,01	596,48
Dias	2	94,98	138,75	167,73	204,35	231,51	258,48	285,34	320,79	347,58	436,51	719,73
	3	161,71	204,57	232,94	268,80	295,39	321,79	348,10	382,80	409,03	496,11	990,84
	5	207,61	254,64	285,78	325,13	354,31	383,29	412,15	450,24	479,02	574,59	1.000,56
	7	242,81	301,91	341,04	390,48	427,16	463,56	499,84	547,70	583,86	703,95	1.250,05
	10	293,96	365,14	412,27	471,82	515,99	559,84	603,53	661,17	704,73	849,37	1.641,25
	15	372,10	458,13	515,09	587,06	640,45	693,44	746,25	815,91	868,56	1.043,36	1.839,20
	30	598,65	726,67	811,43	918,52	997,97	1.076,83	1.155,40	1.259,06	1.337,41	1.597,53	3.027,67

10.2 PARÂMETROS FÍSICOS E HIDROLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA

No presente sub-tópico são apresentados os estudos realizados para a determinação dos parâmetros físicos e hidrológicos da bacia de contribuição da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**, abrangendo a caracterização morfométrica, as condições fisiográficas e de uso do solo, bem como os elementos hidrológicos essenciais ao entendimento do comportamento do escoamento superficial e da resposta hidrológica dos reservatórios.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

A região da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II** apresenta, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS), predominância de Plintossolo Háplico Distrófico associado a Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (FXd4). Em função de suas características físico-hídricas, como baixa condutividade hidráulica, reduzida capacidade de infiltração e elevado potencial de escoamento superficial, esses solos enquadram-se no Grupo Hidrológico D, conforme os critérios estabelecidos por Sartori, Neto e Genovez (2005).

Além da tipologia do solo, a condição de umidade antecedente é outro fator determinante na definição do *Curve Number* (CN). Para o presente estudo, adotou-se a condição de umidade antecedente do tipo III (AMC III), representativa de solos úmidos com elevado teor de umidade antecedente, situação típica de períodos chuvosos prolongados ou de eventos sucessivos de precipitação. Essa condição foi definida conforme as recomendações de Tucci (2015) e do método *Soil Conservation Service* – SCS (USDA, 1986).

Foram definidos os valores de CN II de acordo com as condições de uso e ocupação do solo, e, a partir desses valores, foi possível obter o CN III, conforme a **Equação 10.4**.

$$CNIII_{III} = \frac{CN_{II}}{0{,}4036 + 0{,}0059\, CN_{II}} \qquad \textbf{Equação 10.4}$$

Com base nas características do uso e ocupação do solo na bacia, pode-se definir a retenção potencial máxima, determinada conforme apresentado na **Equação 10.5**.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad \textbf{Equação 10.5}$$

Em que:

S é a retenção máxima potencial, em mm;

CN é o *curve number*, que depende do tipo, condições de uso e ocupação do solo e da umidade antecedente.

A caracterização da bacia hidrográfica também inclui a definição das abstrações iniciais (I_a), que correspondem à parcela da precipitação que antecede o escoamento superficial e equivale a 20% da

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

capacidade máxima de infiltração na bacia (retenção máxima potencial), segundo modelos experimentais do NRCS. Sua fórmula é apresentada na **Equação 10.6**.

$$I_a = 0{,}2S \qquad \textbf{Equação 10.6}$$

10.2.1 Barragem do Vené

A área de contribuição da **Barragem do Vené** foi delimitada pela equipe da Tellus com base na base topográfica fornecida pela equipe técnica da MASA (arquivo “CURVA DE NIVEL DA VENE1 EM SIRGAS.2000 20-09-2024”). A **Figura 10.7** apresenta a delimitação da bacia de contribuição, a qual abrange o reservatório e uma faixa adjacente de solo exposto, totalizando uma área de 1,013 km². O uso e ocupação do solo foram determinados a partir da interpretação de imagens aéreas recentes, considerando as classes de cobertura e uso do terreno e as áreas efetivamente ocupadas pelo espelho d’água e pela infraestrutura da barragem, conforme também ilustrado na **Figura 10.7**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



Figura 10.7 – Uso e ocupação do solo e área de contribuição da Barragem do Vené.

A **Tabela 10.6** apresenta o resumo dos valores de CN III atribuídos à bacia de contribuição

Tabela 10.6 – Resumo dos parâmetros físicos calculados para a Barragem do Vené.

Tipo de uso do solo	Área (km²)	Grupo Hidrológico	CN II	CN III
Reservatório	0,969	D	100	100
Pilhas / Barragens / Aterros	0,044	D	89	95,80
CN Ponderado			**99,50**	**99,80**
Área total (km²)			**1,013**	

Considerando que o reservatório em análise não possui área de contribuição externa, recebendo apenas a precipitação direta incidente sobre sua superfície, foi adotado um Tempo de Concentração de 5 minutos, de

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

modo a representar a resposta praticamente imediata do sistema frente aos eventos de chuva. O Tempo de Retardo (*lag time*) foi definido como 60% do Tempo de Concentração, conforme as recomendações do método SCS (USDA, 1986), resultando em um valor de 3 minutos.

O resumo da caracterização física da área de contribuição da **Barragem do Vené** pode ser observado na **Tabela 10.9**.

Tabela 10.7 – Resultados da caracterização física da área de contribuição da Barragem do Vené.

Estrutura	Área de drenagem (km²)	CN III ponderado	Ia (mm)	tc (min)	*Lag time* (min)
Barragem do Vené	1,013	99,80	0,46	5	3

10.2.2 Barragem do Vené II

A área de contribuição da **Barragem do Vené II** foi delimitada pela equipe da Tellus com base na base topográfica disponibilizada pela equipe técnica da Equinox Gold (documento “CURVAS DE NIVEL_VENE2 ATUAL MES 07-25”). A **Figura 10.8** apresenta a delimitação da bacia de contribuição, cuja área total calculada é de 0,74 km².

O uso e ocupação do solo foram determinados por meio da interpretação de imagens aéreas recentes, considerando a tipologia de cobertura e uso do terreno e as áreas.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

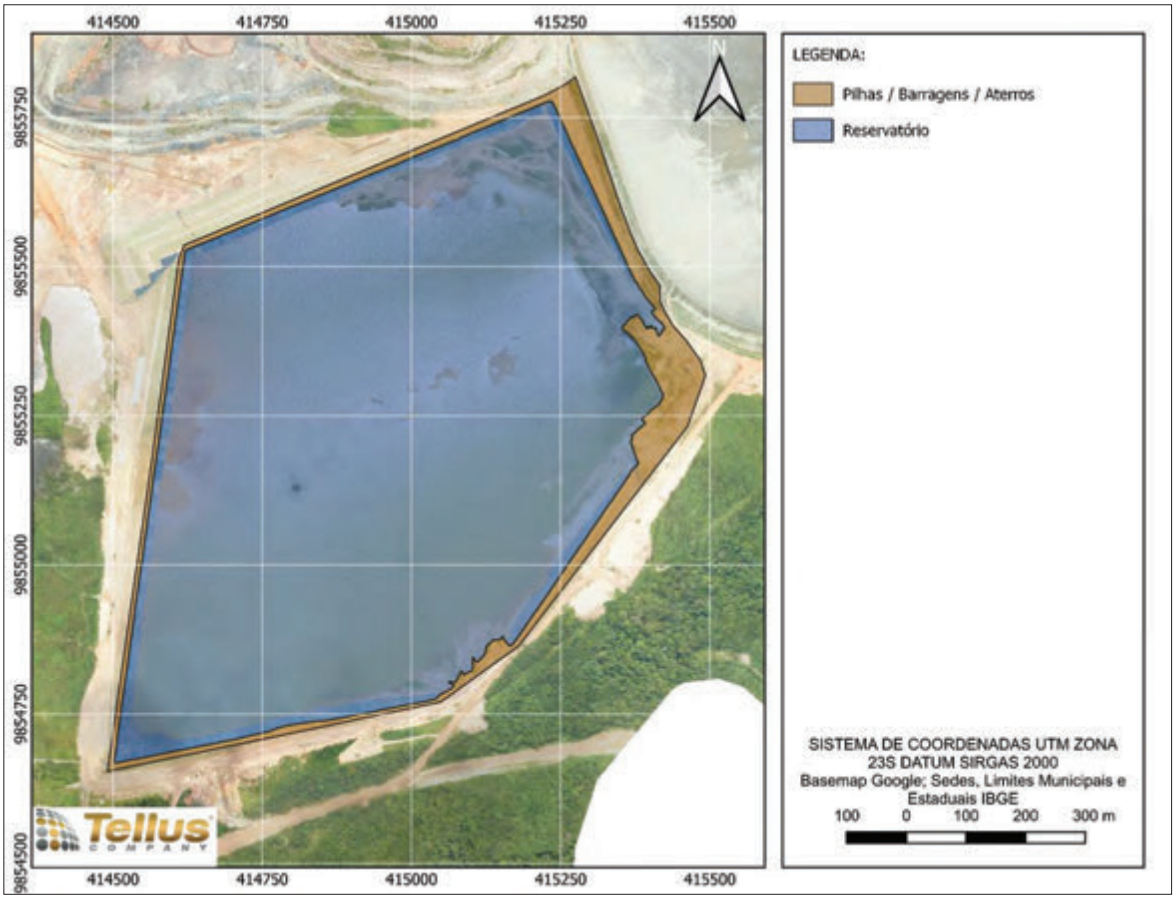


Figura 10.8 – Área de Contribuição da Barragem do Vené II.

O resumo com os valores de CN III adotados, com base no grupo hidrológico e no uso e ocupação do solo é apresentado na **Tabela 10.8.**

Tabela 10.8 – Uso e Ocupação do Solo.

Tipo de uso do solo	Área (km²)	Grupo Hidrológico	CN II	CN III
Reservatório	0,67	D	100	100
Pilhas / Barragens / Aterros	0,06	D	89	95,80
CN Ponderado			**99**	**100**
Área total (km²)			**0,74**	

Considerando que o reservatório em análise não possui área de contribuição externa, mas apenas a precipitação direta sobre sua superfície, foi adotado um tempo de concentração de 5 minutos, de forma a representar a resposta praticamente imediata do sistema. O tempo de retardo (*lag time*) foi definido como

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

60% do tempo de concentração, conforme recomenda o método SCS (USDA, 1986), resultando em 3 minutos, em conformidade com a formulação usualmente empregada em modelos hidrológicos.

O resumo da caracterização física da área de contribuição da **Barragem do Vené II** pode ser observado na **Tabela 10.9**.

Tabela 10.9 – Resultados da caracterização física da área de contribuição da Barragem do Vené II.

Estrutura	Área de drenagem (km²)	CN III ponderado	Ia (mm)	tc (min)	*Lag time* (min)
Barragem do Vené II	0,74	99	0,48	5	3

10.2.3 Cava do Piaba

A área de contribuição da Cava do Piaba foi delimitada pela equipe da Tellus com base na base topográfica disponibilizada pela equipe técnica da CMOC Gold (documentos “FOOTWAL 15-04-2026.R1 dwg 1” e “LIDAR_2024_SIRGAS2000”). A **Figura 10.9** apresenta a delimitação da bacia de contribuição, cuja área total calculada é de 0,74 km². O uso e ocupação do solo foi determinado por meio da interpretação de imagens aéreas recentes, considerando a tipologia de cobertura e uso do terreno.

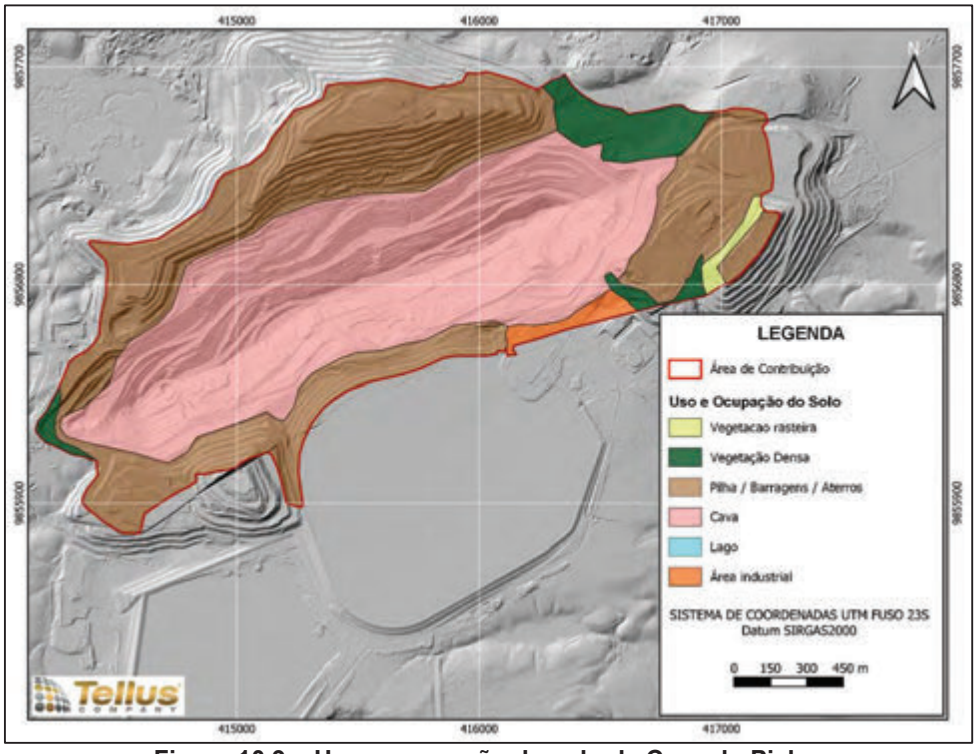


Figura 10.9 – Uso e ocupação do solo da Cava do Piaba.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

O resumo com os valores de CN III adotados, com base no grupo hidrológico e no uso e ocupação do solo é apresentado na **Tabela 10.10.**

Tabela 10.10 – Uso e Ocupação do Solo da Cava do Piaba.

Tipo de uso do solo	Área (km²)	Grupo Hidrológico	CN II	CN III
Área industrial	0.038	D	89	95
Cava	1.509	D	90	95
Pilha / Barragens / Aterros	1.316	D	80	90
Vegetação densa	0.162	D	77	89
Vegetação rasteira	0.024	D	80	90
CN Ponderado			**84.90**	**92.48**
Área total (km²)			**3.05**	

Considerando que a Cava do Piaba possui uma pequena área de contribuição externa, com precipitação praticamente direta sobre sua superfície, foi adotado um tempo de concentração de 5 minutos, de forma a representar a resposta praticamente imediata do sistema. O tempo de retardo (*lag time*) foi definido como 60% do tempo de concentração, conforme recomenda o método SCS (USDA, 1986), resultando em 3 minutos, em conformidade com a formulação usualmente empregada em modelos hidrológicos.

O resumo da caracterização física da área de contribuição da **Barragem do Vené II** pode ser observado na **Tabela 10.9.**

Tabela 10.11 – Resultados da caracterização física da área de contribuição da Barragem do Vené II.

Estrutura	Área de drenagem (km²)	CN III ponderado	Ia (mm)	tc (min)	*Lag time* (min)
Cava do Piaba	3,05	92,48	4,13	5	3

10.3 ESTUDOS HIDRÁULICOS

No presente tópico são apresentados os estudos realizados para a determinação da curva cota-volume do reservatório e da curva cota-descarga do sistema extravasor da **Barragens do Vené** e da **Barragem do Vené II**, bem como a cota-volume da Cava do Piaba. Essas análises visam caracterizar o comportamento hidráulico dos reservatórios em diferentes níveis de armazenamento, fornecendo subsídios essenciais para a verificação da segurança hidráulica e operacional das barragens.

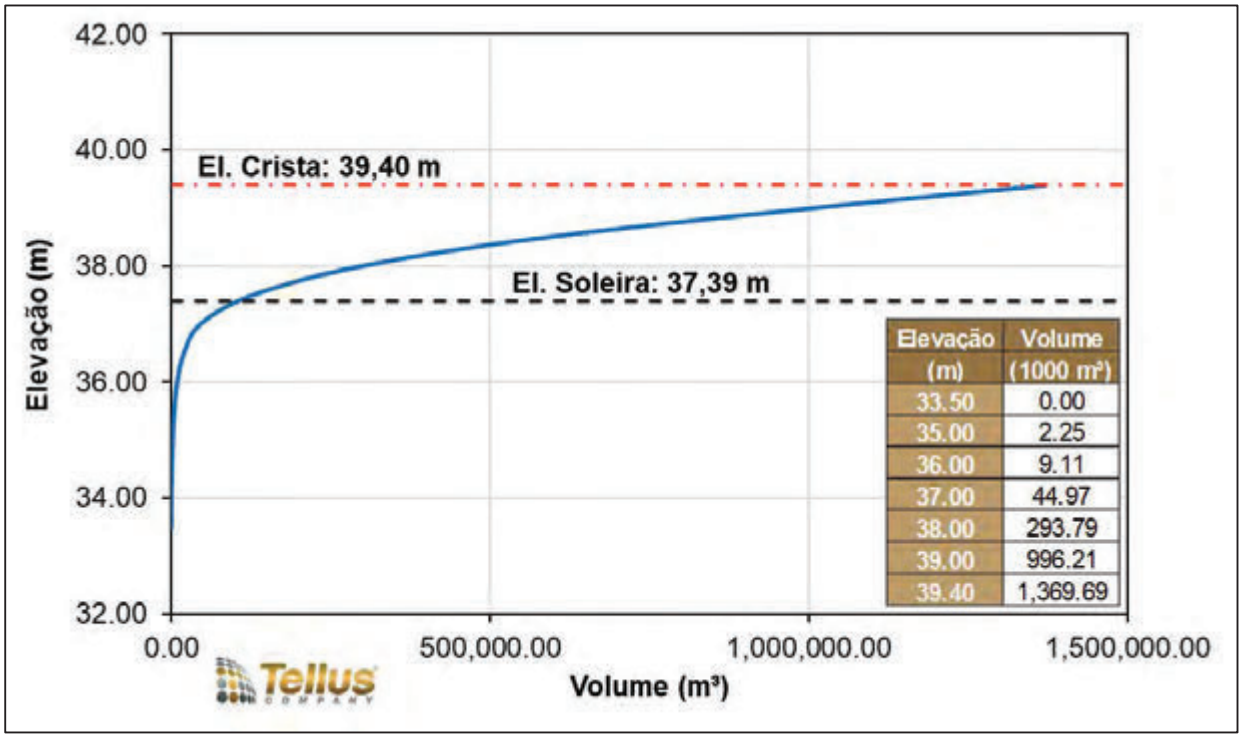
Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

10.3.1 Curva Cota-Volume do Reservatório

10.3.1.1 Barragem do Vené

A curva cota-volume do reservatório da **Barragem do Vené** foi obtida a partir do levantamento topográfico CURVA DE NIVEL DA VENE1 EM SIRGAS.2000 20-09-2024, disponibilizado pela equipe técnica da MASA.

O volume disponível para o trânsito de cheias é de aproximadamente 1.260.354,28 m³. Os dados estão apresentados na **Figura 10.10**.



Elevação (m)	Volume (1000 m³)
33.50	0.00
35.00	2.25
36.00	9.11
37.00	44.97
38.00	293.79
39.00	996.21
39.40	1,369.69

Figura 10.10 – Curva cota-volume da Barragem do Vené.

10.3.1.2 Barragem do Vené II

A curva cota-volume do reservatório da **Barragem do Vené II** foi obtida a partir do levantamento topográfico CPM_ARQUIVO_VENE II_CN_JULHO_2025_REV MASA, emitido em 30 de julho de 2025, disponibilizado pela equipe técnica da MASA. A capacidade volumétrica da **Barragem do Vené II** também é apresentada no relatório técnico do Estudo da Capacidade Volumétrica do Reservatório da Barragem do Vené II (TL24-0214-0000-EG-NT-0011_3), elaborado pela Tellus e emitido em agosto de 2025.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

O volume disponível para o trânsito de cheias é de aproximadamente 1.272,37 m³. Os dados estão apresentados na **Figura 10.11.**

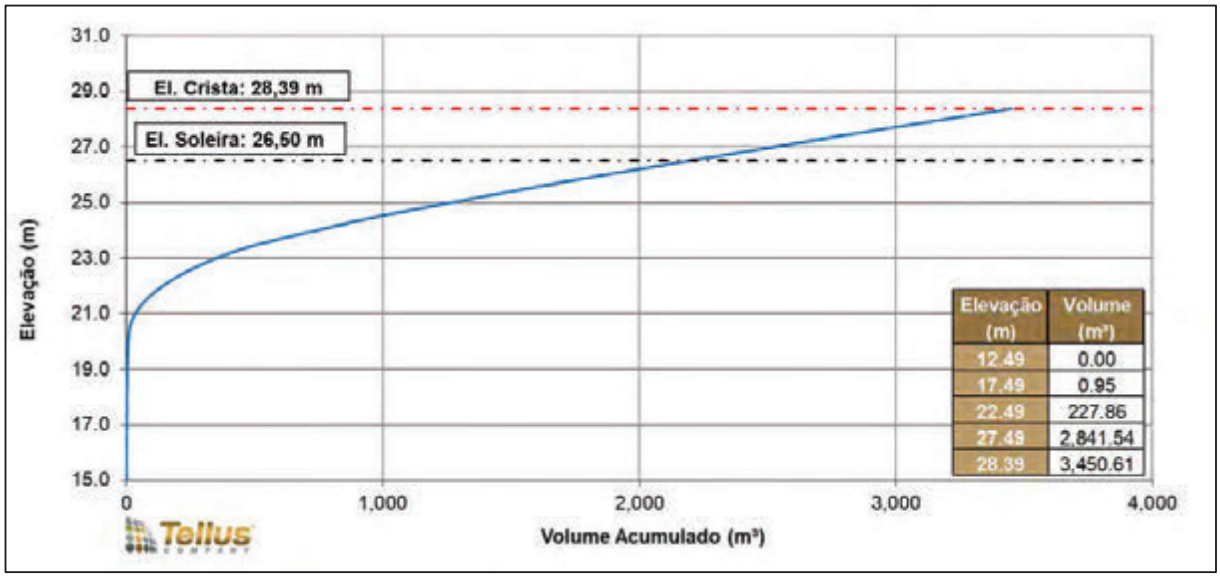


Figura 10.11 – Curva Cota-Volume Barragem do Vené II.

10.3.1.3 Cava do Piaba

A curva cota-volume referente à Cava do Piaba foi obtida a partir do levantamento topográfico FOOTWAL 15-04-2026.R1 dwg 1, disponibilizado pela equipe técnica da MASA. Os dados estão apresentados na **Figura 10.10**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

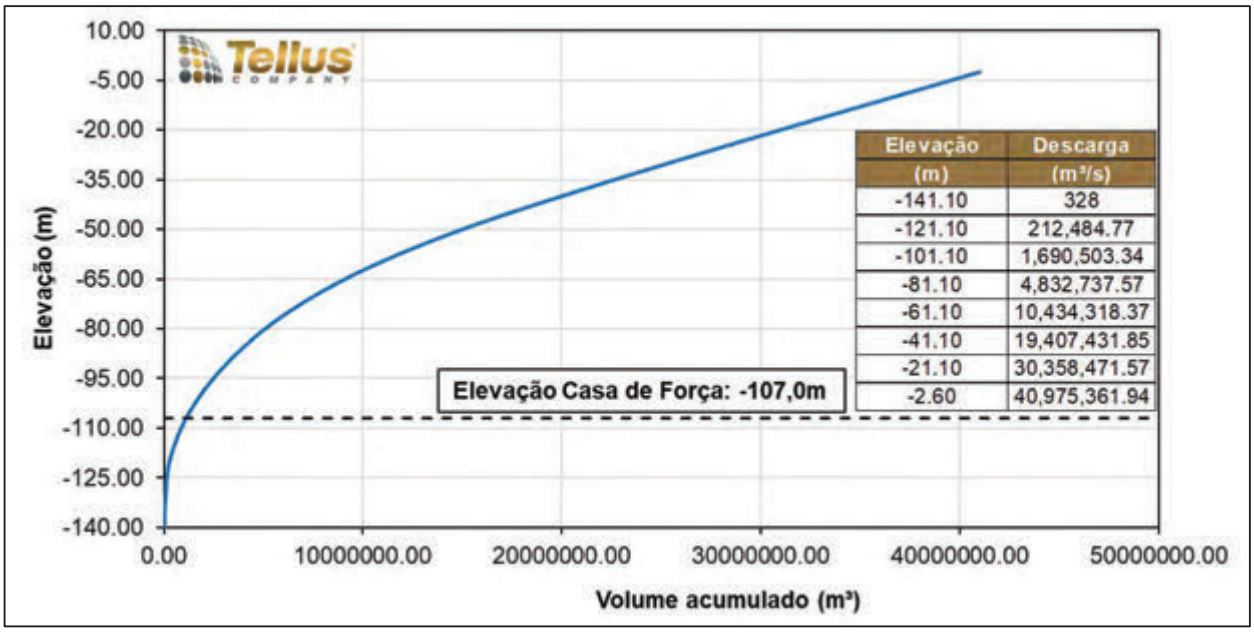


Figura 10.12 – Curva cota-volume da Cava do Piaba.

10.3.2 Curva Cota-Descarga do sistema extravasor

10.3.2.1 Barragem do Vené

Conforme o levantamento topográfico cadastral (EXTRAVASOR VENE1 SIRGA.2000), disponibilizado pela equipe técnica da MASA, o sistema extravasor da **Barragem do Vené** é composto por emboque de canal, com seção trapezoidal revestido com enrocamento, soleira na elevação 37,39 m, largura de base de 9,33 m e altura de 2,01 m, e taludes com inclinação 1,0V:2,3H.

Neste estudo, a curva de descarga foi obtida por meio de modelagem unidimensional utilizando o *software* HEC-RAS (versão 6.4.1). A condição de contorno a montante foi definida pelo *Normal Depth*, adotando-se a declividade de 0,005 m/m como critério para a determinação da linha de energia no reservatório. Para o limite a jusante (*downstream*), onde ocorre a curva no canal, utilizou-se como condição de contorno a profundidade crítica.

Os coeficientes de rugosidade de *Manning* foram especificados de acordo com as características do sistema hidráulico, adotando-se n = 0,023 para o fundo do reservatório e de 0,035 para o sistema extravasor, em conformidade com as recomendações clássicas de Chow (1954).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Na sequência, foram simuladas diferentes vazões de projeto, registrando-se os correspondentes níveis d'água no reservatório. A partir da relação entre descarga e cota simulada, construiu-se a curva cota–descarga do extravasor da **Barragem do Vené**, fundamentada nos resultados numéricos obtidos nas seções representativas do reservatório.

Esse procedimento está em conformidade com o HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, que recomenda o uso da condição de *Normal Depth* para limites a montante em situações em que não há dados observados de nível d'água, permitindo a aproximação da linha de energia a partir da declividade do canal.

A **Figura 10.13** apresenta a curva de descarga do sistema extravasor da **Barragem do Vené**.

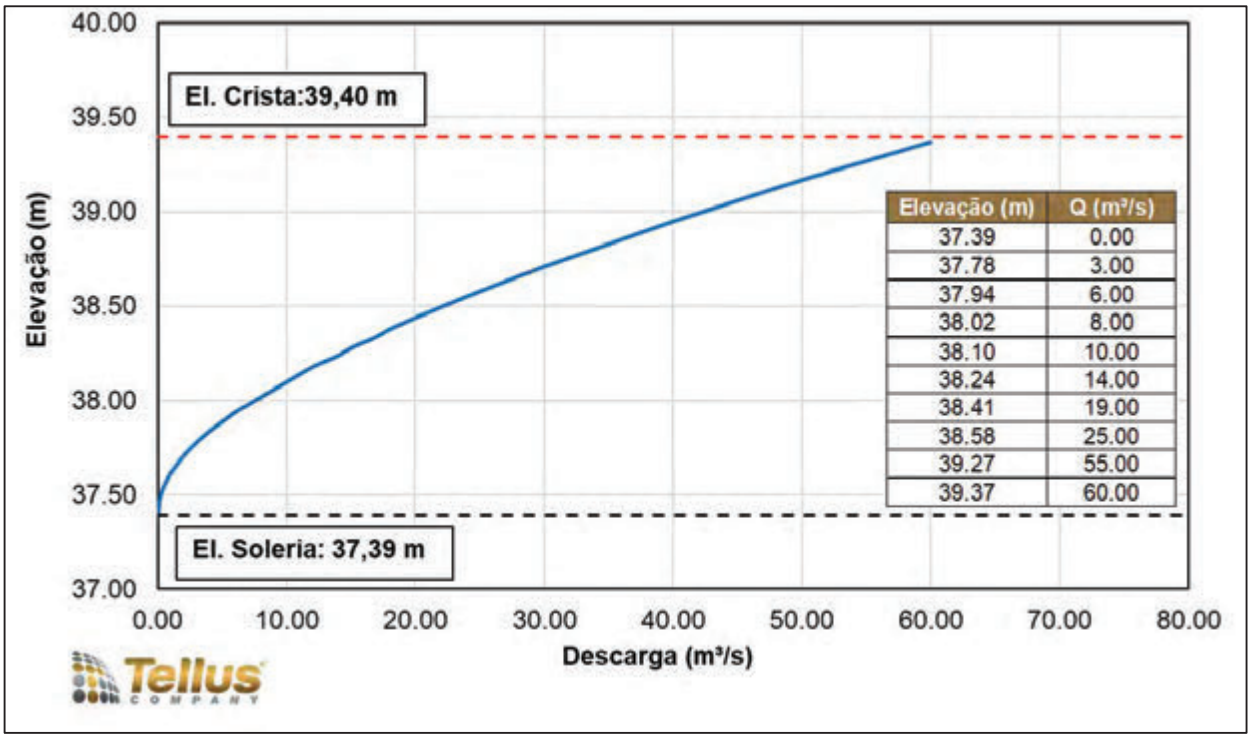


Figura 10.13 – Curva de descarga do extravasor sul da Barragem do Vené.

10.3.2.2 Barragem do Vené II

Conforme o levantamento topográfico cadastral (REG. SAIDA EMBORQUE EXTRAVAROS. VENE2 – 30/06/2025), disponibilizado pela equipe técnica da MASA, o sistema extravasor da **Barragem do Vené II** é composto por emboque de canal, com seção trapezoidal revestido com geomembrana PEAD, soleira na elevação 26,50 m, largura de base de 1,90 m e altura de 1,89 m, e taludes com inclinação 1,0V:2,2H.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Neste estudo, a curva de descarga foi obtida por meio de modelagem bidimensional utilizando o software HEC-RAS (versão 6.4.1). A condição de contorno a montante foi definida pelo *Normal Depth*, adotando-se a declividade de 0,005 m/m como critério para a determinação da linha de energia no reservatório. Para o limite a jusante (*downstream*), onde ocorre a curva no canal, utilizou-se como condição de contorno a profundidade crítica.

Os coeficientes de rugosidade de *Manning* foram especificados de acordo com as características do sistema hidráulico, adotando-se n = 0,023 para o fundo do reservatório e de 0,011 para o sistema extravasor, em conformidade com as recomendações clássicas de Chow (1954).

Na sequência, foram simuladas diferentes vazões de projeto, registrando-se os correspondentes níveis d'água no reservatório. A partir da relação entre descarga e cota simulada, construiu-se a curva cota–descarga do extravasor da **Barragem do Vené II**, fundamentada nos resultados numéricos obtidos nas seções representativas do reservatório.

Esse procedimento está em conformidade com o HEC-RAS *Hydraulic Reference Manual*, que recomenda o uso da condição de *Normal Depth* para limites a montante em situações em que não há dados observados de nível d'água, permitindo a aproximação da linha de energia a partir da declividade do canal.

A **Figura 10.14**.apresenta a curva de descarga do sistema extravasor da **Barragem do Vené II**.

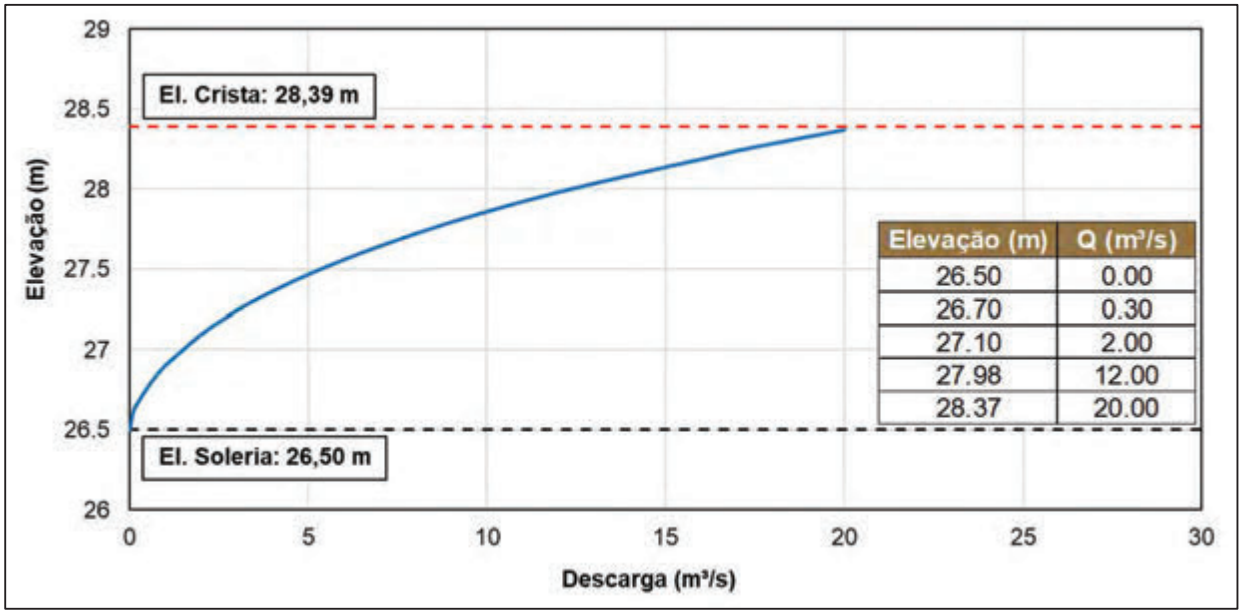


Figura 10.14 - Curva cota descarga da Barragem do Vené II.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

10.4 AVALIAÇÃO DO TRÂNSITO DE CHEIAS

No presente subitem são apresentados os estudos referentes ao trânsito de cheias pelo reservatório da **Barragens do Vené** e da **Barragem do Vené II**, desenvolvidos com o objetivo de avaliar o comportamento hidráulico dos reservatórios durante a passagem das vazões de projeto. Esses resultados constituem base fundamental para a avaliação da segurança hidráulica das barragens e para o planejamento de sua operação em eventos críticos.

A simulação do sistema hidrológico foi conduzida utilizando os parâmetros físicos e hidrológicos previamente definidos, considerando diferentes durações de chuva e tempos de retorno, de forma a identificar a chuva crítica do sistema. A separação da chuva efetiva foi realizada conforme a metodologia proposta pelo *Natural Resources Conservation Service* (NRCS), por meio do parâmetro *Curve Number* (CN), determinado em função do uso e ocupação do solo da bacia de contribuição.

As simulações foram executadas no modelo computacional HEC-HMS, versão 4.11, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center* (HEC) do *U.S. Army Corps of Engineers*, amplamente empregado em estudos hidrológicos de barragens e sistemas de drenagem.

Para a definição da chuva de projeto, foram considerados os eventos pluviométricos associados à Precipitação Máxima Provável (PMP), sendo adotada como chuva de projeto crítica aquela cuja duração resultou na maior elevação do nível de água no reservatório.

Define-se como cheia de projeto aquela efluente ao reservatório, gerada pelo trânsito da cheia afluente proveniente da chuva de projeto, enquanto a vazão de projeto do vertedouro corresponde à vazão de pico dessa cheia de projeto.

10.4.1 Barragem do Vené

Nas simulações de trânsito de cheia pelo reservatório da **Barragem do Vené**, considerou-se como nível de água inicial do reservatório a cota correspondente à soleira vertente, que corresponde à elevação 37,39 m.

O resumo do potencial de amortecimento do reservatório da **Barragem do Vené** é apresentado na **Tabela 10.12,** para chuvas com diferentes durações associadas a PMP e a **Figura 10.15** apresenta o hidrograma de vazão de projeto, afluente e defluente, e o nível de água atingido para eventos correspondentes à duração crítica para PMP.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 10.12 - Resultado das Simulações para PMP da Barragem do Vené.

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão defluente (m³/s)	Elevação (m)
5 min	186,25	1,02	37,62
10 min	258,13	2,58	37,75
20 min	253,42	5,14	37,90
30 min	222,45	7,16	37,99
1 hora	155,17	9,45	38,08
2 horas	100,25	11,31	38,15
3 horas	75,80	12,21	38,19
4 horas	61,72	12,79	38,20
6 horas	**45,84**	**13,17**	**38,22**
8 horas	36,95	13,10	38,21
10 horas	31,18	12,84	38,21
12 horas	27,10	12,50	38,19
18 horas	19,77	11,47	38,16
24 horas	15,84	10,65	38,13
2 dias	9,56	8,33	38,03
3 dias	8,77	8,19	38,03
5 dias	5,31	5,19	37,90
7 dias	4,74	4,69	37,87
10 dias	4,36	4,33	37,86
15 dias	3,26	3,24	37,79
30 dias	2,68	2,68	37,76

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

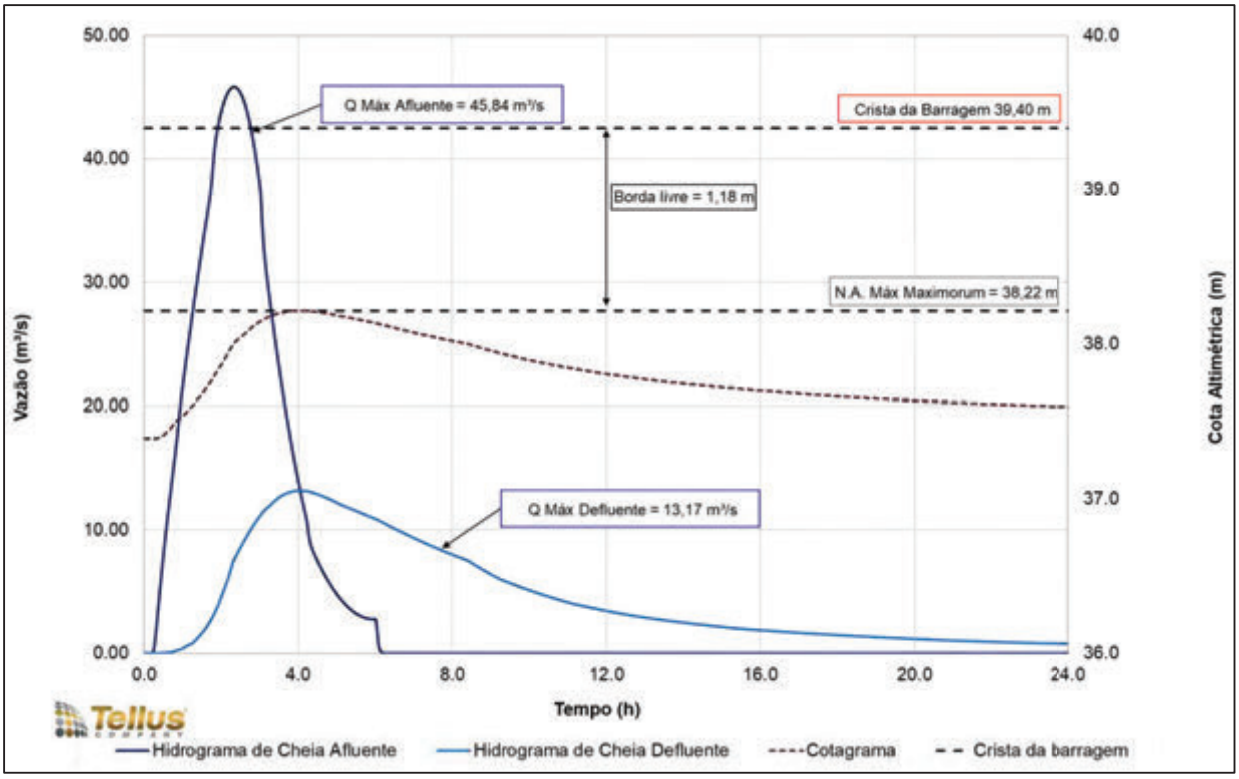


Figura 10.15 – Resultado do trânsito de cheias para PMP da Barragem do Vené.

A **Tabela 10.13** apresenta uma síntese dos resultados encontrados nos cálculos do trânsito de cheia no reservatório da **Barragem do Vené** para as durações críticas associadas ao período de retorno de PMP.

Tabela 10.13 – Resultados da avaiação do trânsito cheias do reservatório da Barragem do Vené.

Resultados do trânsito da cheia de projeto	PMP
Duração Crítica	06 horas
Altura da chuva crítica (mm)	431,87
Vazão máxima afluente (m³/s)	45,84
Vazão máxima defluente (m³)	13,17
Elevação da soleira do vertedouro (m)	37,39[1]
Elevação da crista (m)	39,40[1]
NA Máximo *Maximorum* (m)	38,22[1]
Bora livre (m)	1,18

Nota:
(1) Cota referente ao *Datum* SIRGAS 2000.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Conforme disposto no artigo 54 da Resolução nº 95/2022 da ANM, até 31 de dezembro de 2025 as estruturas classificadas com Dano Potencial Associado (DPA) Alto deverão apresentar borda livre mínima igual ou superior a 1,0 m, ou aquela definida em projeto, prevalecendo sempre o critério mais restritivo.

A modelagem hidrológica demonstrou que a **Barragem do Vené** possui capacidade de amortecimento da cheia resultante de um evento de chuva correspondente à PMP, com duração crítica de 06 horas, garantindo uma borda livre de 1,18 m, considerando o sistema extravasor atual.

10.4.2 Barragem do Vené II

Nas simulações de trânsito de cheia pelo reservatório da **Barragem do Vené II**, considerou-se como nível de água inicial do reservatório a cota correspondente à soleira vertente, que corresponde à elevação 26,50 m (Sirgas2000).

O resumo do potencial de amortecimento do reservatório da **Barragem do Vené II,** para a PMP, é apresentado na **Tabela 10.14** e o hidrograma de vazão de projeto, afluente e defluente, e o nível de água atingido para eventos correspondentes à duração crítica para a PMP é apresentado na **Figura 10.16**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 10.14 - Resultado das Simulações para PMP da Barragem do Vené II.

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão defluente (m³/s)	Elevação (m)
5 min	136,23	0,06	26,57
10 min	188,64	0,12	26,62
20 min	185,14	0,26	26,67
30 min	162,51	0,37	26,71
1 hora	113,35	0,56	26,78
2 horas	73,24	0,83	26,85
3 horas	55,37	1,01	26,89
4 horas	45,09	1,16	26,92
6 horas	33,49	1,36	26,96
8 horas	26,99	1,49	26,98
10 horas	22,78	1,58	27,00
12 horas	19,80	1,65	27,01
18 horas	14,44	1,78	27,04
24 horas	11,57	1,86	27,05
2 dias	6,98	2,04	27,09
3 dias	**6,41**	**2,78**	**27,20**
5 dias	3,88	2,18	27,11
7 dias	3,47	2,39	27,14
10 dias	3,18	2,59	27,17
15 dias	2,38	2,10	27,10
30 dias	1,96	1,89	27,06

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

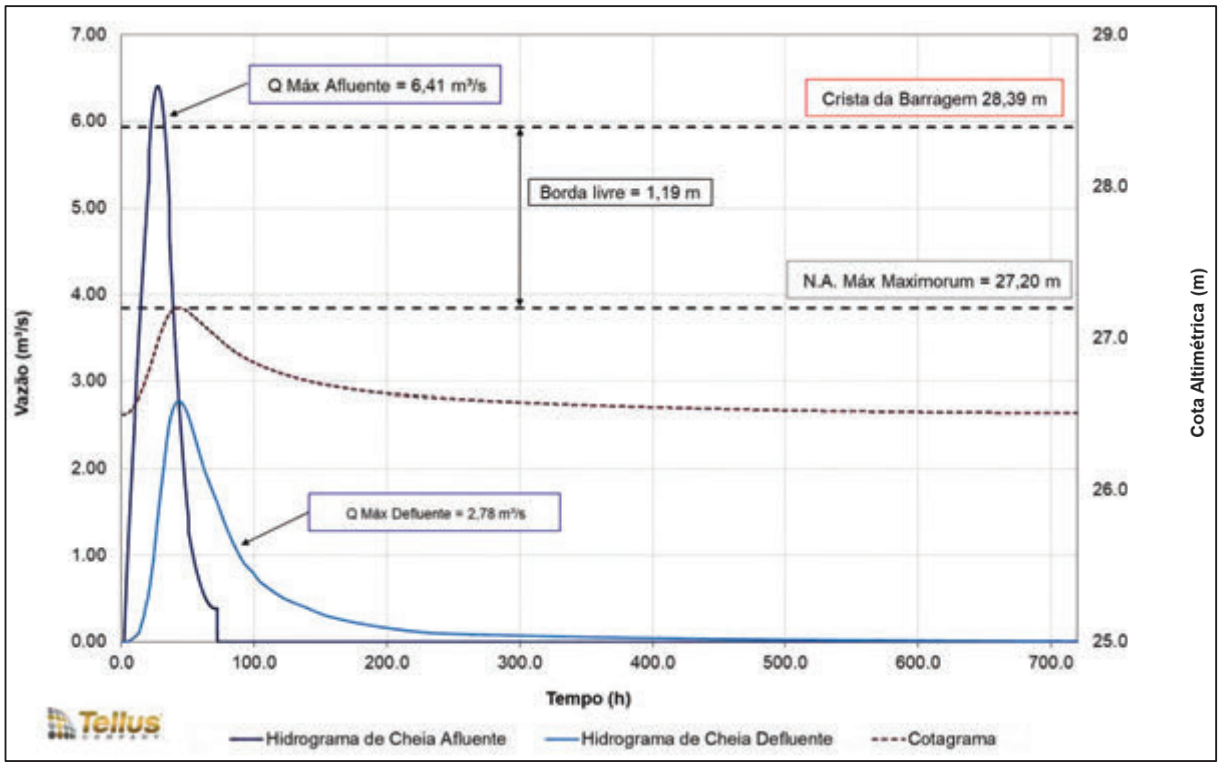


Figura 10.16 – Resultado do trânsito de cheias para PMP da Barragem do Vené II.

A **Tabela 10.15** apresenta uma síntese dos resultados encontrados nos cálculos do trânsito de cheia no reservatório da **Barragem do Vené II** para a duração crítica associada a PMP.

Tabela 10.15 - Resultados da avaliação do trânsito cheias do reservatório da Barragem do Vené II.

Resultados do trânsito da cheia de projeto	PMP
Duração Crítica	3 dias
Altura da chuva crítica (mm)	990,84
Vazão máxima afluente (m³/s)	6,41
Vazão máxima defluente (m³)	2,78
Elevação da soleira do vertedouro (m)	26,50
Elevação da crista (m)	28,39
NA Máximo *Maximorum* (m)	27,20
Bora livre (m)	1,19

Conforme disposto no artigo 54 da Resolução nº 95/2022 da ANM, até 31 de dezembro de 2025 as estruturas classificadas com Dano Potencial Associado (DPA) Alto deverão apresentar borda livre mínima igual ou superior a 1,0 m, ou aquela definida em projeto, prevalecendo sempre o critério mais restritivo.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

A modelagem hidrológica demonstrou que a **Barragem do Vené II** possui capacidade de amortecimento da cheia resultante de um evento de chuva correspondente à PMP, com duração crítica de 03 dias, garantindo uma borda livre de 1,19 m, considerando o sistema extravasor atual.

10.4.3 Cava do Piaba

Nas simulações de trânsito de cheia para a Cava do Piaba, considerou-se como nível de água inicial na elevação -107,0m, referente a Casa de Forças.

O resumo do potencial de acúmulo da Cava do Piaba**,** para a PMP, é apresentado na **Tabela 10.14** e o hidrograma de vazão afluente e o nível de água atingido para diferentes durações é apresentado na **Figura 10.16**.

Tabela 10.16 - Resultado das Simulações para PMP da Barragem do Vené II.

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Volume (m³)
5 min	55.936	170,605.90
10 min	99.691	304,057.80
20 min	150.755	459,802.82
30 min	183.616	560,029.54
1 hora	244.435	745,527.03
2 horas	310.657	947,505.22
3 horas	351.734	1,072,787.49
4 horas	381.875	1,164,718.84
6 horas	425.715	1,298,431.15
8 horas	457.756	1,396,156.74
10 horas	483.131	1,473,549.28
12 horas	504.196	1,537,797.24
18 horas	552.090	1,683,875.62
24 horas	590.324	1,800,489.20
2 dias	713.550	2,176,326.62
3 dias	984.640	3,003,150.77
5 dias	994.388	3,032,884.42
7 dias	1243.864	3,793,785.25
10 dias	1635.053	4,986,911.41
15 dias	1832.975	5,590,574.26
30 dias	3021.548	9,215,722.79

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

A **Tabela 10.17** apresenta uma síntese dos resultados obtidos no trânsito de cheias da Cava do Piaba para a duração de 06 horas associada à PMP. Ressalta-se que essa duração corresponde à condição crítica identificada para o reservatório da **Barragem do Vené**, por resultar no nível máximo *maximorum*. Dessa forma, a duração de 06 horas também foi adotada como condição crítica para as avaliações da Cava do Piaba.

Tabela 10.17 - Resultados da avaliação do trânsito cheias do reservatório da Barragem do Vené II.

Resultados do trânsito da cheia de projeto	PMP
Duração Crítica	06 horas
Altura da chuva crítica (mm)	431,87
Vazão máxima afluente (m³/s)	
Volume total (m³)	1.298.431,15
NA Máximo *Maximorum* (m)	-103,11

Os resultados do trânsito de cheias indicaram que a elevação máxima atingida na Cava do Piaba durante a propagação da cheia associada à PMP corresponde à cota -103,11 m. Dessa forma, essa elevação foi adotada como condição inicial de nível d'água para as simulações de ruptura hipotética do maciço norte da **Barragem do Vené** em direção à Cava do Piaba, representando a condição hidráulica mais crítica identificada para o cenário avaliado.

10.5 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

No estudo de ruptura hipotética, considerou-se que o vale a jusante das estruturas está sujeito à presença de uma vazão natural de base, sendo, portanto, necessária a determinação das vazões naturais para avaliar tanto a capacidade volumétrica da calha do rio quanto o comportamento do sistema frente a eventos extremos. Para essa finalidade, foi adotado o método de regionalização de vazões, com base na análise de estações fluviométricas com séries históricas superiores a 20 anos, disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022).

O processo de regionalização hidrológica teve como objetivo transferir informações de vazão entre bacias hidrográficas hidrologicamente homogêneas, possibilitando o cálculo das vazões naturais nos pontos de interesse ao longo do domínio de simulação da mancha de inundação, considerando a contribuição potencial das bacias afluentes ao curso principal.

Foram avaliadas 37 estações fluviométricas pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Gurupi, região onde se inserem as **Barragens do Vené e do Vené II**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

O sistema hidrográfico é caracterizado por uma densa rede de drenagem com rios de regime predominantemente pluvial, influenciados pela elevada pluviosidade regional. Além do Gurupi, destacam-se rios como Turiaçu, Piriá e Pericumã, que contribuem para a drenagem costeira e para o equilíbrio hidrológico da região. A bacia possui relevância ambiental e socioeconômica significativa, abrigando extensas áreas de floresta, comunidades tradicionais e usos múltiplos da água voltados à agricultura, abastecimento e geração de energia.

A dinâmica estuarina da Bacia do Rio Gurupi é fortemente influenciada pela ação das marés oceânicas, que exercem papel determinante na hidrodinâmica da foz. Estudos recentes (Silva *et al*., 2023) classificam o estuário como de domínio de maré, caracterizado por correntes de enchente e vazante assimétricas e pela significativa participação do prisma de maré no volume total estuarino. Essa interação entre descarga fluvial e a força da maré regula o transporte de sedimentos, a salinidade e a formação de zonas de máxima turbidez, resultando em um sistema parcialmente misto, no qual a propagação das marés e a variabilidade sazonal das vazões definem o equilíbrio hidrodinâmico típico de estuários amazônicos e costeiros do Atlântico Nordeste Ocidental.

O primeiro refinamento consistiu na verificação da amplitude e consistência das séries históricas, assegurando o atendimento ao critério mínimo de 20 anos de observações contínuas. Em seguida, procedeu-se à análise de consistência das vazões máximas, à avaliação das características de uso e ocupação do solo nas respectivas bacias de drenagem e à análise de sensibilidade para verificar a coerência dos conjuntos de dados utilizados.

O conjunto final de estações selecionadas atendeu a todos os critérios técnicos estabelecidos, incluindo áreas de drenagem compatíveis com as das bacias analisadas neste estudo. A **Figura 10-17** apresenta a localização das estações fluviométricas utilizadas, enquanto a **Tabela 10-18** apresenta o resumo das principais características e informações hidrológicas associadas a cada uma delas.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

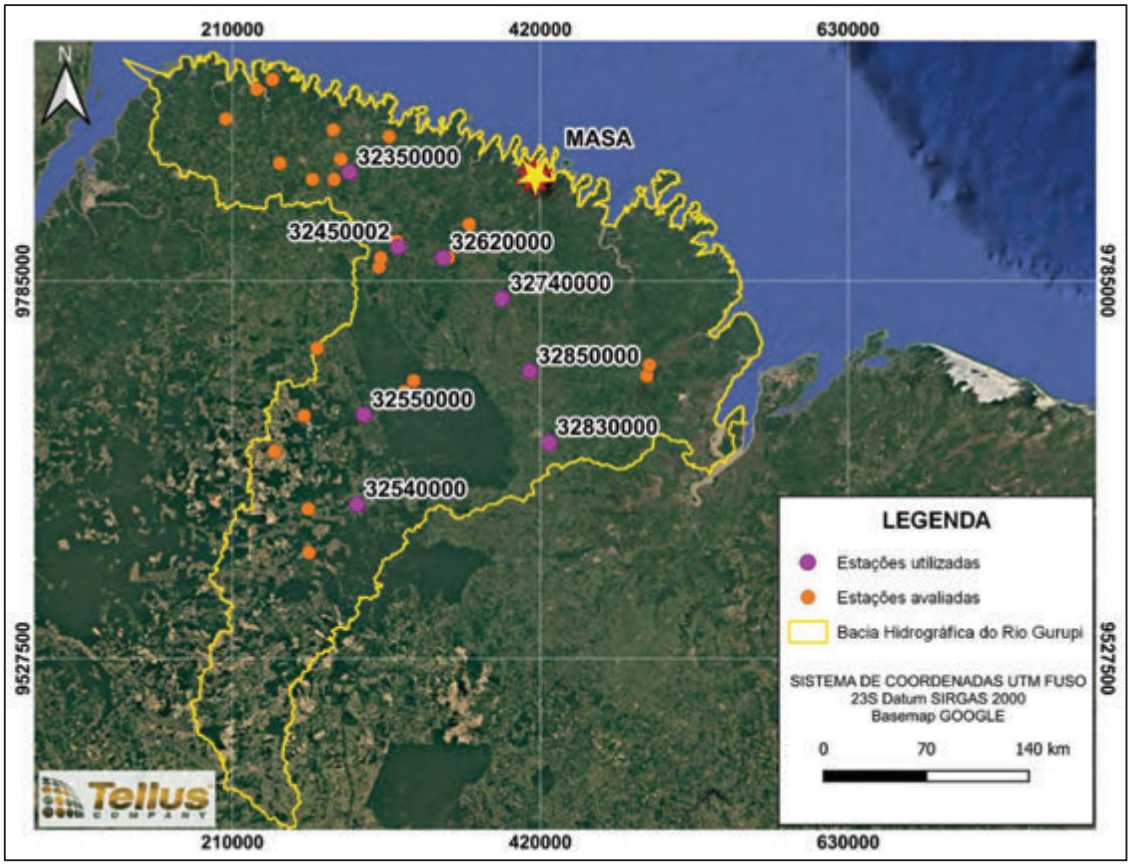


Figura 10-17 – Localização das estações fluviométricas avaliadas no estudo.

Tabela 10-18 – Estações fluviométricas avaliadas.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km²)	Disponibilidade de dados (anos)
32350000	NOVA MOCAJUBA	-1.2728	-46.8894	1130	61
32450002	TARARUÁ - PONTE	-1.7353	-46.5914	2630	50
32540000	FAZENDA RURAL ZEBU	-3.3197	-46.8456	16300	45
32550000	CAFEZAL	-2.7717	-46.8028	4690	40
32620000	ALTO BONITO	-1.8006	-46.3161	32900	53
32740000	MARACACUME	-2.0536	-45.9556	2200	54
32830000	ALTO TURI	-2.9442	-45.6672	3870	54
32850000	BR-316 / RIO PARUÁ	-2.5031	-45.785	724	44

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

A próxima etapa do estudo avalia os máximos anuais de cada ano hidrológico (janeiro a dezembro) das estações analisadas. Em seguida, realizou-se uma análise da correlação entre a distribuição empírica desses máximos anuais e as distribuições de frequência, com o objetivo de determinar as vazões máximas para diferentes tempos de retorno. Avaliou-se as distribuições de Gumbel, Log-Pearson III e Log-Normal, visando identificar a que melhor se ajusta aos dados observados.

Pela análise das correlações entre a distribuição empírica e as distribuições de frequência avaliadas, a distribuição de máximos de Gumbel foi escolhida para a determinação das vazões máximas para os diferentes tempos de retorno.

Para determinar os valores da regionalização com base nas estações, foi utilizado o método do index-flood, ou cheia-índice. Esse método envolve a adimensionalização das vazões máximas, utilizando a média das máximas anuais (QMedMax) como fator de adimensionalização. As vazões máximas foram adimensionalizadas pela razão entre os valores da série máxima de vazão anual e QMedMax, resultando na série adimensionalizada (Qadim). Com cada estação selecionada adimensionalizada, foram obtidos os parâmetros da distribuição de Gumbel, de posição e escala, e por fim, foi utilizada a média ponderada desses coeficientes no ajuste da curva adimensional. Os valores encontrados podem ser visualizados na **Tabela 10-19**.

Durante o processo de análise e ajuste das curvas de QMedMax, verificou-se que as estações Fazenda Rural Zebu (32540000) e Cafezal (32550000) apresentavam comportamento discrepante em relação às demais séries, ocasionando inconsistências nos ajustes das distribuições de frequência e redução da qualidade estatística da curva regionalizada. Dessa forma, optou-se por não considerar essas estações nas etapas subsequentes da regionalização, assegurando maior representatividade e confiabilidade aos resultados obtidos.

Tabela 10-19 – Parâmetros de Gumbel.

Estação	Coeficiente a	Coeficiente m	Nº de anos
32740000	0,303	0,825	53
32850000	0,289	0,833	41
32830000	0,228	0,869	52
32350000	0,210	0,879	25
32450002	0,168	0,903	46
32620000	0,246	0,858	53
Média Ponderada	**0,243**	**0,860**	**270**

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os parâmetros ajustados para a curva adimensional de Gumbel foram 0,860 para a posição e 0,243 para a escala, conforme apresentado na **Figura 10-18**. A definição da curva regional de distribuição de frequências assumiu que, em uma região homogênea, as vazões adimensionais seguem uma distribuição de probabilidade única.

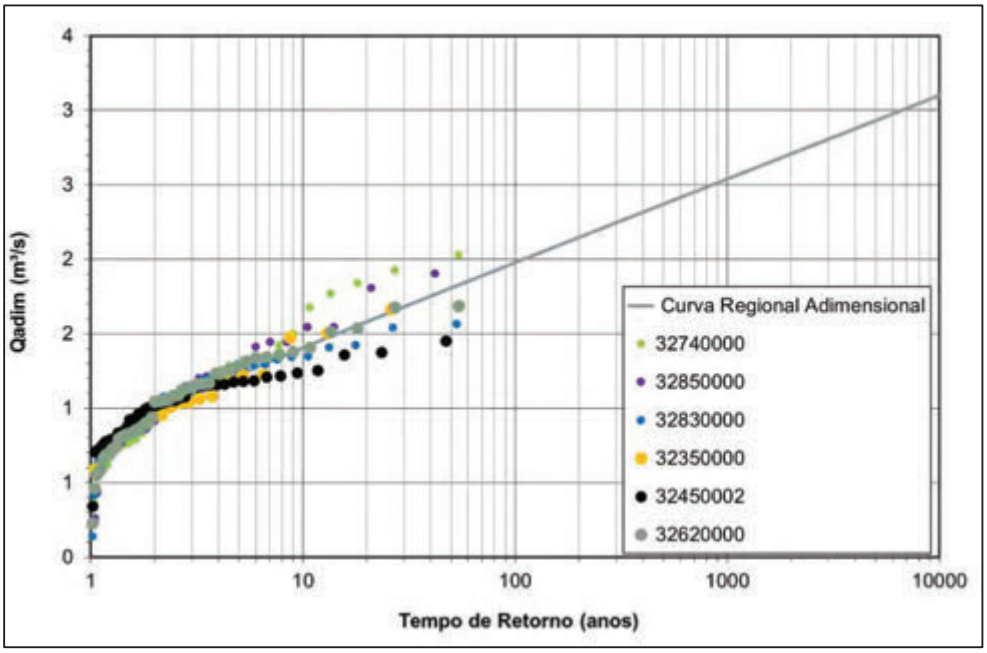


Figura 10-18 – Curva de Gumbel regional adimensional e séries empíricas das estações avaliadas.

Para definir a equação da curva regional que relaciona o comportamento das vazões médias máximas anuais com diferentes áreas de drenagem, foi utilizada a relação entre a área de drenagem, retirada da **Figura 10-18** e as vazões médias máximas. A curva regional foi obtida pela regressão linear, gerando um R^2 de 0,9968. Essa relação permite realizar a regionalização utilizando a área de drenagem e a QMedMax como variável de entrada resultando na curva de regressão. A curva regional gerada é ilustrada pela **Figura 10-19**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

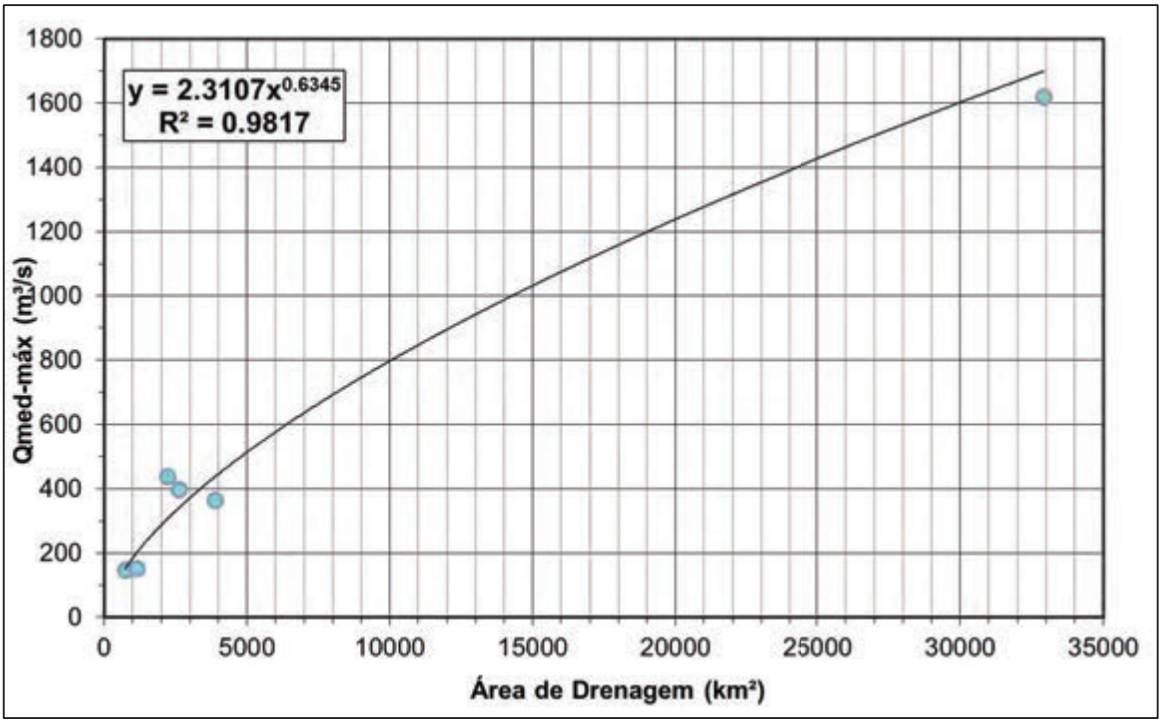


Figura 10-19 – Curva QMedMax em função da área de drenagem.

Pela equação da curva gerada na **Figura 10-19**, é possível calcular a vazão média máxima anual regionalizada para áreas de drenagem pré-definidas. Ao multiplicar esse valor pela vazão adimensional (**Figura 10-18**) referente ao tempo de retorno pré-definido, é determinada a vazão máxima regionalizada para diferentes valores de área de drenagem.

Para simulação de cheias no vale a jusante, foram selecionados pontos para inserção de vazões em cada rio. As áreas de contribuição e os valores de vazões simuladas para estão apresentadas na **Tabela 10-20**.

A Figura 10-20 ilustra o ponto de entrada de vazão para o Rio Trumaí, que é de 132,05 m³/s.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

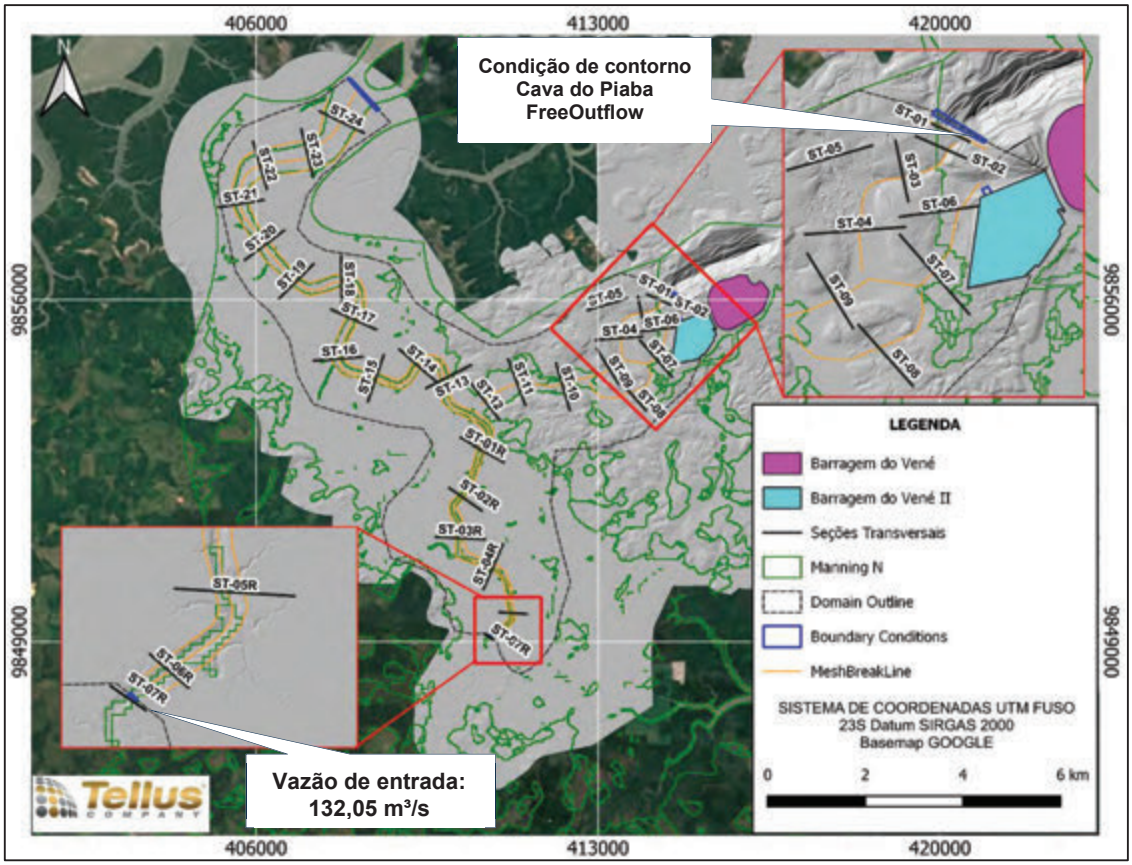


Figura 10-20 – Pontos de inserções de vazões na simulação do vale à jusante do Rio Trumaí.

A Figura 10-21 apresenta os dois pontos de inserção de vazão considerados no Rio Maracaçumé, correspondentes a 51,44 m³/s para a sub-bacia e 1.203,70 m³/s para a bacia principal do rio, respectivamente.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

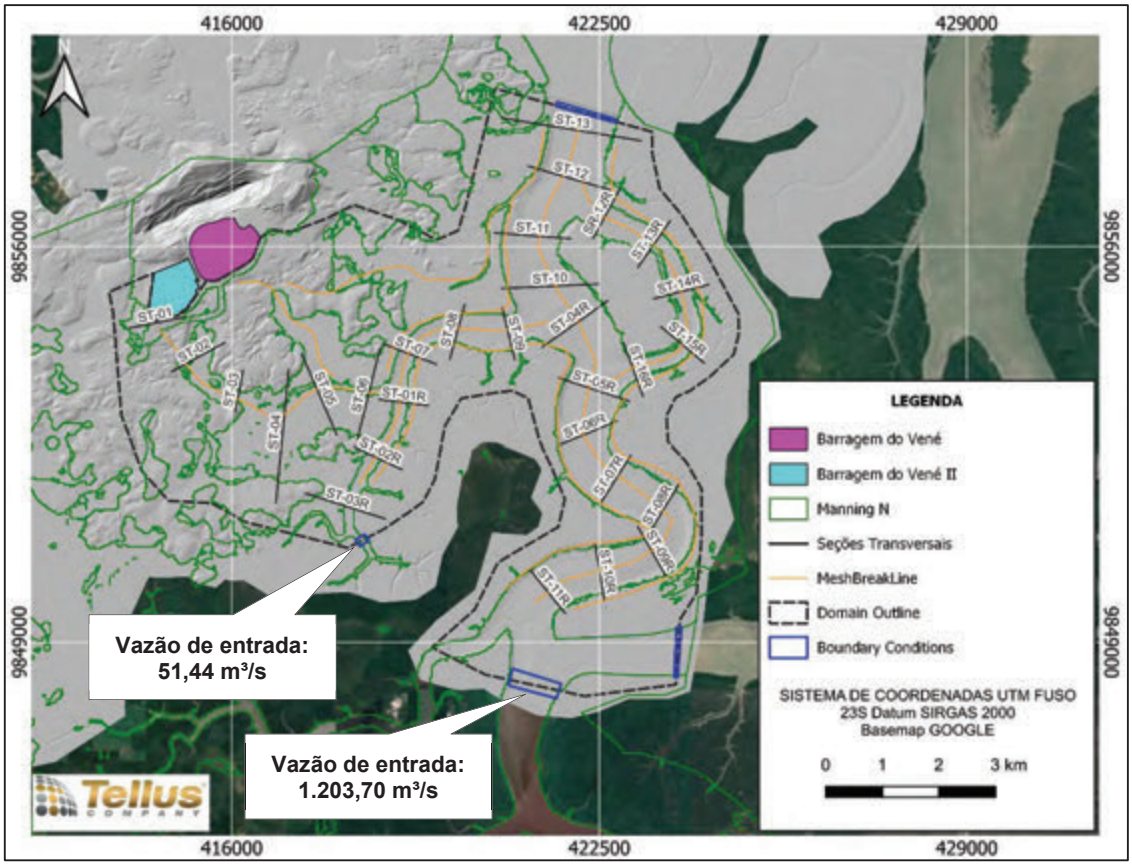


Figura 10-21 – Pontos de inserções de vazões na simulação do vale à jusante.

Para a sub-bacia do Rio Maracaçumé, foi considerada uma área de drenagem de 45,35 km² para o cálculo da vazão de entrada no modelo hidrodinâmico. Já para a bacia principal do Rio Maracaçumé, procedeu-se ao desconto da área correspondente à sub-bacia, de modo a evitar a dupla contabilização da contribuição hidrológica e garantir a coerência entre as vazões afluentes e as áreas efetivamente drenadas em cada trecho do sistema fluvial.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 10-20 – Vazões definidas para cada tempo de retorno associadas as áreas de drenagem contribuintes ao vale, onde serão propagadas as ondas de inundação dos cenários avaliados.

Cálculo Vazão por Áreas				
Rio	AD (km²)	Qmed-máx	TR = 2 anos	TR = 100 anos
			Q (m³/s)	Q (m³/s)
Rio Tromaí	200,40	66,73	**63,31**	**132,05**
Sub-bacia do Rio Maraçumé	45,35	25,99	**24,66**	**51,44**
Rio Maraçumé	6.524,60	608,24	**577,06**	**1.203,70**

11 AVALIAÇÃO DO MODO DE FALHA

Este item apresenta os principais mecanismos potenciais de ruptura em barragens de mineração, suas definições técnicas e a contextualização dos eventos físicos observáveis em campo que possam justificar a adoção, ou não, de cada modo de falha, considerando as características construtivas, geotécnicas e operacionais específicas de cada estrutura.

De forma geral, um modo de falha é considerado crível quando há fundamento técnico ou evidência física que sustente sua inclusão nas avaliações de segurança. Não se trata, portanto, de cenários hipotéticos irreais ou incompatíveis com o comportamento esperado da estrutura, com sua geometria, com os materiais empregados ou com as condições geológicas, geotécnicas, hidrotécnicas e ambientais do local em que se insere.

Adicionalmente, as diretrizes do Plano de Gerenciamento de Riscos de Barragens de Mineração (PGRBM) foram consultadas para subsidiar a avaliação dos modos de falha potenciais e a definição dos modos de falha considerados críveis neste relatório. Salienta-se que o documento foi empregado de forma consultiva, cabendo a este consultor a avaliação e a respectiva justificativa pela adoção de cada modo de falha, conforme descrito ao longo deste relatório.

11.1 PROCESSO DE GESTÃO DE RISCOS PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO (PGRBM)

Em dezembro de 2024, foi emitido pela SAFF Engenharia o Relatório de Processo de Gestão de Riscos para Barragens de Mineração (PGRBM) da **Barragem do Vené** (SAFF-MASA013-PGRBM-002-R1). O estudo adota a metodologia FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) para identificação e avaliação dos riscos, considerando as probabilidades de ocorrência e as consequências associadas a cada modo de falha.

Foram identificados como principais modos de falha:

- Ruptura por instabilidade do maciço ou fundação;

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- Ruptura por erosão interna (*piping*);
- Ruptura por galgamento (*overtopping*); e
- Ruptura associada à instabilidade da Cava Piaba

A **Figura 11.1** apresenta os riscos alocados na matriz de risco geotécnica para a **Barragem do Vené**.

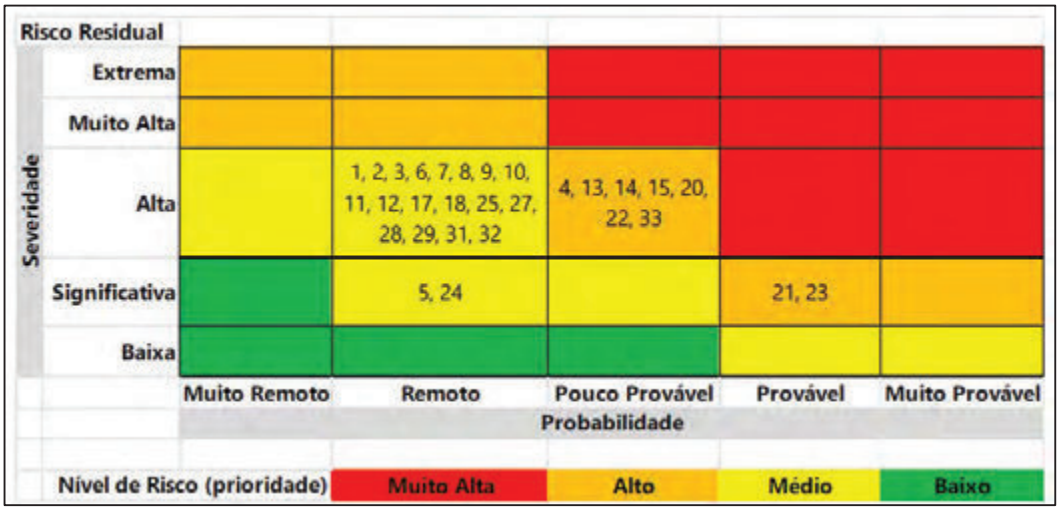


Figura 11.1 – Matriz de Risco Residual, Barragem do Vené (SAFF-MASA013-PGRBM-0002-R1, 2024).

A matriz de risco residual do relatório classifica os modos de falha de 1 a 31 como ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), indicando que, embora existam controles implementados, ainda persistem incertezas associadas aos parâmetros geotécnicos e à eficiência dos sistemas de drenagem e monitoramento. Entre os riscos de maior atenção, destaca-se a instabilidade do talude norte da Cava Piaba, cuja condição foi incluída nos estudos de ruptura hipotética posteriores e revisão do PAEBM.

Os cenários analisados no PGRBM demonstram que a estrutura possui risco residual baixo a moderado para os modos de falha hidráulicos (*piping* e galgamento), em razão da capacidade de laminar cheias de até 10 000 anos de período de retorno e PMP, sendo o modo de instabilidade do maciço aquele de maior relevância geotécnica, principalmente considerando as incertezas de fundação e a interação com a Cava Piaba.

Em janeiro de 2024, foi emitido pela SAFF Engenharia o Relatório de Processo de Gestão de Riscos para Barragens de Mineração (PGRBM) da **Barragem do Vené II** (SAFF-MASA013-PGRBM-001-R3). A análise, baseada na metodologia FMEA, avaliou os principais riscos estruturais e operacionais da barragem,

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

incluindo incertezas relacionadas aos parâmetros geotécnicos da fundação e à ausência de estudos sísmicos locais.

Foram identificados como modos de falha possíveis:

- Ruptura por instabilidade do maciço ou fundação;
- Ruptura por *piping* (erosão interna);
- Ruptura por galgamento; e
- Ruptura decorrente da instabilidade da PDE Sul.

A **Figura 11.2** apresenta os riscos alocados na matriz de risco geotécnica para a **Barragem do Vené II**.

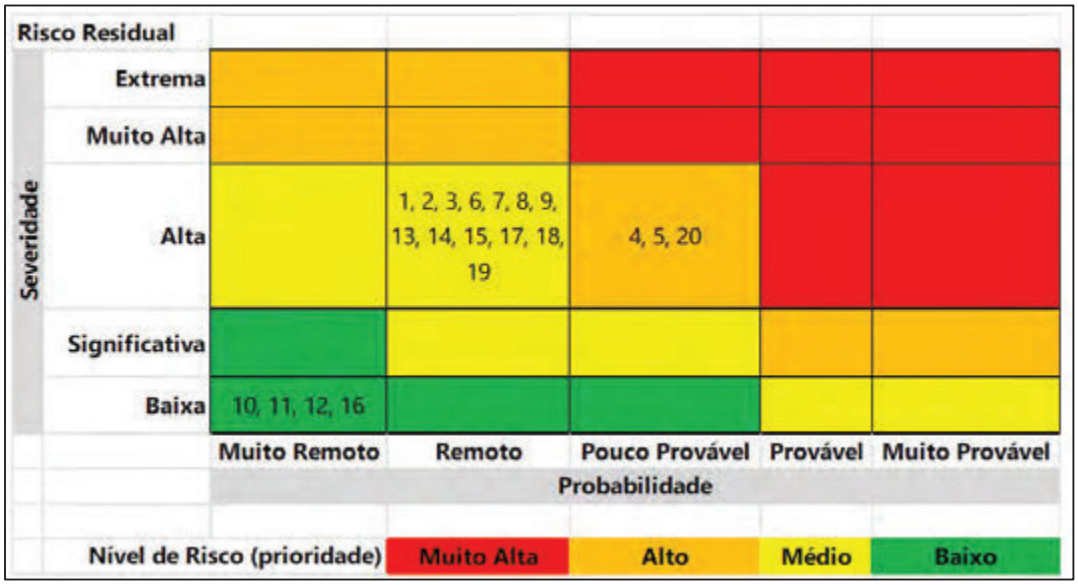


Figura 11.2 – Matriz de Risco Residual, Barragem do Vené II (SAFF-MASA013-PGRBM-001-R3, 2024).

De acordo com a matriz de risco residual, os modos de falha de 1 a 9, 13 a 15 e 17 a 20 foram classificados como ALARP, enquanto os demais foram considerados aceitáveis ou não aplicáveis. O relatório evidencia que a instabilidade do maciço constitui o modo de falha mais crítico, especialmente nas fases de construção final e primeiro enchimento, quando os rejeitos ainda não atingiram estado pleno de adensamento e as poropressões podem se elevar.

O modo de galgamento isolado foi avaliado como de baixa probabilidade, dada a capacidade hidráulica do extravasor e a borda livre remanescente para PMP (≈ 1,43 m), sendo, porém, mantido para cenários de ruptura em cascata devido ao potencial de galgamento induzido pela falha da **Barragem do Vené**. A matriz

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

FMEA classifica os riscos residuais como controláveis, recomendando atenção especial aos programas de instrumentação, monitoramento e verificação da drenagem interna.

Cabe salientar que o Plano de Gerenciamento de Risco de Barragens de Mineração (PGRBM), por sua própria natureza, avalia as distintas probabilidades de falha e a respectiva eficácia dos controles associados. No que tange ao estudo de ruptura ora apresentado, foi realizada uma análise detalhada dos modos de falha, a qual, em decorrência do entendimento aprofundado das características geométricas, geotécnicas e operacionais da estrutura, motivou o referido auditor a proceder com uma avaliação complementar, exposta a seguir. Ressalta-se que, a critério do auditor e mediante devida justificativa técnica, outros modos de falha, distintos daqueles contemplados no estudo acima, poderão ser igualmente considerados.

Nos subitens subsequentes, cada modo de falha é apresentado de forma individualizada, partindo do detalhamento de seu conceito e da consequente interpretação acerca de sua ocorrência ou não em ambas as estruturas aqui avaliadas.

11.2 EROSÃO INTERNA (PIPING)

A erosão interna consiste na migração progressiva de partículas finas de solo no interior do maciço ou de sua fundação, ocasionada pela ação do fluxo de percolação, que carreia o material para jusante, promovendo a formação de vazios e, eventualmente, condutos preferenciais (SILVA, 2016). Trata-se de um processo que se desenvolve de forma silenciosa e cumulativa, podendo comprometer a estabilidade global da estrutura.

Esse fenômeno é comumente associado a um conjunto de fatores interdependentes, tais como:

- Gradientes hidráulicos elevados, capazes de mobilizar partículas;
- Granulometria excessivamente uniforme dos materiais utilizados;
- Ausência ou inadequação de filtros e transições entre o maciço e a fundação;
- Ineficiência do sistema de drenagem interna ou perda de funcionalidade por colmatação.

De acordo com o ICOLD (2015), a erosão interna pode manifestar-se sob três formas principais:

- Erosão interna regressiva e vazamento concentrado (*internal erosion and concentrated leak erosion*);
- Erosão regressiva na fundação com formação de conduto (*piping foundation backward erosion*);

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- Erosão ascendente do maciço para a fundação, igualmente com formação de conduto (*piping through the embankment*).

A probabilidade de ocorrência de *piping* é significativamente reduzida quando a estrutura atende aos seguintes requisitos:

- Presença de sistema de drenagem interna funcional, dimensionado para o nível d'água máximo operacional;
- Execução do maciço sob controle tecnológico rigoroso, conforme especificações de projeto;
- Materiais construtivos adequadamente selecionados quanto à granulometria, resistência e permeabilidade;
- Monitoramento sistemático das vazões e pressões nos dispositivos de drenagem interna, possibilitando a detecção precoce de anomalias.

Em síntese, a erosão interna representa um dos mecanismos mais críticos de deterioração progressiva em barragens de mineração, razão pela qual seu controle depende da manutenção preventiva do sistema de drenagem, da confiabilidade construtiva e da instrumentação efetiva da estrutura.

11.2.1 Barragem do Vené

O PGRBM da **Barragem do Vené** (SAFF-MASA013-PGRBM-002-R1) identifica a possibilidade de ocorrência do mecanismo de *piping* tanto na fundação, em virtude da existência de horizontes preferenciais de percolação, quanto no maciço, decorrente da formação de caminhos preferenciais de fluxo. Esses processos podem ter origem em carregamentos hidráulicos ou em ações dinâmicas capazes de gerar aberturas ou fissuras, promovendo trajetórias de percolação.

Tais cenários estão associados à perda gradativa da eficiência dos sistemas de drenagem interna e à presença de potenciais descontinuidades nos materiais constituintes, fatores que contribuem para o aumento do risco de erosão regressiva. Considerando que a estrutura não dispõe de sistema de impermeabilização, este modo de falha é tecnicamente plausível.

11.2.2 Barragem do Vené II

De forma análoga, o PGRBM da **Barragem do Vené II** (SAFF-MASA013-PGRBM-001-R3) identifica a possibilidade de ocorrência do mecanismo de *piping* tanto no maciço quanto na fundação, decorrente da colmatação ou ineficiência do sistema de drenagem interna e da presença de horizontes preferenciais na

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

fundação. Também são consideradas situações de interferência operacional, como escavações junto ao pé do talude, que possam induzir o surgimento de trajetórias de percolação.

Tais mecanismos são característicos de estruturas em terra com extensos gradientes hidráulicos, sobretudo quando submetidas a eventos extremos. Cabe destacar, contudo, que o talude de montante da estrutura é revestido por geomembrana de PEAD, o que reduz significativamente a possibilidade de percolação de água através do maciço.

Adicionalmente, conforme estudo conduzido pela **Tellus Company** em 2025 (documento nº TL25-0149-0001-EG-RT-0001), verificou-se que os gradientes hidráulicos atuantes na fundação da **Barragem do Vené II** são baixos, resultando em risco muito baixo, ou improváveis de ocorrência do mecanismo de *piping* nessa região, sendo este modo de falha tecnicamente não plausível.

11.3 GALGAMENTO (*OVERTOPPING*)

O galgamento ocorre quando o nível d'água do reservatório ultrapassa a cota de crista da barragem, provocando o escoamento superficial sobre o coroamento e levando, em poucos instantes, à erosão progressiva do talude de jusante. Esse mecanismo de falha é frequentemente desencadeado por eventos de precipitação extremos, que geram vazões superiores à capacidade de descarga do sistema extravasor, ou por falhas operacionais e estruturais que reduzam sua eficiência hidráulica.

Entre as principais causas associadas ao galgamento, destacam-se:

- Subdimensionamento do vertedouro em relação às cheias de projeto;
- Obstruções parciais ou totais no canal extravasor por sedimentos, detritos ou vegetação;
- Indisponibilidade operacional de dispositivos de descarga (comportas, válvulas ou canais auxiliares);
- Defasagem no controle do nível d'água do reservatório em períodos de cheia.

De acordo com o ICOLD (2015) e o CIGB (2016), o galgamento pode ser um dos modos de falha mais crítico em barragens de rejeitos, pois o fluxo que ultrapassa a crista tende a erodir rapidamente o material do talude de jusante, resultando na formação de brechas de grandes dimensões e em rupturas de evolução rápida.

A probabilidade de ocorrência desse mecanismo é minimizada quando a barragem dispõe de capacidade de descarga compatível com as cheias de projeto, apresenta sistema extravasor adequadamente mantido e é operada com margem de segurança no nível do reservatório, conforme o plano de operação estabelecido.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

11.3.1 Barragem do Vené

O PGRBM identifica o galgamento como um modo de falha plausível em situações de cheias extremas associadas a perdas parciais ou obstruções no sistema extravasor, decorrentes de patologias ou danos estruturais que reduzam sua capacidade de descarga. Nessas condições, pode ocorrer a elevação do nível d'água (N.A.) acima da crista da barragem, resultando no extravasamento do reservatório. Esse risco é sensível às condições iniciais de armazenamento e à integridade operacional do sistema extravasor.

Conforme apresentado em **item 10.4,** a **Barragem do Vené** apresenta capacidade hidráulica suficiente para o trânsito de cheias associada à PMP. Além disso, não há a possibilidade de obstrução do sistema extravasor que possa reduzir de forma significativa sua capacidade de descarga, dada a configuração hidráulica e construtiva do dispositivo. Dessa forma, o modo de falha apenas de galgamento é considerado improcedente para as condições avaliadas.

11.3.2 Barragem do Vené II

Para a **Barragem do Vené II**, além do galgamento por cheia extrema e contingências no extravasor, há o cenário de galgamento induzido por ondas internas ou por aporte súbito de massa/água (p. ex., instabilidade a montante ou ruptura de taludes naturais no entorno do reservatório). O PGRBM explicita, ainda, que uma falha a montante (**Barragem do Vené**) pode superpor ondas e volumes na **Barragem do Vené II**, agravando o risco de galgamento.

Conforme apresentado em **item 10.4,** a **Barragem do Vené II** apresenta capacidade hidráulica suficiente para o trânsito de cheias associada à PMP. Além disso, não há a possibilidade de obstrução do sistema extravasor que possa reduzir de forma significativa sua capacidade de descarga, dada a configuração hidráulica e construtiva do dispositivo. Dessa forma, o modo de falha apenas por galgamento é considerado improcedente para as condições avaliadas.

11.4 LIQUEFAÇÃO

A liquefação é um fenômeno caracterizado pela perda súbita de resistência ao cisalhamento de um solo ou rejeito, decorrente do aumento rápido das poropressões em condições não drenadas, o que provoca a redução abrupta da tensão efetiva e, consequentemente, a mobilização de grandes massas de material a altas velocidades (SILVA, 2010).

Em barragens de rejeitos, a liquefação pode ocorrer quando há acréscimos rápidos de tensões sem o devido tempo para dissipação das pressões neutras, situação comum em materiais finos, fofos e saturados,

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

dispostos por meio de aterro hidráulico. Essa condição pode ser agravada por elevação do nível freático, carregamentos dinâmicos (vibrações, detonações, eventos sísmicos) ou acréscimos súbitos de carga sobre o maciço ou sobre os depósitos de rejeito.

Durante o processo de ruptura, o escorregamento inicial tende a se propagar até que as tensões atuantes se equilibrem com as tensões resistentes no estado liquefeito. As porções adjacentes não envolvidas na ruptura primária podem liquefazer-se secundariamente por descarregamento lateral, ampliando significativamente o volume de material mobilizado e a extensão do escoamento a jusante.

Conforme descrito por ICOLD (2016) e USACE (2017), a liquefação pode ser um dos mecanismos de falha mais críticos em barragens de mineração, dado seu caráter repentino e de rápida evolução, dificultando intervenções corretivas. A susceptibilidade a esse fenômeno é reduzida quando se adota:

- Controle rigoroso da densidade e do grau de saturação dos rejeitos depositados;
- Monitoramento contínuo de poropressões e recalques;
- Critérios de alteamento compatíveis com as condições de drenagem e adensamento;
- E avaliações periódicas de estabilidade não drenada, conforme recomendações do PGRBM.

A suscetibilidade à liquefação em barragens de rejeitos depende do estado de tensões, da estrutura dos depósitos e do histórico de adensamento/ciclagem.

11.4.1 Barragem do Vené

Conforme previsto no projeto executivo da barragem, a estrutura foi dimensionada para atende o sistema de disposição da planta de mineração através do método de desaguamento hidráulico de rejeitos totais. Isto posto, é esperado que os rejeitos do reservatório apresentem suceptibilidade a liquefação, conforme observa-se nas **Figura 12.5** a **Figura 12.13** da **Barragem do Vené.**

Entretanto, ressalta-se que os materiais que compõem o maciço da barragem não apresentam características suscetíveis à liquefação, uma vez que possuem comportamento drenado. Dessa forma, o modo de falha por liquefação é considerado fisicamente improvável e não tecnicamente plausível, à luz das condições construtivas e geotécnicas da estrutura atualmente.

11.4.2 Barragem do Vené II

Conforme indicado na Ficha Técnica da estrutura **(Tabela 7.2)**, o maciço da **Barragem do Vené II** é constituído de estéril e foi construído em etapa única sob terreno natural.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Entretanto, ressalta-se que os materiais que compõem o maciço da barragem não apresentam características suscetíveis à liquefação, uma vez que possuem comportamento drenado. Dessa forma, o modo de falha por liquefação é considerado fisicamente improvável e não tecnicamente plausível, à luz das condições construtivas e geotécnicas da estrutura atualmente.

11.5 INSTABILIDADE ESTRUTURAL

A instabilidade estrutural corresponde à perda parcial ou total da capacidade resistente do maciço e/ou de sua fundação, resultando em rupturas locais ou globais dos taludes. Esse mecanismo ocorre quando o fator de segurança da estrutura é reduzido a valores críticos, em decorrência de ações hidráulicas, geotécnicas ou operacionais adversas.

Diversos fatores podem contribuir para a redução da estabilidade, entre os quais se destacam:

- Erosões progressivas nos taludes de montante ou jusante;
- Elevação do nível freático e consequente aumento das pressões neutras;
- Rebaixamento rápido do nível do reservatório, gerando gradientes inversos;
- Deficiências construtivas, como compactação inadequada ou heterogeneidade dos materiais;
- Colmatação ou falha de funcionamento de filtros e drenos internos;
- Eventos sísmicos ou vibrações induzidas, capazes de desestabilizar taludes marginais;
- Falhas no tratamento de fundação ou erros de concepção/projeto que alterem as condições de contorno do maciço.

De acordo com o ICOLD (2015) e o USACE (2017), a instabilidade de taludes pode evoluir de modo progressivo e localizado, ou de forma brusca e generalizada, dependendo do tipo de material, da saturação e das condições de drenagem interna. A perda de estabilidade, quando associada à presença de rejeitos saturados, pode ainda induzir comportamento liquefeito, acelerando o colapso estrutural.

A probabilidade de instabilidade é minimizada mediante o controle geotécnico durante a construção, o monitoramento sistemático de piezômetros e marcos de recalque, e a manutenção da eficiência do sistema de drenagem, de forma a garantir a integridade e a segurança global da estrutura ao longo do tempo.

Cumpre esclarecer que o modo de falha por instabilização ora analisado reveste-se de caráter eminentemente hipotético, não encontrando amparo nas condições regulares de operação nem nos cenários

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

de carregamento usuais previstos em projeto. Conforme demonstrado nas análises de estabilidade constantes nos documentos da estrutura, ambas com DCE positiva, a estrutura apresenta fator de segurança (FS) em patamar satisfatório segundo as normativas vigente, e leis aplicáveis à região das barragens. Tal condição atesta, em regime ordinário, a inexistência de propensão ao colapso por instabilidade, corroborada pela boa performance relativa à manutenção, ao monitoramento e à segurança geotécnica.

Diante da performance satisfatória da estrutura quanto ao processo de instabilização, atrela-se por esse auditor a incorrência de eventos extraordinários, cuja natureza escapa ao controle operacional e cuja probabilidade de ocorrência, embora remota, não pode ser desprezada em análises de cenários extremos. Nesse contexto, a hipótese de instabilização restringe-se à materialização de gatilhos excepcionais, típicos de contextos geológico-geotécnicos críticos. Como exemplo ilustrativo de eventos fortuitos, cita-se, sismo extremo de origem tectônica.

Assim, o exame do modo de falha por instabilização não decorre de qualquer deficiência identificada na estrutura em condições normais de operação, mas sim da necessidade de avaliar a resposta da barragem a cenários de carregamento extraordinários e puramente hipotéticos, associados a eventos de baixíssima probabilidade e elevada magnitude. O caráter hipotético do cenário permanece, portanto, explicitamente demarcado, não cabendo ao leitor interpretar a presente análise como indicativo de vulnerabilidade intrínseca da barragem.

Dito isso, reforça-se que o modo de falha de instabilização, refere-se a uma hipótese elencada para avaliação do estudo aqui apresentado. Como consequência da análise hipotética, levou-se em consideração que o processo de instabilização pode ser sequenciado por outros eventos em decorrência do modo de falha apresentado.

11.5.1 Barragem do Vené

O PGRBM elenca instabilidade por diferentes gatilhos: carregamento hidráulico (rebaixamento rápido, por exemplo), efeitos sísmicos/dinâmicos (detonações/tráfego na crista), deformações e condicionantes construtivos/consolidação. Esses mecanismos podem reduzir fatores de segurança do talude e/ou mobilizar resistências não drenadas em segmentos da fundação.

Com base nas análises geotécnicas elaboradas para a estrutura, observa-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos valores mínimos recomendados pelas normas vigentes, não indicando fragilidades sob condições normais de operação. Contudo, eventos físicos extraordinários, como os gatilhos mencionados, ou até mesmo a ausência de manutenções preventivas e corretivas podem induzir condições de instabilidade localizada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tal condição refere-se a uma ruptura hipotética, uma vez que a estrutura apresenta-se alcançando fatores de segurança muito acima do mínimo normativo indicado. Ainda assim, considerando os eventos físicos extraordinários

Diante disso, a instabilização do maciço foi considerada um modo de falha tecnicamente plausível para avaliação nos cenários de ruptura hipotética.

11.5.2 Barragem do Vené II

Na **Barragem do Vené II**, além de instabilidade associada a carregamento hidráulico e sísmico/dinâmico, o PGRBM indica riscos por perda de eficiência de drenagem interna e por interação com estruturas vizinhas (ex.: PDE Sul e Barragem do Vené), que podem alterar condições de contorno e tensões atuantes no maciço.

Com base nas análises geotécnicas elaboradas para a estrutura, observa-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos valores mínimos recomendados pelas normas vigentes, não indicando fragilidades sob condições normais de operação. Contudo, eventos físicos extraordinários, como os gatilhos mencionados, ou até mesmo a ausência de manutenções preventivas e corretivas podem induzir condições de instabilidade localizada. Diante disso, a instabilização do maciço foi considerada um modo de falha tecnicamente plausível para avaliação nos cenários de ruptura hipotética.

11.5.3 Detalhamento do mecanismo físico de instabilização hipotético

Conforme apresentado nas análises de estabilidade, tanto a Barragem do Vené quanto a Barragem do Vené II apresentam fatores de segurança satisfatórios para as condições avaliadas. Ainda assim, para fins de conceituação do Estudo de Ruptura Hipotética, apresenta-se o detalhamento do mecanismo físico de falha considerado, cuja ocorrência é entendida como remota e associada a condições excepcionais.

O modo de falha hipotético considerado corresponde a um processo de instabilização do maciço seguido de galgamento. Nesse cenário, a instabilização inicial poderia ser deflagrada por eventos de baixa probabilidade, tais como deformações de grandes magnitudes, solicitações sísmicas extraordinárias ou combinações extremas de carregamento que levassem à perda localizada de resistência e à deformação excessiva do maciço.

Como consequência desse processo, poderia ocorrer um abatimento localizado da crista da barragem, bem como a fragilização pontual da seção. Esse abatimento representaria uma depressão topográfica na crista, criando um ponto preferencialmente mais baixo em relação ao restante da estrutura. A depender do nível d'água do reservatório, especialmente em condição de NA máximo maximorum, esse ponto baixo poderia favorecer o início do escoamento sobre a crista.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Uma vez iniciado o escoamento superficial sobre a região abatida, caracterizar-se-ia o galgamento da estrutura. O fluxo concentrado sobre o trecho fragilizado tenderia a intensificar os processos erosivos no coroamento e no talude de jusante, promovendo a remoção progressiva de material. Essa erosão poderia evoluir para a formação de uma brecha, ampliando gradativamente a seção de passagem da água e aumentando as vazões liberadas para jusante.

Dessa forma, o mecanismo físico hipotético pode ser entendido em etapas sucessivas: inicialmente ocorre a instabilização localizada do maciço, formando um abatimento da crista; posteriormente, o nível d'água do reservatório atinge ou supera esse ponto rebaixado; e, por fim, o escoamento sobre a crista promove erosão progressiva, formação de brecha e desenvolvimento do cenário de instabilização seguido do galgamento. A Figura 11.3 ilustra, de forma esquemática, o processo descrito.

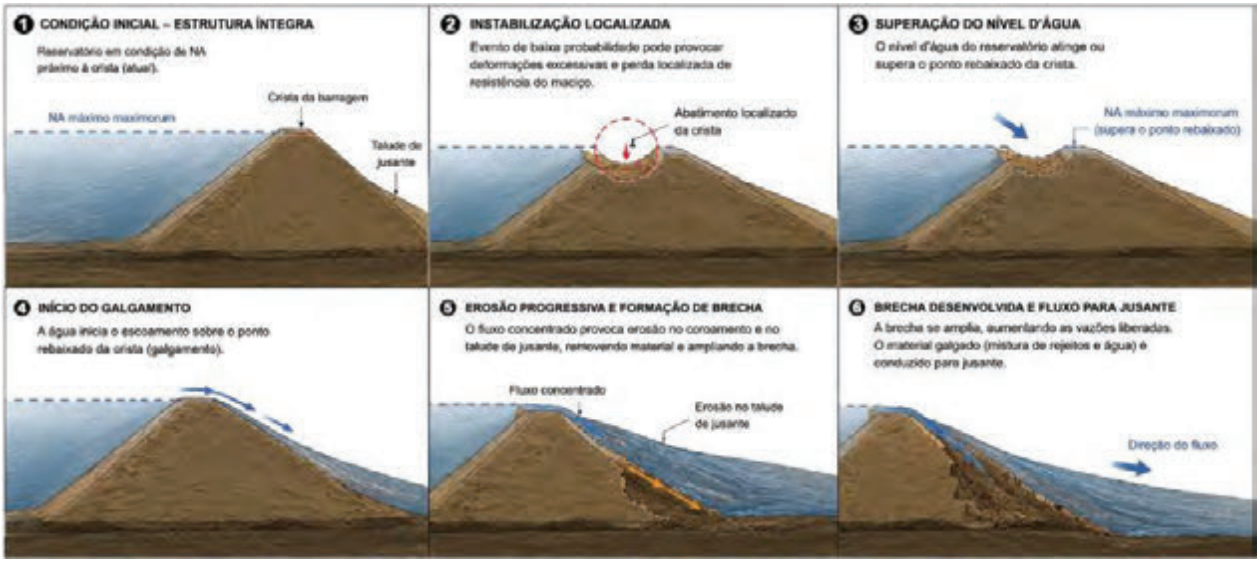


Figura 11.3 – Representação esquemática ilustrativa do mecanismo hipotético de instabilização da crista, galgamento da Barragem do Vené e aporte do material galgado ao reservatório da Barragem do Vené II

Ressalta-se que esse mecanismo não representa uma condição observada ou esperada para o comportamento atual das estruturas, mas sim uma hipótese conservadora adotada para fins de avaliação de consequências, em atendimento à necessidade de conceituar fisicamente o processo de formação da brecha no contexto do Estudo de Ruptura Hipotética.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

11.6 MODOS DE FALHA ADOTADOS PARA A SIMULAÇÃO

Conforme descrito nos subitens anteriores, nos quais foram apresentadas as justificativas técnicas para a adoção dos modos de falha considerados nas simulações, apresenta-se a seguir um resumo dos modos de falha tecnicamente avaliados pela **Tellus Company**:

- **Barragem do Vené**

  Piping, para o cenário considerado dia seco; e

  Instabilização do maciço seguido de Galgamento, para os cenários de dia chuvoso.

- **Barragem do Vené II**

  Instabilização do maciço seguido de Galgamento, para os cenários de dia chuvoso.

Ressalta-se, conforme apresentado anteriormente, que a estrutura apresenta fatores de segurança satisfatórios e Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) positiva, afastando qualquer propensão ao colapso por instabilidade em condições regulares. A consideração desse modo de falha é deliberadamente hipotética, justificada apenas pela necessidade de examinar eventos extraordinários de probabilidade remota, como sismo extremo de origem tectônica. Eventos dessa natureza, por escaparem ao controle operacional, podem desencadear a instabilização e, como consequência, o galgamento, trajetória que merece ser contemplada em cenários extremos. Esta análise não implica, portanto, qualquer reconhecimento de vulnerabilidade intrínseca da barragem, mantendo-se o caráter estritamente hipotético da avaliação.

11.7 CENÁRIOS DE RUPTURA CONSIDERADOS PARA A SIMULAÇÃO

O resumo dos cenários simulados no presente estudo de ruptura hipotética das **Barragens do Vené e do Vené II** encontra-se apresentado na **Tabela 11.1**.

Tabela 11.1 - Cenários simulados no presente estudo de ruptura hipotética, da Barragem do Vené e da Barragem do Vené II.

Vazão Natural Ordinária – NBR 17.188/2024
• Vazão natural de TR 2 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Regionalização de vazão com método index-flood;
Vazão Natural Extrema – NBR 17.188/2024
• Vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Regionalização de vazão com método index-flood.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Cenário 1

Rompimento da Barragem Vené (maciço oeste) em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum* (El. 38,22m);
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Para a Barragem do Vené considerou a abertura de brechas e hidrograma de ruptura;
- Para a Barragem do Vené II considerou a abertura de múltiplas brechas (em todos os maciços) e hidrograma de ruptura.

Cenário 2

Rompimento do Maciço Norte da Barragem Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum* (El. 38,22 m);
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura;

Cenário 3

Rompimento do Maciço Norte da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Cenário 4

Rompimento do Maciço Oeste da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Cenário 5

Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Cenário 6

Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

- Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);*
- O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP;
- Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m;
- Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Cenário 7
Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso • Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);* • O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP; • Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 100 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.
Cenário 8
Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené por *Piping* – Dia Seco • Instabilização do maciço seguido de Galgamento na cota do N.A. Máximo *Maximorum (*El. 27,20 m*);* • O N.A Máximo *Maximorum* foi obtido a partir da avaliação do trânsito de cheias para a PMP; • Vale a jusante preenchido com vazão natural de TR 2 anos e Maré na elevação igual a 0,00m; • Abertura de brecha e hidrograma de ruptura.

12 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS E PARÂMETROS DE RUPTURA

A definição dos parâmetros de ruptura é etapa fundamental na modelagem hidrodinâmica de cenários hipotéticos de rompimento de barragens. Esses parâmetros controlam a geometria e o tempo de formação da brecha, o volume mobilizado e o comportamento do escoamento de rejeitos e água a jusante. No presente estudo, tais variáveis foram inseridas como condições iniciais no software RiverFlow 2D®, possibilitando representar o processo de ruptura e a propagação do fluxo associado.

Os valores adotados foram determinados a partir de correlações empíricas consolidadas e de dados técnicos disponíveis nos PGRBMs e nos estudos geotécnicos e hidrotécnicos das estruturas. A seleção considerou as características construtivas das barragens, o tipo de material constitutivo e os possíveis mecanismos de falha, como galgamento, instabilidade do maciço e liquefação.

A base de referência utilizada incluiu os métodos propostos por Fread (1988), MacDonald e Langridge-Monopolis (1984), Walder e O'Connor (1997) e Rico *et al*. (2008), além de publicações recentes sobre o comportamento reológico e a mobilização de rejeitos em eventos de ruptura (Mergili *et al*., 2020; Zech *et al*., 2021; Nguyen *et al*., 2023).

Neste capítulo são apresentadas as características químicas, geotécnicas e reológicas dos materiais contidos nos reservatórios das Barragens do Vené e do Vené II, que serviram de base para a definição dos parâmetros de entrada e a análise dos resultados das simulações hidrodinâmicas.

Para tal, o presente Auditor incorporou as análises físicas dos rejeitos de Vené I e II, coletadas e ensaiadas por Masa em

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

12.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Nesse item serão abordadas as características Químicas, Geotécnicas e Reológicas do material contido no reservatório das **Barragens do Vené e do Vené II**.

12.1.1 Classificação Química Do Rejeito – ABNT NBR 10.004

O rejeito das **Barragens do Vené e Vené II** são classificados quimicamente como Classe II B – Inerte, não perigoso, referenciando o laudo de análise realizado pela Analítica Ciência e Tecnologia e de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), como:

> *"Resíduo que, quando amostrado de forma representativa e submetido a um contato estático ou dinâmico com água deionizada ou destilada, à temperatura ambiente, não tem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme definidos na legislação vigente."*

12.1.2 Caracterização Física do Rejeito

De acordo com os ensaios realizados pela Fonntes em 2022 (FGE-06-001-REC-02), foram avaliadas as amostras denominadas Amostra 04, Blend 01 e Blend 02. Os ensaios executados incluíram a determinação da massa específica dos grãos, análise granulométrica, limites de liquidez (LL) e plasticidade (LP), ensaio de *slump test* em miniatura, Consistômetro de Bostwick e determinação do ângulo de repouso em ensaio direto e específico.

Além dessa campanha também foram realizados ensaios de densidade in situ, umidade e granulometria nos rejeitos de ambas as barragens pela MASA no ano de 2025. Os resultados com as características granulométricas dos rejeitos das **Barragens do Vené e do Vené II**, podem ser observadas na **Figura 12.1** e na **Tabela 12.1** respectivamente**.**

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

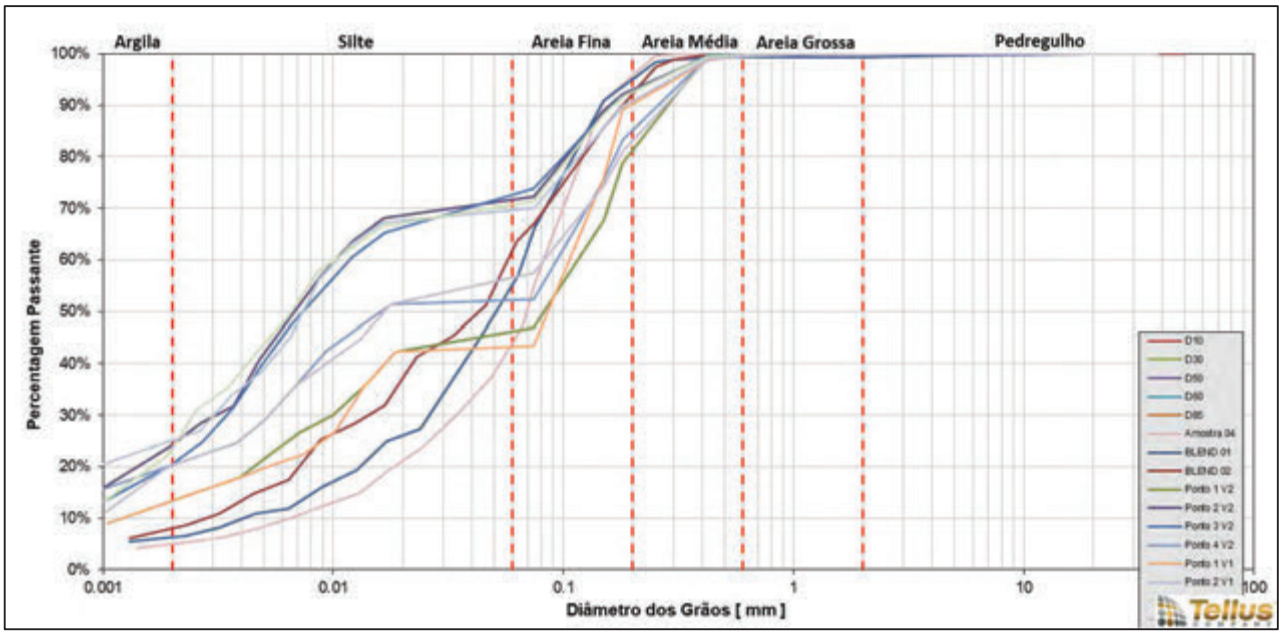


Figura 12.1 – Curvas granulométricas.

Tabela 12.1 – Caracterização dos rejeitos.

ABNT NBR 6502:2022 (Solos e rochas - Terminologia)						
MNZ-II-01 - Ens.01	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedregulho
	36%	**18%**	**27%**	**12%**	**6%**	**1%**
MNZ-II-01 - Ens.02	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedregulho
	36%	**18%**	**27%**	**12%**	**6%**	**1%**
PI 04/2 (2011)	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedregulho
	15%	**19%**	**21%**	**18%**	**15%**	**12%**
PI 05 (2011)	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedregulho
	48%	**14%**	**18%**	**14%**	**6%**	**0%**

Os valores de densidade dos grãos, densidade aparente seca e índice de vazios podem ser consultados na **Figura 12.2**, **Figura 12.3** e na **Figura 12.4** respectivamente.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

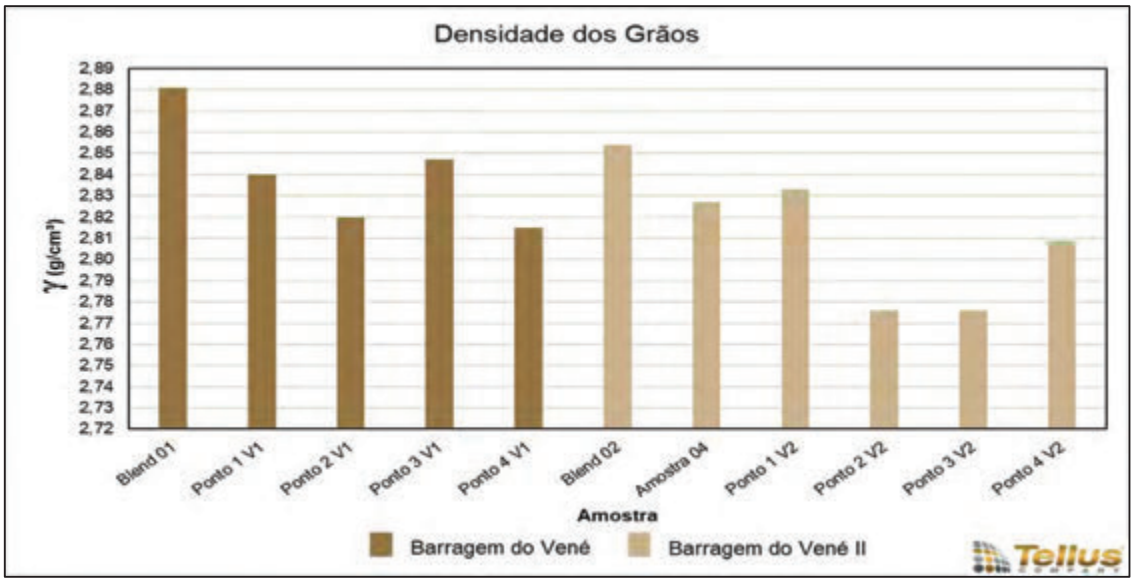


Figura 12.2 – Densidade dos grãos.

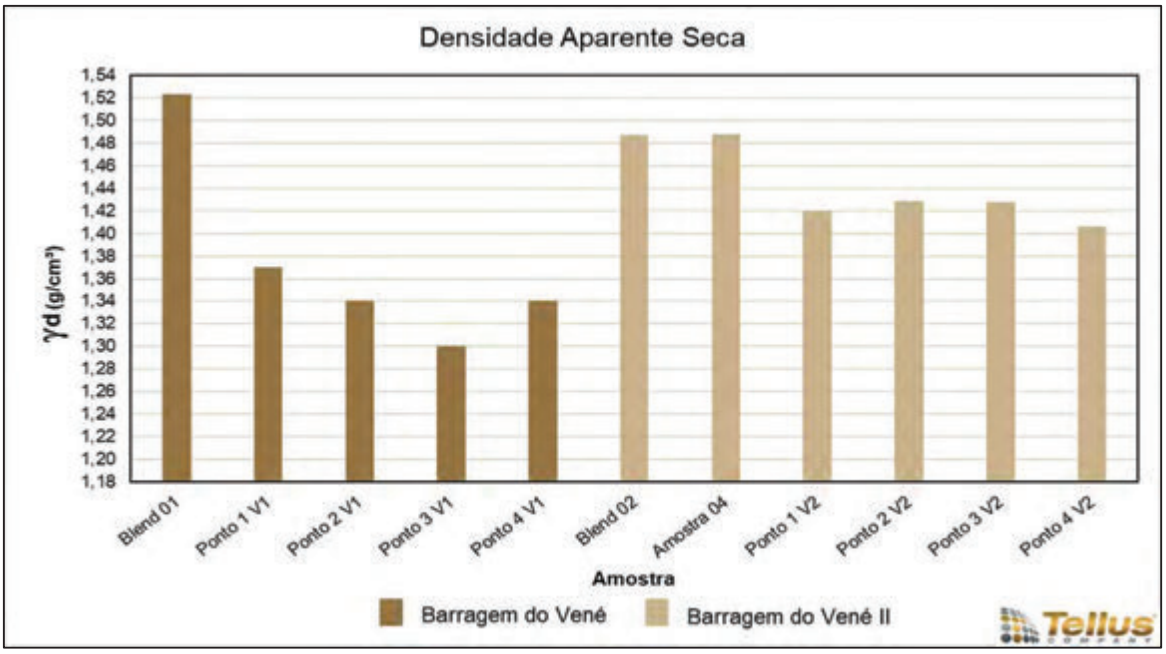


Figura 12.3 – Densidade aparente seca.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

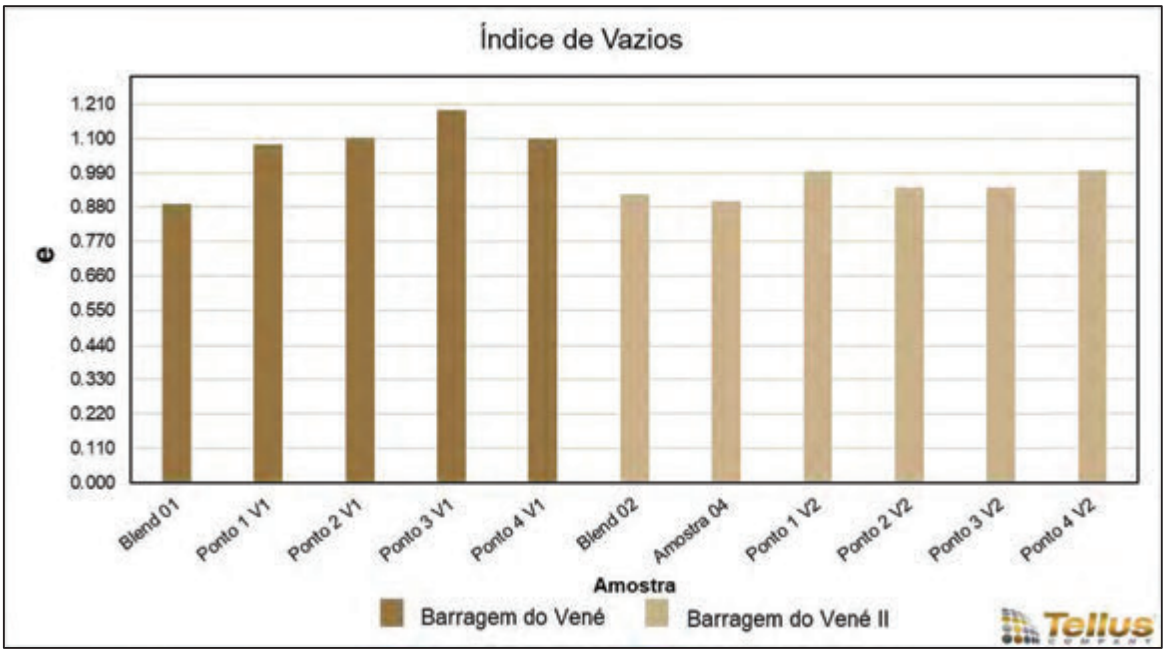


Figura 12.4 – Índice de vazios.

12.1.3 Concentração Volumétrica e Índice de Vazios

12.1.3.1 Ensaios de Laboratório – Concentração Volumétrica e Índices Físicos

Foram realizados ensaios de laboratório nas amostras apresentadas a seguir quanto a densidade aparente seca, massa específica dos sólidos e índice de vazios.

Essa concentração volumétrica é determinada a partir da densidade aparente seca e da massa específica dos sólidos, conforme a **Equação 12-1**.

$$C_v = \frac{\gamma_a}{\gamma_s}$$ **Equação 12-1**

De forma comparativa pode ser determinada a Concentração Volumétrica por meio do Índice de vazios a partir da **Equação 12-2.**

$$C_v = \frac{1}{1+e}$$ **Equação 12-2**

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 12.2 – Concentração volumétrica do rejeito - Caracterização

Empresa	LOCAL	Amostra	Densidade dos grãos(g/cm³)	Densidade aparente seca (g/cm³)	índice de vazios	Cv
Fonntes 2022	Spigot	Blend 01	2,881	1,523	0,891	0,529
	Spigot	Blend 02	2,854	1,487	0,920	0,521
	VENE II	Amostra 04	2,827	1,488	0,899	0,526
MASA 2026	VENE II	1	2,833	1,420	0,995	0,501
	VENE II	2	2,776	1,429	0,943	0,515
	VENE II	3	2,776	1,428	0,944	0,514
	VENE II	4	2,809	1,406	0,998	0,500
	VENE	1	2,84	1,37	1,080	0,481
	VENE	2	2,82	1,34	1,103	0,475
	VENE	3	2,847	1,30	1,192	0,456
	VENE	4	2,815	1,34	1,098	0,477
Síntese dos resultados – Barragem do Vené						
Média Vené			**2,83**	**1,34**	**1,12**	**0,47**
Mediana Vené			**2,83**	**1,34**	**1,10**	**0,48**
1º Quartil Vené			**2,82**	**1,33**	**1,09**	**0,47**
Síntese dos resultados – Barragem do Vené II						
Média Vené II			**2,80**	**1,43**	**0,96**	**0,51**
Mediana Vené II			**2,81**	**1,43**	**0,94**	**0,51**
1º Quartil Vené II			**2,78**	**1,42**	**0,94**	**0,50**

Isto posto, nos ensaios de caracterização do rejeito, a Concentração Volumétrica encontrada foi de 0,47 para a **Barragem do Vené** e 0,50 para a **Barragem do Vené II**, sendo esse valor estabelecido como o 1º quartil entre os dados calculados por meio dos ensaios de caracterização do material.

12.1.3.2 Ensaios de Campo – Concentração Volumétrica e CPTus

Para determinação dos índices de vazios pelo CPTu foi adotado a correlação proposta por Barounis, N e Philpot, J. (2017), conforme apresentado nas **Equação 12-3** a **Equação 12-5**.

$$\gamma/\gamma_w = 0.27[logRf] + 0{,}36[log(qt/pa)] + 1{,}236$$ **Equação 12-3**

$$e = w.Gs/Sr$$ **Equação 12-4**

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

$$w = Sr\frac{(\gamma - Gs.\gamma w)}{Gs\ (Sr.\gamma w - \gamma)}$$ **Equação 12-5**

Em que,

γ é o Peso específico natural;

γw é o Peso específico da água;

Rf é o Atrito lateral corrigido;

qt é a Resistência de ponta;

pa é a Pressão atmosférica

Gs é a Densidade real dos grãos;

w é o Teor de umidade; e

Sr é o Grau de saturação, sendo considerado $Sr = 1$.

Para a **Barragem do Vené**, utilizaram-se os ensaios de campo realizados pelo Grupo Geominas em 2024, a partir dos quais foi determinado o índice de vazios pelos CPTus SAF-V1-101, SAF-V1-102, SAF-V1-103, SAF-V1-104, SAF-V1-106 e SAF-V1-108.

Para a **Barragem do Vené II**, adotou-se o resultado do ensaio CPTu executado por Moretti em 2021, que permitiu determina o índice de vazios da amostra V2-2021-03.

Os resultados dos CPTus, para Vené e Vené II, estão apresentados nas **Figura 12.5** à **Figura 12.14**, respectivamente.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

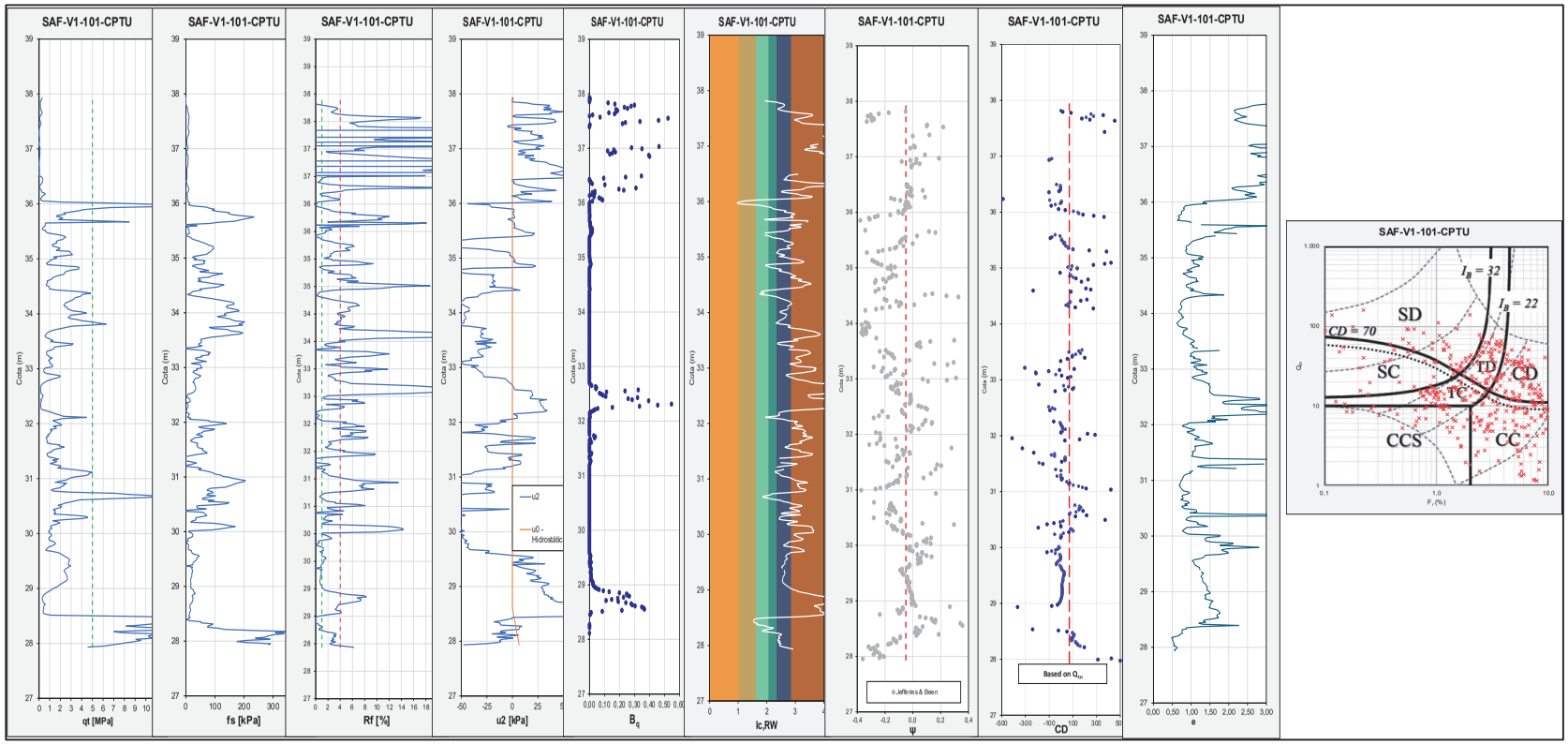


Figura 12.5 – SAF-V1-101-CPTU – NA 9,36 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

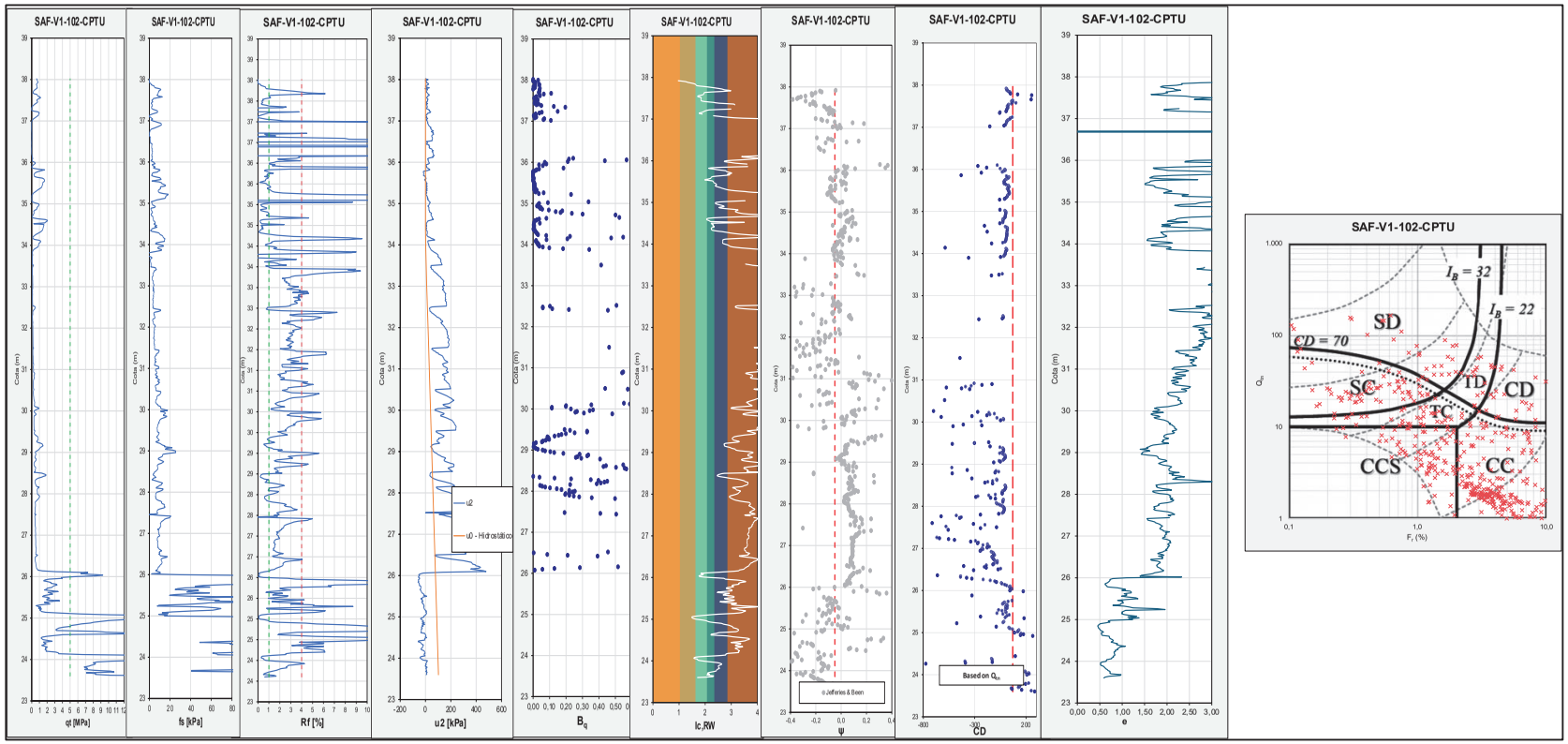


Figura 12.6 – SAF-V1-102-CPTU – NA 4 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

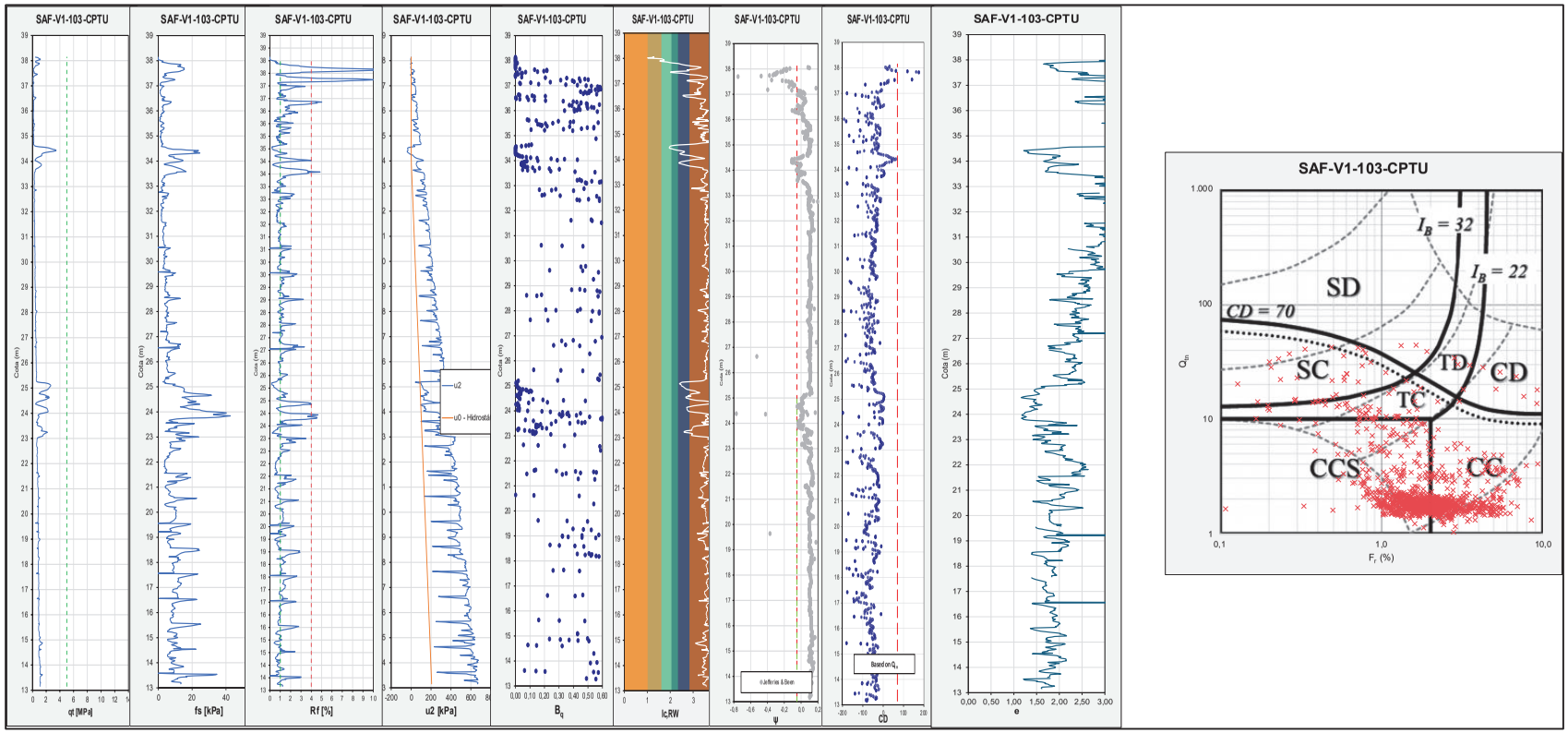


Figura 12.7 – SAF-V1-103-CPTU – NA 4 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

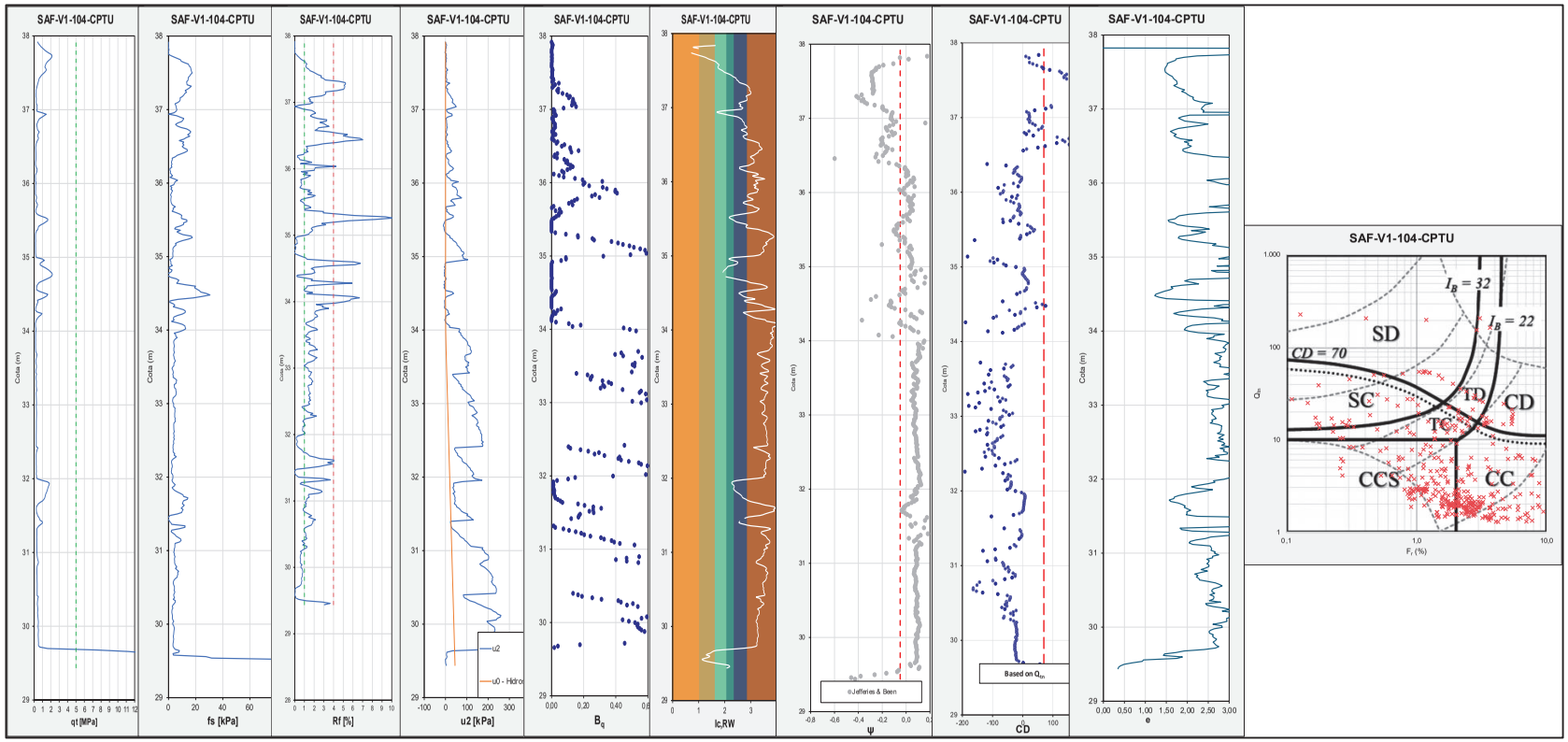


Figura 12.8 – SAF-V1-104-CPTU – NA 3,90 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

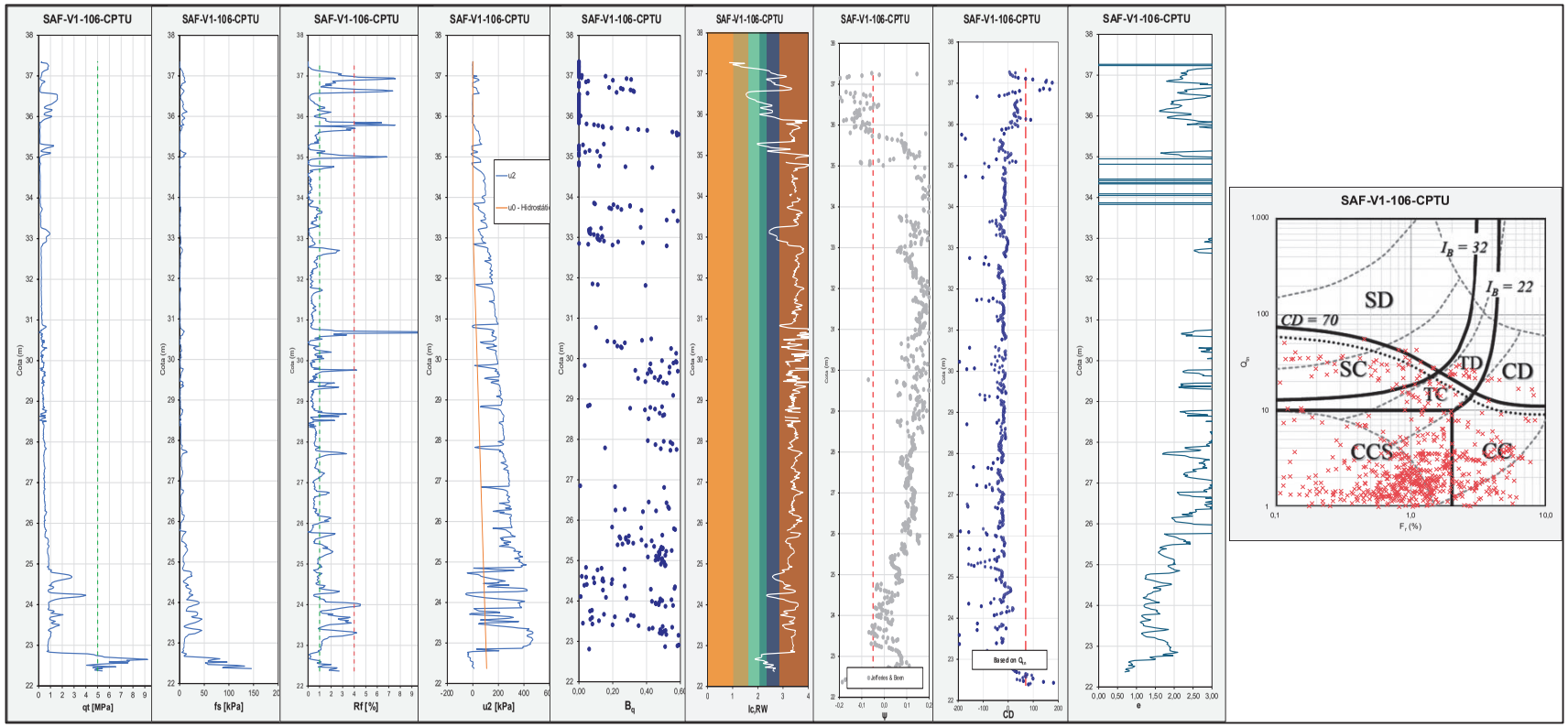


Figura 12.9 – SAF-V1-106-CPTU – NA 4 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

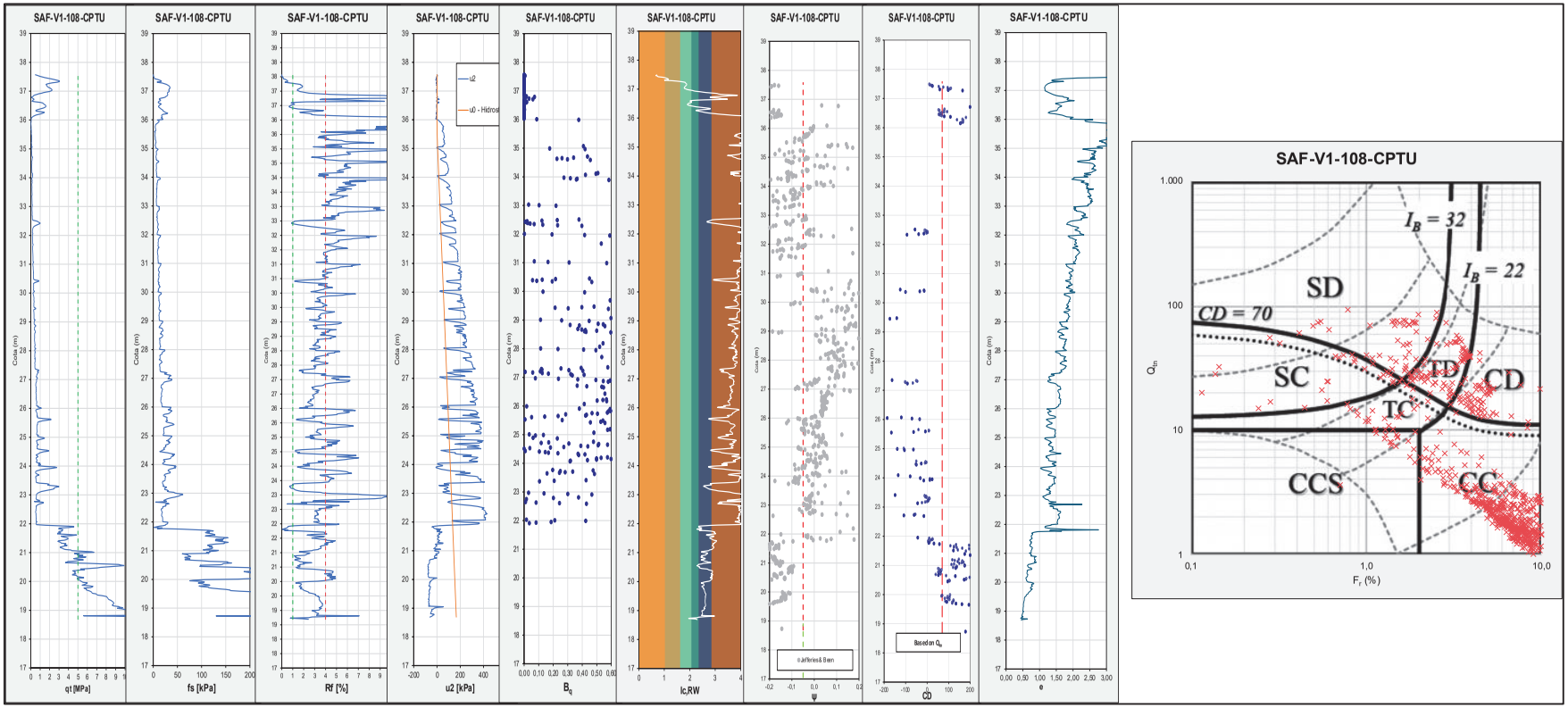


Figura 12.10 – SAF-V1-108-CPTU – NA 2 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

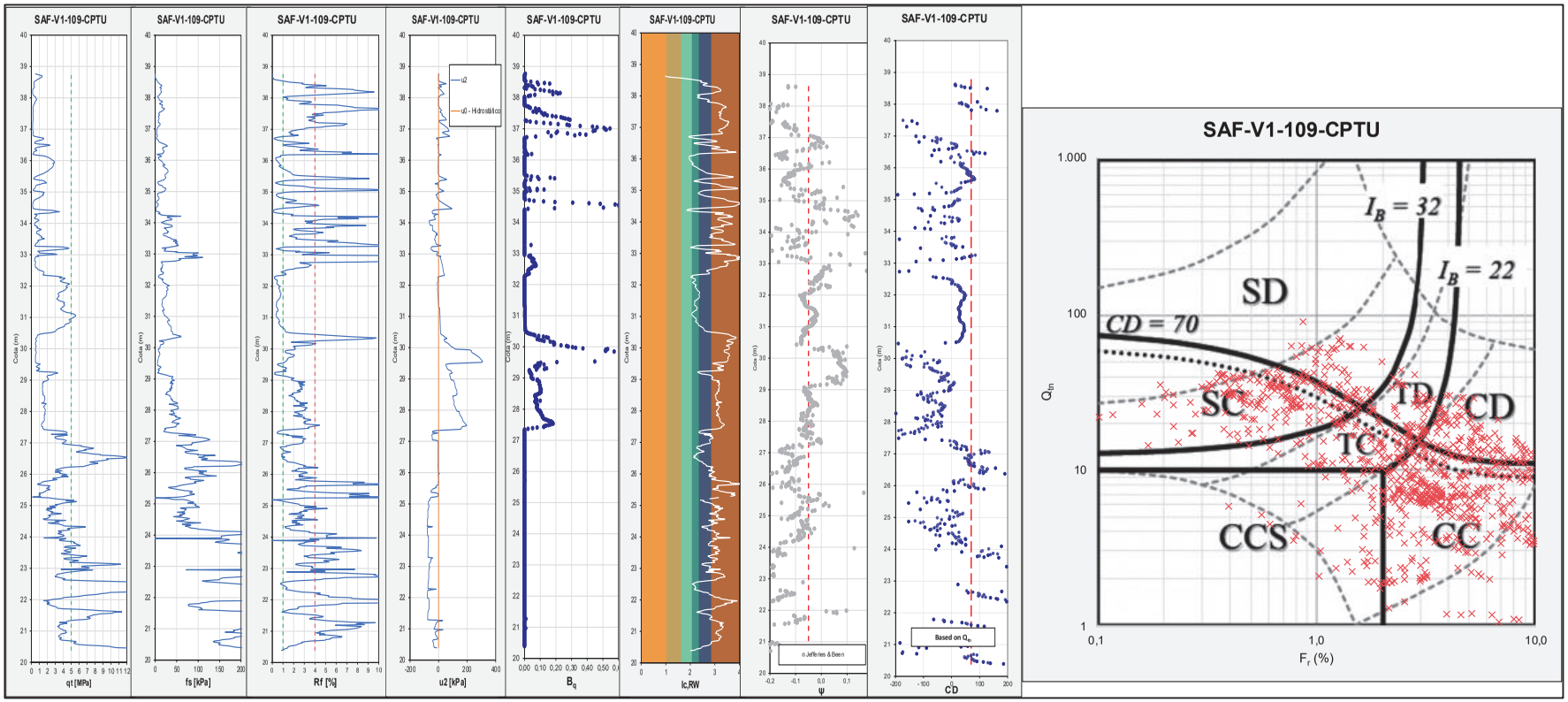


Figura 12.11 – SAF-V1-109-CPTU – SECO.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

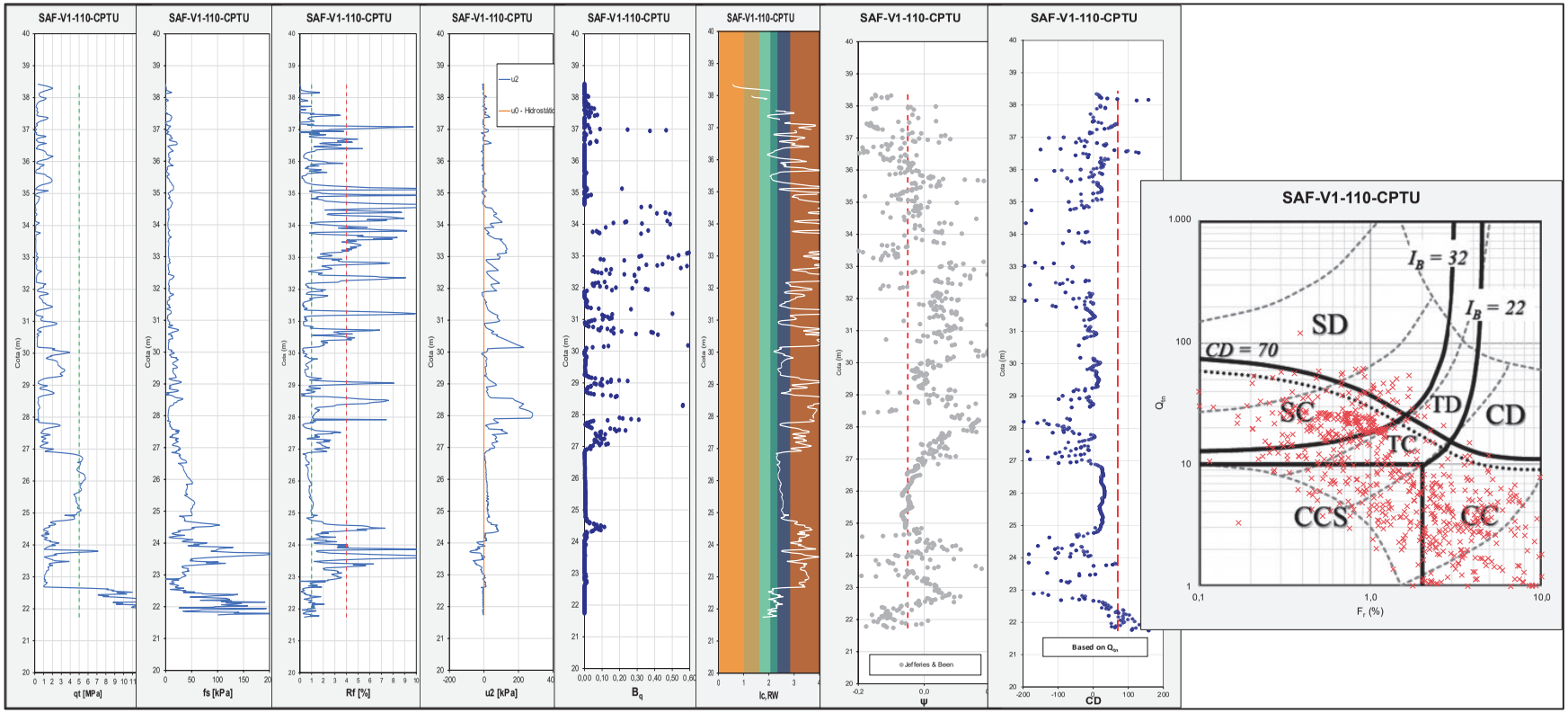


Figura 12.12 – SAF-V1-110-CPTU – SECO.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

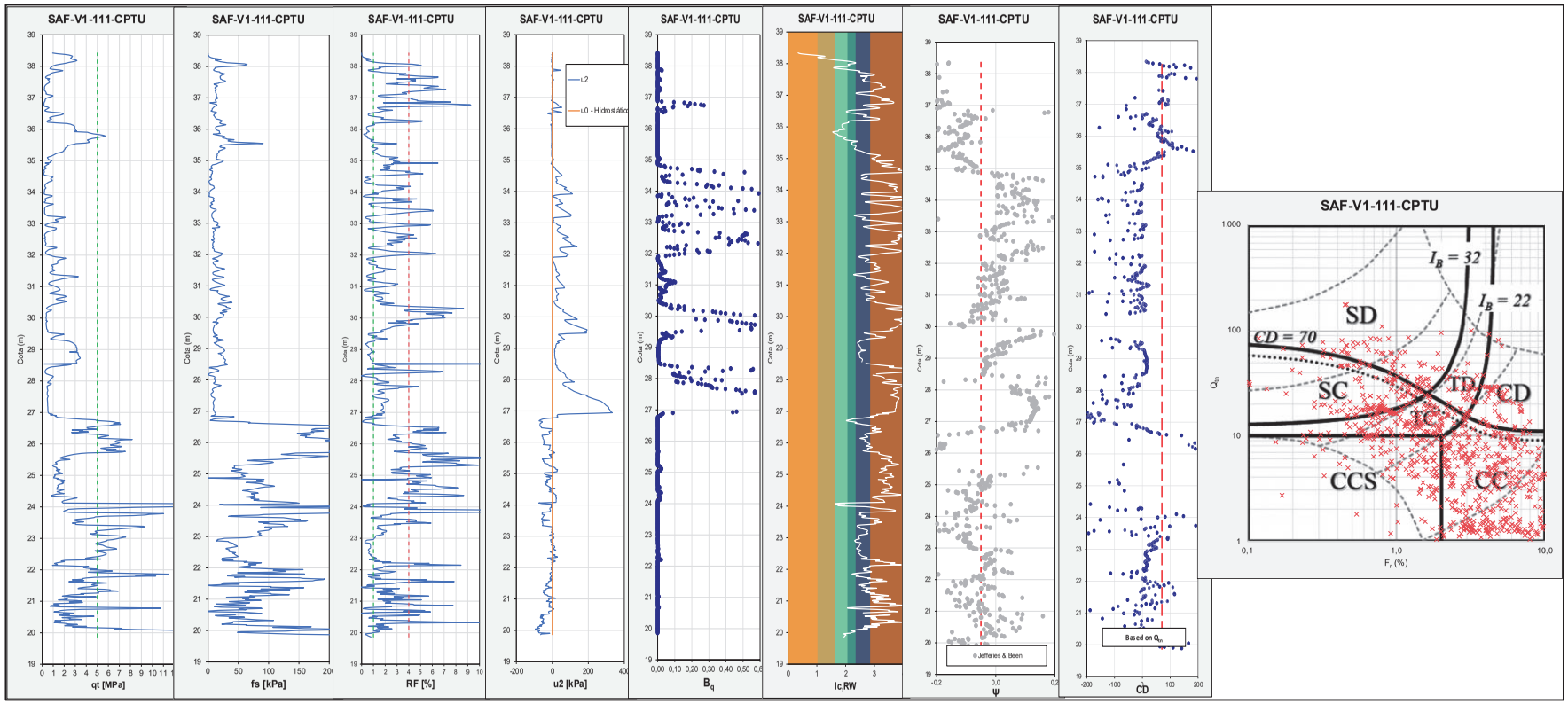


Figura 12.13 – SAF-V1-111-CPTU – SECO.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

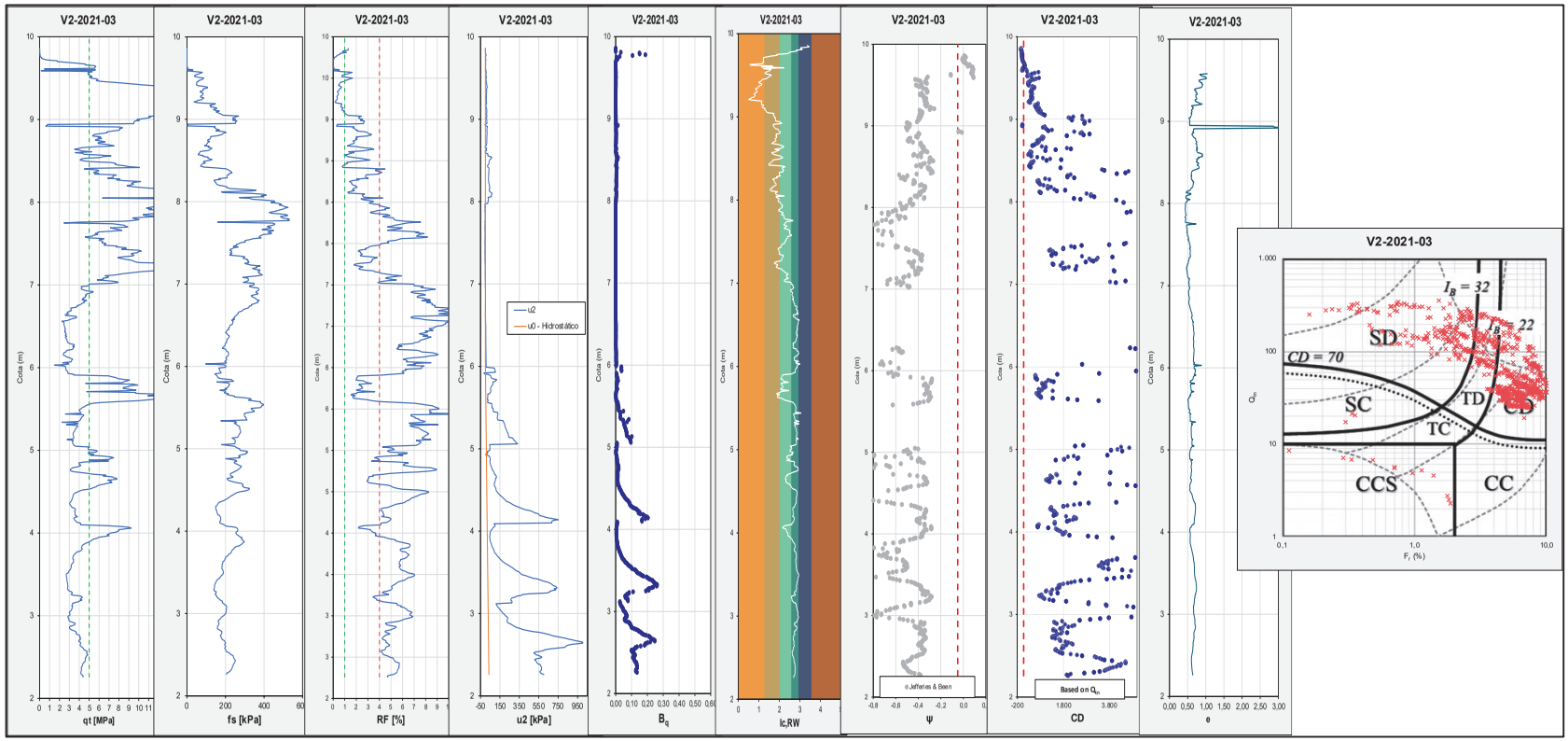


Figura 12.14 – V2-2021-03 – NA 0,5 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

A partir dos índices de vazios obtidos, foi considerado o 1º quartil dos dados para o cálculo da Concentração Volumétrica (Cv), resultando em valores de 0,26 para a **Barragem do Vené** e 0,57 para a **Barragem do Vené II**. Esses valores estão apresentados, respectivamente, nas **Tabela 12.3** e **Tabela 12.4**.

Tabela 12.3 – Concentração volumétrica do rejeito pelos ensaios de campo – Índice de vazios – Barragem do Vené

Amostra	Índice de vazios (e)	Cv
SAF-V1-101	1,13	0,47
SAF-V1-102	2,17	0,32
SAF-V1-103	2,48	0,29
SAF-V1-104	2,95	0,25
SAF-V1-106	3,30	0,23
SAF-V1-108	1,89	0,35
Média		**0,32**
Mediana		**0,30**
1º Quartil		**0,26**

Tabela 12.4 – Concentração volumétrica do rejeito pelo ensaio de campo – Índice de vazios – Barragem do Vené II

Amostra	Índice de vazios (e)	Cv
V2-2021-03	0,76	0,57

12.1.3.3 Concentração Volumétrica

Com base na avaliação da Concentração Volumétrica, apresentada dos subitens anteriores, optou-se pela adoção do menor valor, dentre os métodos para cada estrutura.

- **Barragem do Vené**

  C_v = 0,26

- **Barragem do Vené II**

  C_v = 0,50

As concentrações volumétricas encontradas nos ensaios de campo, incorporarão a análise da ponderação a ser apresentada a seguir.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

12.2 REOLOGIA

A Reologia estuda o comportamento de deformação e escoamento dos materiais quando submetidos a esforços externos, sejam eles de cisalhamento, compressão ou tração. Em termos práticos, a reologia descreve como um material responde mecanicamente ao ser solicitado, permitindo determinar propriedades como viscosidade, tensão de escoamento e plasticidade.

No contexto da engenharia de barragens e rejeitos, os ensaios reológicos são utilizados para caracterizar o comportamento de fluxo dos rejeitos e lamas, fundamentais para a modelagem de escoamentos decorrentes de rupturas, transporte hidráulico e deposição em reservatórios. Esses parâmetros reológicos, normalmente obtidos por meio de curvas tensão-deformação em reômetros, são essenciais para calibrar modelos numéricos, como o RiverFlow 2D®, e representar de forma realista a mobilidade, energia e alcance do material escoado.

12.2.1 Propriedades Reológicas e Ensaios

A reologia do material liberado em uma ruptura controla, de forma significativa, a geração do hidrograma de falha e, sobretudo, a propagação, o alcance e a energia específica da onda de cheia. Em estudos de ruptura de barragens de rejeitos e água, a literatura técnico-científica recomenda explicitar o comportamento não newtoniano das misturas sólido-líquido e, quando pertinente, a resistência basal por atrito (Coulomb) e por turbulência, em complemento ou em substituição às leis puramente viscosas. Essa abordagem é hoje o estado da arte em diretrizes e manuais de referência (por exemplo, CDA TDBA 2021; FEMA P-946), que prescrevem a seleção e calibração de modelos constitutivos com base em ensaios laboratoriais e análise de sensibilidade em faixas realistas de parâmetros.

A caracterização reológica dos rejeitos dispostos na **Barragem do Vené** e na **Barragem do Vené II** foi realizada com base nos ensaios laboratoriais conduzidos pela Fonntes Geotécnica Ltda. (relatório FG-2262-MAS-O-PI-RT01-00) e pela CIA Laboratórios Ltda. (Ensaio Reológico, 2022), abrangendo amostras deformadas e indeformadas coletadas em diferentes pontos do reservatório. As amostras, identificadas como Amostras 01 e 04 e Blends 01 e 02, foram obtidas com amostradores Shelby (PUS) e submetidas a análises de reometria rotacional, *slump test*, ângulo de repouso, massa específica dos grãos e limites de consistência, entre outros procedimentos, seguindo normas ABNT e ASTM.

Os ensaios reológicos foram realizados em reômetros Anton Paar Rheolab QC e MCR 302, empregando o modelo de Bingham para determinar a tensão de escoamento (τ_Y) e a viscosidade plástica (μ_p) em diferentes concentrações volumétricas (35 % a 55 %). Os resultados indicaram comportamento viscoplástico típico de

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

lamas finas de rejeito, com incremento da resistência ao cisalhamento proporcional ao aumento da concentração de sólidos.

Para a caracterização reológica neste estudo foi utilizada o Blend 2. Como resultado dos testes utilizando reômetro rotacional, foram obtidos valores de concentração volumétrica de sólidos (Cv), viscosidade dinâmica (Pa.s) e tensão de escoamento (Pa), conforme apresentado na **Tabela 12-5**.

Tabela 12-5 - Parâmetros Reológicos Avaliados para o Blend S20487 (FG-2262-MAS-O-PI-RT01-00).

CONCENTRAÇÃO VOLUMÉTRICA (%)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (Pa)	VISCOSIDADE DINÂMICA (Pa.s)
35%	34,42	1,77
45%	114,72	2,52
50%	587,60	43,93
53%	1.475,24	36,52
55%	3.075,19	47,80

Os resultados obtidos nos ensaios reológicos foram representados graficamente por meio das curvas de tensão de escoamento (τ) e viscosidade aparente (ν) em função da concentração volumétrica de sólidos (C_v), permitindo visualizar o comportamento das amostras sob diferentes teores de sólidos. Observou-se a tendência típica de crescimento exponencial da resistência ao cisalhamento e da viscosidade com o aumento da concentração de partículas, refletindo a maior interação entre os sólidos suspensos e a consequente redução da mobilidade da mistura.

Com base nesses dados, foi ajustado um modelo matemático do tipo exponencial por regressão não linear, a fim de determinar os parâmetros α (alfa) e β (beta) necessários à parametrização dos modelos constitutivos empregados no *software* RiverFlow2D®, conforme recomendação do manual técnico do programa e de autores como O'Brien & Julien (1993) e Coussot (2017).

As expressões utilizadas para descrever o comportamento da viscosidade dinâmica e da tensão de escoamento em função da concentração volumétrica estão apresentadas na **Equação 12-6** e na **Equação 12-7**, respectivamente.

$$\nu = \alpha_1 * e^{\beta_1 * Cv}$$ **Equação 12-6**

$$\tau = \alpha_2 * e^{\beta_2 * Cv}$$ **Equação 12-7**

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Em que,

α corresponde ao parâmetro Alfa;

β corresponde ao parâmetro Beta;

Cv corresponde à Concentração volumétrica;

ν corresponde à Viscosidade (Pa.s); e

τ corresponde à Tensão de escoamento (Pa).

A **Figura 12-15** e a **Figura 12-16** apresentam os parâmetros alfa e beta para viscosidade dinâmica e tensão de escoamento, respectivamente.

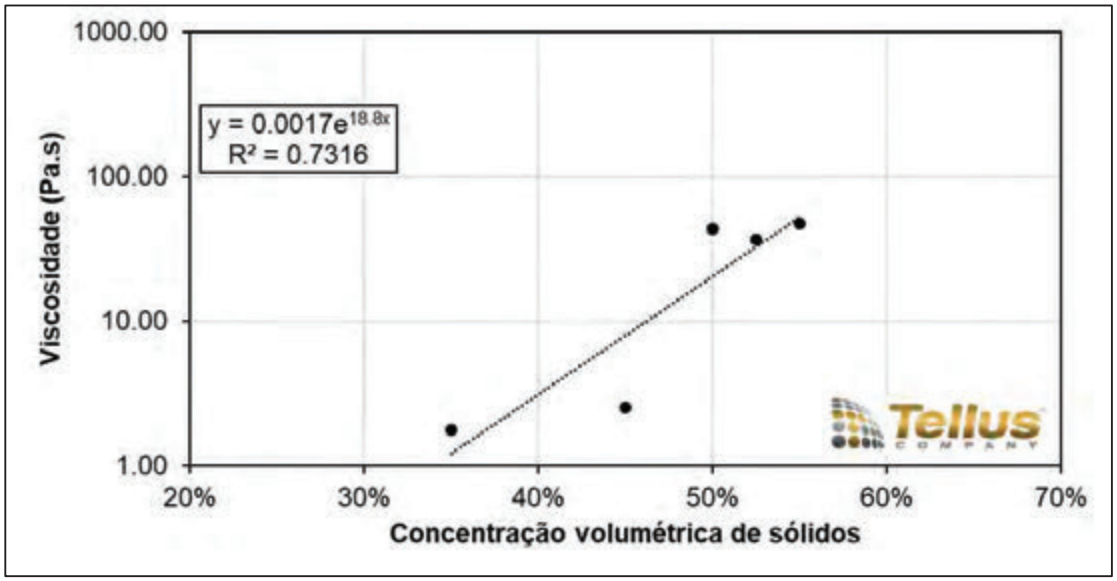


Figura 12-15 - Regressão exponencial dos parâmetros de viscosidade (Tellus, 2025).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

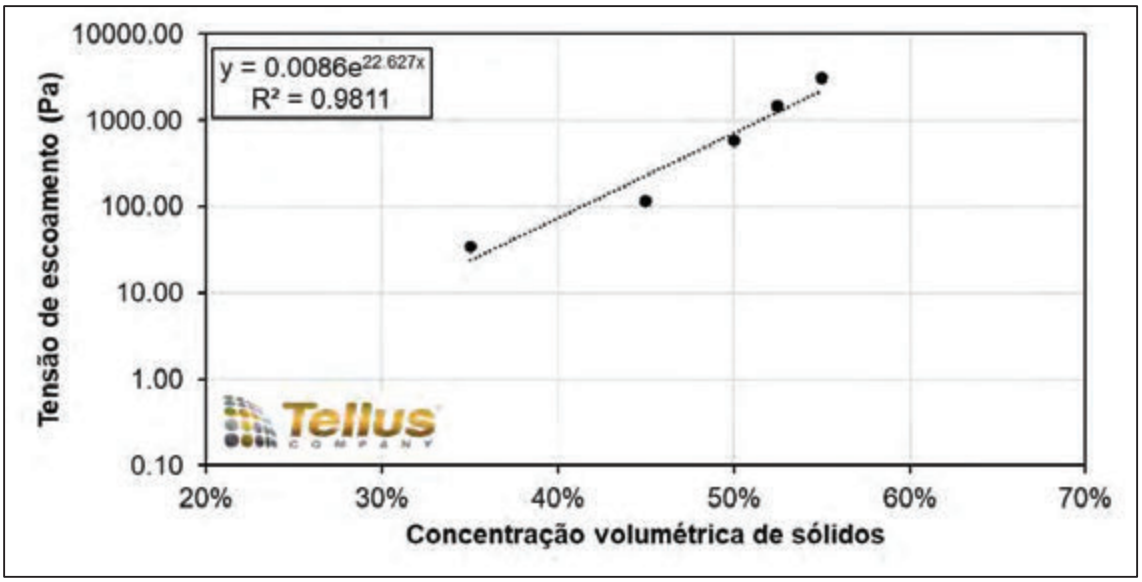


Figura 12-16 - Regressão exponencial dos parâmetros de tensão (Tellus, 2025).

A **Tabela 12-6** sintetiza os valores de alfa e beta adotados para as simulações neste estudo de ruptura hipotética.

Tabela 12-6 – Valores de alfa e beta adotados para a modelagem.

PARÂMETROS	TENSÃO DE ESCOAMENTO (Pa)	VISCOSIDADE DINÂMICA (Pa.s)
Alfa (α)	0,0086	0,0017
Beta (β)	22,627	18,8

Essas equações permitem interpolar os valores reológicos obtidos em laboratório para qualquer concentração intermediária dentro da faixa analisada (35,00 % ≤ C_v ≤ 55,00 %), garantindo compatibilidade direta com o módulo de reologia do RiverFlow2D® – *Dam Break*. A calibração dos parâmetros α e β foi realizada com base nos resultados dos ensaios apresentados nos anexos técnicos, sendo posteriormente utilizados para a definição das propriedades reológicas do material nas simulações numéricas de ruptura da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**.

12.2.2 Ângulo de Repouso

O ângulo de estabilização ou de repouso do material mobilizado no estudo de ruptura hipotética constitui um parâmetro de entrada fundamental no *software* de simulação. Esse valor representa o ângulo máximo em que o material permanece estável após o escoamento, influenciando diretamente a deposição e o alcance

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

do fluxo. A definição desse parâmetro pode ser obtida por meio de metodologias empíricas disponíveis na literatura ou por ensaios laboratoriais específicos realizados com o próprio material.

No caso das barragens em estudo, foram executados ensaios de ângulo de repouso em laboratório, conduzidos sob condições controladas que reproduzem o comportamento real do material. Dessa forma, foi possível dispensar o uso de correlações empíricas, adotando-se valores determinados experimentalmente, considerados mais representativos e adequados à análise de ruptura hipotética.

12.2.2.1 Ensaios de Ângulo de Repouso de Laboratório

Em 2022, a Fonntes realizou ensaios de determinação do ângulo de repouso (FGE-06-004-RER-05) para a Amostra 04, Blend 01 e Blend 02. Os resultados estão apresentados nas **Figura 12.17**, **Figura 12.18** e **Figura 12.19** a seguir.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

DADOS DA AMOSTRA

Projeto/Obra:	Cliente:	Amostra:		
Godofredo Viana/MA	Mineração Aurizona	Amostra 04		
Local/Furo:	**Profundidade:**	**Coordenadas:**	**Coordenadas:**	**Data de Coleta:**
Mina do Piaba	0,5 metros			

ÂNGULO DE REPOUSO - MEIO SECO

TEOR DE UMIDADE DA AMOSTRA

Número da Cápsula:	52	334	342
Solo+Água+Tara (g):	63,18	60,78	62,94
Solo + Tara (g):	63,10	60,70	62,83
Tara (g):	15,18	14,74	14,58
Teor de Umidade (%):	0,2	0,2	0,2
Teor Médio (%):	0,2		
Diâmetro da saída do funil (mm):			6,5
Altura do funil até a base (mm):			38,1
Diâmetro da base (mm):			91,3
Ângulo de repouso (°):			41,9 °

REGISTRO FOTOGRÁFICO



ÂNGULO DE REPOUSO - MEIO SATURADO

TEOR DE UMIDADE INICIAL DA AMOSTRA

Número da Cápsula:	13	41	23
Solo+Água+Tara (g):	21,83	22,07	20,92
Solo + Tara (g):	21,83	22,07	20,92
Tara (g):	5,81	5,50	5,37
Teor de Umidade (%):	0,0	0,0	0,0
Teor Médio (%):	0,0		
Massa Total de Amostra (g):			772,8
Massa de Amostra Seca (g):			772,8
Volume Inicial da Amostra (cm³):			518
Vértice Máx Perfil de Repouso (cm):			21,4
Vértice Mín Perfil de Repouso (cm):			21
Vértice Região Não Repousada (cm):			21,1
Área da proveta (cm²):			29,9
Volume de Material Repousado (cm³):			633,9
Volume de Material Não Repousado (cm³):			18,4
Ângulo de repouso (°):			3,7 °

REGISTRO FOTOGRÁFICO

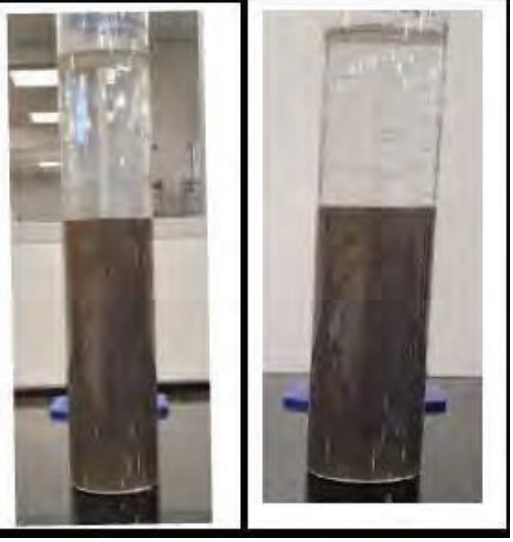


Figura 12.17 – Ensaio de determinação do ângulo de repouso – Amostra 04.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

DADOS DA AMOSTRA

Projeto/Obra:	Cliente:	Amostra:		
Godofredo Viana/MA	Mineração Aurizona	Blend 01		
Local/Furo:	Profundidade:	Coordenadas:	Coordenadas:	Data de Coleta:
Spigots19 / Est 55+00				

ÂNGULO DE REPOUSO - MEIO SECO

TEOR DE UMIDADE DA AMOSTRA

Número da Cápsula:	309	313	329
Solo+Água+Tara (g):	58,42	57,26	56,54
Solo + Tara (g):	58,42	57,26	56,54
Tara (g):	14,09	14,89	14,25
Teor de Umidade (%):	0,0	0,0	0,0
Teor Médio (%):	0,0		
Diâmetro da saída do funil (mm):			6,5
Altura do funil até a base (mm):			38,1
Diâmetro da base (mm):			91,1
Ângulo de repouso (°):	42,0 °		

REGISTRO FOTOGRÁFICO



ÂNGULO DE REPOUSO - MEIO SATURADO

TEOR DE UMIDADE INICIAL DA AMOSTRA

Número da Cápsula:	18	23	41
Solo+Água+Tara (g):	25,35	24,52	22,31
Solo + Tara (g):	25,35	24,52	22,31
Tara (g):	5,70	5,40	5,50
Teor de Umidade (%):	0,0	0,0	0,0
Teor Médio (%):	0,0		
Massa Total de Amostra (g):			760,3
Massa de Amostra Seca (g):			760,3
Volume Inicial da Amostra (cm³):			518
Vértice Máx Perfil de Repouso (cm):			20,4
Vértice Mín Perfil de Repouso (cm):			19,8
Vértice Região Não Repousada (cm):			20
Área da proveta (cm²):			29,9
Volume de Material Repousado (cm³):			601,0
Volume de Material Não Repousado (cm³):			18,9
Ângulo de repouso (°):	5,6 °		

REGISTRO FOTOGRÁFICO





Figura 12.18 – Ensaio de determinação do ângulo de repouso – Blend 01.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

ÂNGULO DE REPOUSO - MEIO SECO

TEOR DE UMIDADE DA AMOSTRA			
Número da Cápsula:	9	27	324
Solo+Água+Tara (g):	54,60	54,38	53,15
Solo + Tara (g):	54,57	54,33	53,11
Tara (g):	15,19	15,07	13,96
Teor de Umidade (%):	0,1	0,1	0,1
Teor Médio (%):	0,1		
Diâmetro da saída do funil (mm):			6,5
Altura do funil até a base (mm):			38,1
Diâmetro da base (mm):			82,8
Ângulo de repouso (°):		45,0 °	

REGISTRO FOTOGRÁFICO



ÂNGULO DE REPOUSO - MEIO SATURADO

TEOR DE UMIDADE INICIAL DA AMOSTRA			
Número da Cápsula:	1	21	33
Solo+Água+Tara (g):	25,52	23,06	20,36
Solo + Tara (g):	25,49	23,03	20,31
Tara (g):	5,95	5,46	5,75
Teor de Umidade (%):	0,2	0,2	0,3
Teor Médio (%):	0,2		
Massa Total de Amostra (g):			752,6
Massa de Amostra Seca (g):			750,9
Volume Inicial da Amostra (cm³):			518
Vértice Máx Perfil de Repouso (cm):			20,4
Vértice Mín Perfil de Repouso (cm):			20,1
Vértice Região Não Repousada (cm):			20,2
Área da proveta (cm²):			29,9
Volume de Material Repousado (cm³):			605,5
Volume de Material Não Repousado (cm³):			18,4
Ângulo de repouso (°):		2,8 °	

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 12.19 – Ensaio de determinação do ângulo de repouso – Blend 02.

A partir dos ensaios diretos realizados com a amostra BLEND 2, foi considerado o ângulo de repouso de 2,80° como representativo do comportamento do rejeito das **Barragens do Vené e Vené II**. Esse valor foi adotado para a definição do plano inclinado de instabilidade e para a estimativa do volume potencialmente mobilizável em cada cenário de ruptura.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

13 VOLUME POTENCIALMENTE MOBILIZÁVEL

Em cenários de ruptura de barragens, o volume propagado a jusante depende da condição hidráulica do reservatório no momento da falha e das características topográficas do vale. Assim, não se considera, de forma automática, a liberação integral do volume armazenado, mas sim o volume efetivamente mobilizável.

Considerando os cenários de dia Chuvoso (cenários extremos - PMP), o volume mobilizado foi limitado pela diferença entre o terreno natural e o NA máximo *Maximorum*, condição esta, que representa o nível máximo possível no reservatório antes do início do transbordamento.

Para os cenários de dia Seco (cenário provável), o volume mobilizado foi limitado pela diferença entre o terreno natural e o NA soleira do sistema extravasor, condição esta, que representa o nível máximo operacional do reservatório.

Para a estimativa do volume de sedimentos mobilizáveis para cada cenário de ruptura, foi adotado o critério geométrico baseado na linha de repouso estático dos materiais. Para isso, traçou-se um plano inclinado a partir do pé do talude de montante em direção ao eixo longitudinal do reservatório, utilizando-se o ângulo de repouso de 2,80°, definido a partir das características dos materiais depositados, apresentado no **item 12.2.2**.

13.1 VOLUMETRIA DA BARRAGEM DO VENÉ

A capacidade volumétrica da **Barragem do Vené** considerada neste estudo foi definida com base na topografia primitiva (PRIMITIVO DA ÁREA DA VENÉ I – SIRGA.2000.dwg) e a partir do levantamento topográfico CURVA DE NIVEL DA VENE1 EM SIRGAS.2000 20-09-2024, disponibilizado pela equipe técnica da MASA.

Conforme apresentado na **Figura 13.1**, a curva cota–volume do reservatório, indica um volume total de rejeitos de aproximadamente 17.131.363,96 m³.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

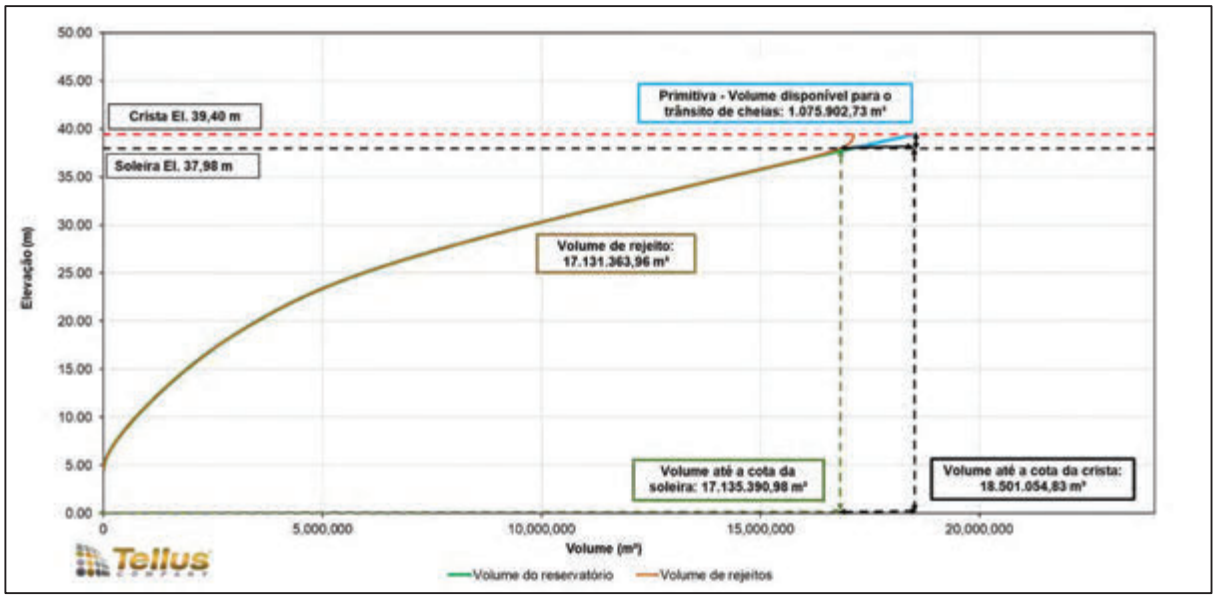


Figura 13.1 – Curva cota-volume da Barragem do Vené, considerando a topografia primitiva e a curva de rejeitos depositados no reservatório.

De modo a ilustrar os resultados obtidos, a partir do estudo da capacidade volumétrica do reservatório da **Barragem do Vené**, foi elaborado o croqui apresentado na **Figura 13.2**.

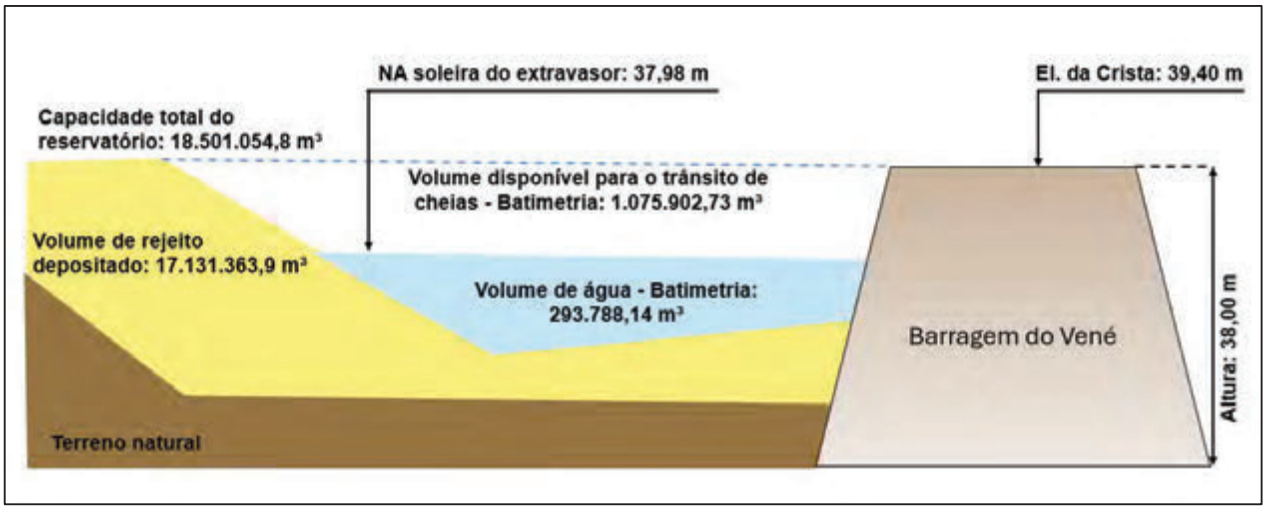


Figura 13.2 – Desenho esquemático explicativo para a Barragem do Vené.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

13.1.1 Volume Mobilizável e Concentração Volumétrica Final – Barragem do Vené

Para a determinação do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené**, referente ao cenário de ruptura do maciço sul (próximo a Seção 14 da Análise de Estabilidade), considerou-se um ângulo de repouso de 2,80° e o comprimento do reservatório de 977,87 m, conforme ilustrado na **Figura 13.3**, utilizada para definição do plano inclinado. A elevação do pé do talude de montante nesta seção encontra-se na cota 27,23 m, considerando o ponto mais baixo da topografia nessa região.

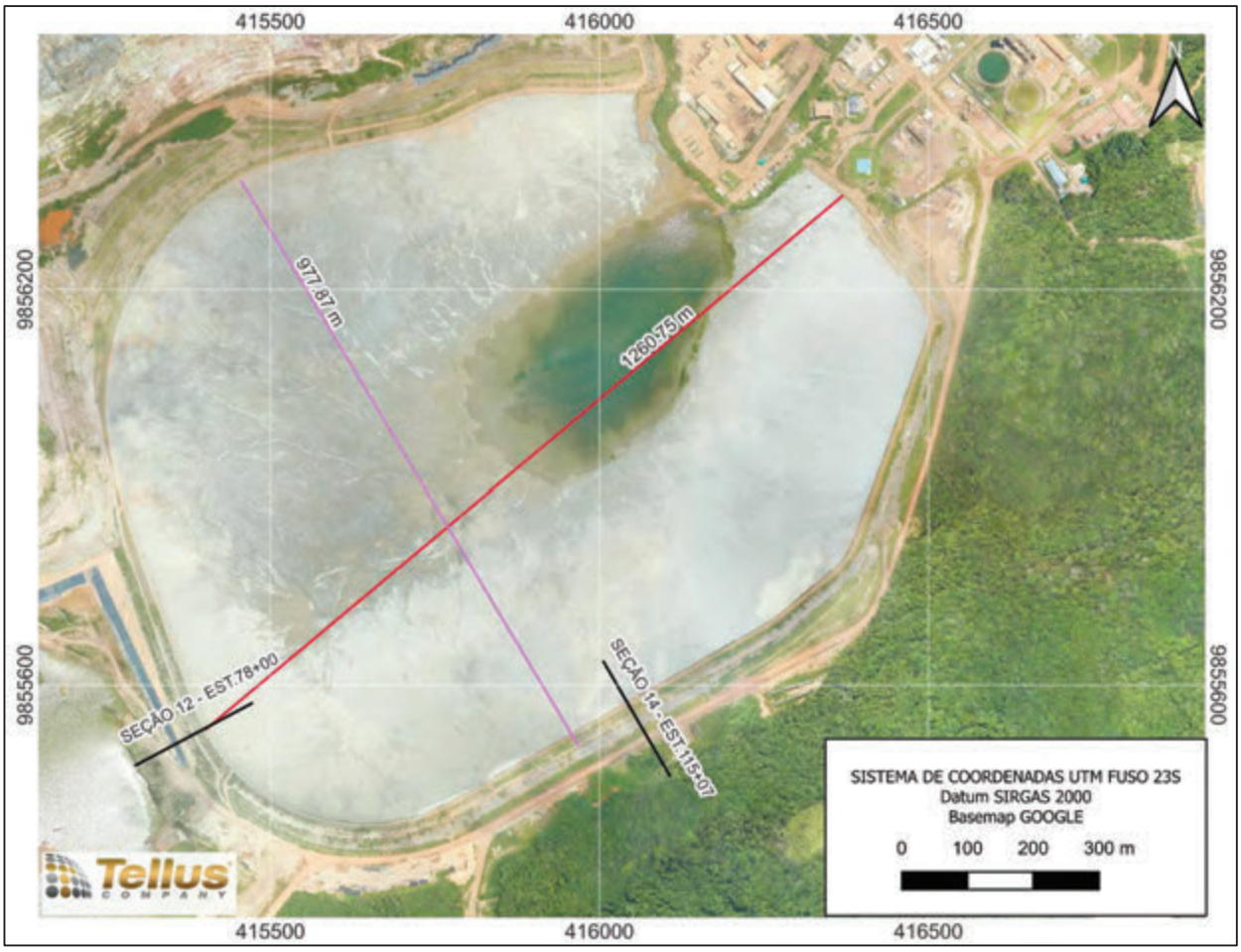


Figura 13.3 – Comprimento do reservatório da Barragem do Vené, considerado para cada cenário.

A partir do plano inclinado estabelecido, foi possível seccionar o reservatório, gerando a curva cota-volume correspondente ao volume potencialmente mobilizável do reservatório para o cenário em estudo. A curva cota-área-volume do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené**, referente

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

ao cenário de ruptura do maciço sul (Seção 14 da Análise de Estabilidade), pode ser observado na **Figura 13.4**.

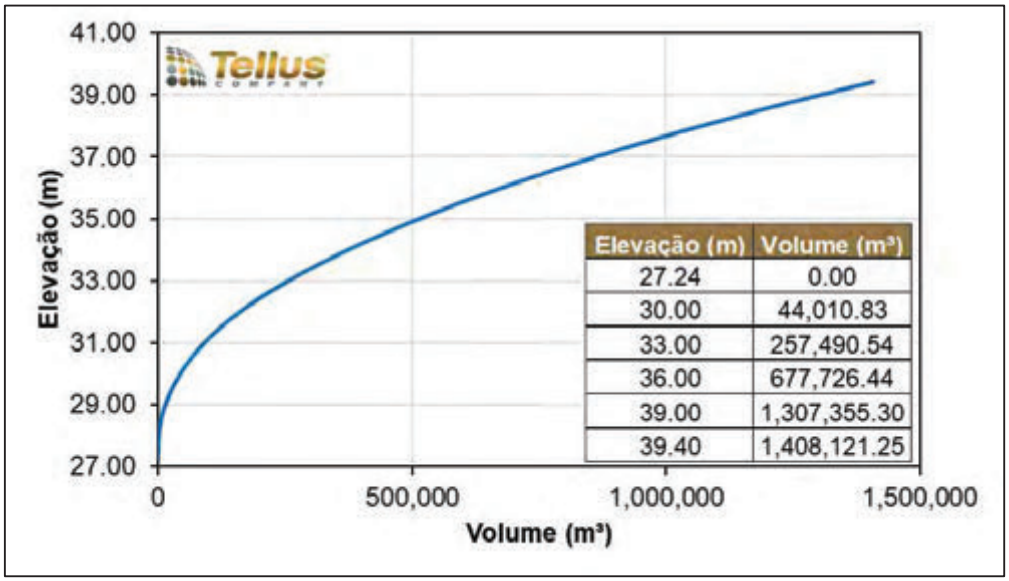


Figura 13.4 – Curva cota-volume do reservatório da Barragem do Vené, referente ao cenário de ruptura do maciço sul (Seção 14 da Análise de Estabilidade).

- Para o cenário de ruptura do maciço sul da **Barragem do Vené** (Seção 14 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento, a Concentração Volumétrica foi determinada a partir da relação entre o volume de rejeito potencialmente mobilizável e o volume total de água compreendido entre as cotas 33,50 m e o N.A. máximo *Maximorum* (El. 38,22 m). O valor ponderado de Cv obtido para este cenário é apresentado na **Tabela 13-1**.

Tabela 13-1 – Resumo das informações necessárias para a determinação da concentração volumétrica (Cv), para o cenário de ruptura do maciço sul da Barragem do Vené (Seção 14 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento.

Volume de Rejeito (m³)	1.408.121,25
Volume de Água(m³)	582.507,78
Volume Total (m³)	1.990.629,04
CV inicial	0,26
CV ponderado	0,18

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Com base na Concentração Volumétrica ponderada de 0,18, associado ao cenário de ruptura do maciço sul por instabilizarão seguida de galgamento da **Barragem do Vené**, o comportamento do fluxo é classificado como newtoniano.

- Para o cenário de ruptura do maciço sul da **Barragem do Vené** (Seção 14 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de *piping*, a Concentração Volumétrica foi determinada a partir da relação entre o volume de rejeito potencialmente mobilizável e o volume total de água compreendido entre as cotas 33,50 m e a soleira do extravasor (El. 37,39 m). O valor ponderado de Cv obtido para este cenário é apresentado na **Tabela 13-2**.

Tabela 13-2 – Resumo das informações necessárias para a determinação da concentração volumétrica (Cv), para o cenário de ruptura do maciço sul da Barragem do Vené (Seção 14 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de *piping*.

Volume de Rejeito (m³)	1.408.121,25
Volume de Água(m³)	125.429,70
Volume Total (m³)	1.533.549,95
CV inicial	0,26
CV ponderado	0,24

Considerando que a **Barragem do Vené** não recebe mais disposição de rejeito e que, nas condições de amostragem adotadas para este cenário, obteve-se CV ponderado de 0,24, optou-se por modelar o escoamento com a equação reológica “Turbulent and Coulomb” para o cenário de rompimento por *piping*. O detalhamento da avaliação da equação reologia esta apresentado no **item 14** deste relatório.

Para a determinação do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené**, referente ao cenário de ruptura em cascata com a **Barragem do Vené II** (Seção 12 da Análise de Estabilidade), considerou-se um ângulo de repouso de 2,80° e o comprimento do reservatório de 1.260,75 m, conforme ilustrado na **Figura 13.3**. A elevação do pé do talude de montante nesta seção encontra-se na cota 25,80m.

A curva cota-volume do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené**, referente ao cenário de ruptura em cascata com a **Barragem do Vené II** (Seção 12 da Análise de Estabilidade), pode ser observado na **Figura 13.5**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

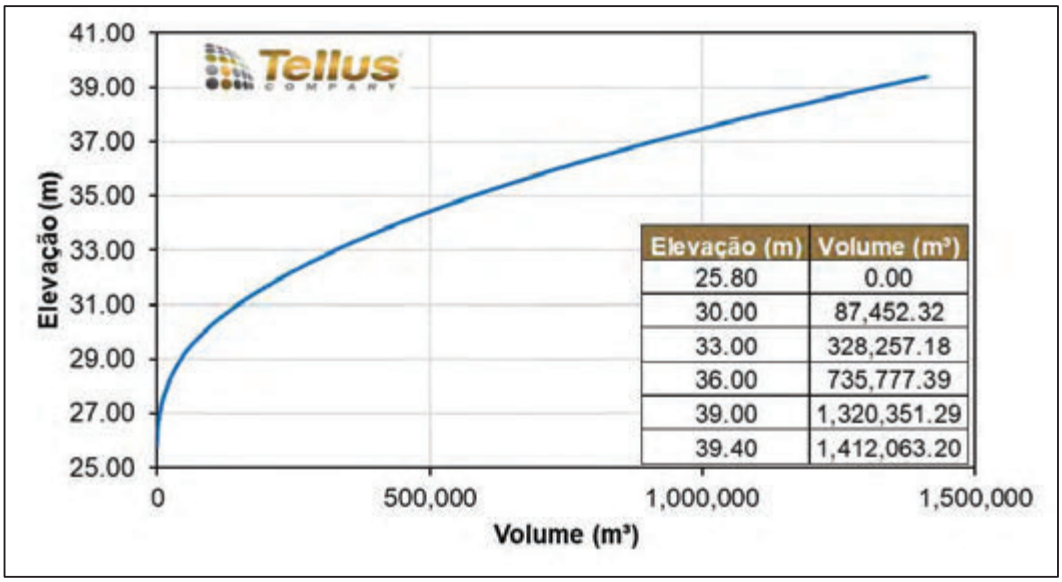


Figura 13.5 – Curva cota-volume do reservatório da Barragem do Vené, referente ao cenário de ruptura em cascata com a Barragem do Vené II (Seção 12 da Análise de Estabilidade).

- Para o cenário de ruptura em cascata da **Barragem do Vené** (Seção 12 da análise de estabilidade) com a **Barragem do Vené II**, considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento, a concentração volumétrica (Cv) foi determinada a partir da relação entre o volume de rejeito potencialmente mobilizável e o volume total de água compreendido entre as cotas 33,50 m e o N.A. máximo *Maximorum* (El. 38,22 m). O valor ponderado de Cv obtido para este cenário é apresentado na **Tabela 13-3**.

Tabela 13-3 – Resumo das informações necessárias para a determinação da concentração volumétrica (Cv), para o cenário de ruptura da Barragem do Vené (Seção 12 da análise de estabilidade) em cascata com a Barragem do Vené II, considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento.

Volume de Rejeito (m³)	1.412.063,20
Volume de Água(m³)	582,507,78
Volume Total (m³)	1.994,570,98
CV inicial	0,26
CV ponderado	0,18

Com base na Concentração Volumétrica ponderada de 0,18, associado ao cenário de ruptura da **Barragem do Vené** em cascata com a **Barragem do Vené II**, o comportamento do fluxo é classificado como newtoniano.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

13.2 VOLUMETRIA DA BARRAGEM DO VENÉ II

A capacidade volumétrica considerada neste estudo foi definida com base no Relatório de Estudo da Capacidade Volumétrica do Reservatório da Barragem do Vené II (TL24-0214-0000-EG-NT-0011_3), emitido em 30 de julho de 2025. Esse relatório, elaborado a partir da Topografia Primitiva e do Levantamento Batimétrico de julho de 2025, permitiu determinar o volume efetivo de rejeitos depositados no reservatório. Conforme apresentado na **Figura 13.6**, a curva cota–volume do reservatório, indica um volume total de rejeitos de aproximadamente 2.789.804,47 m³.

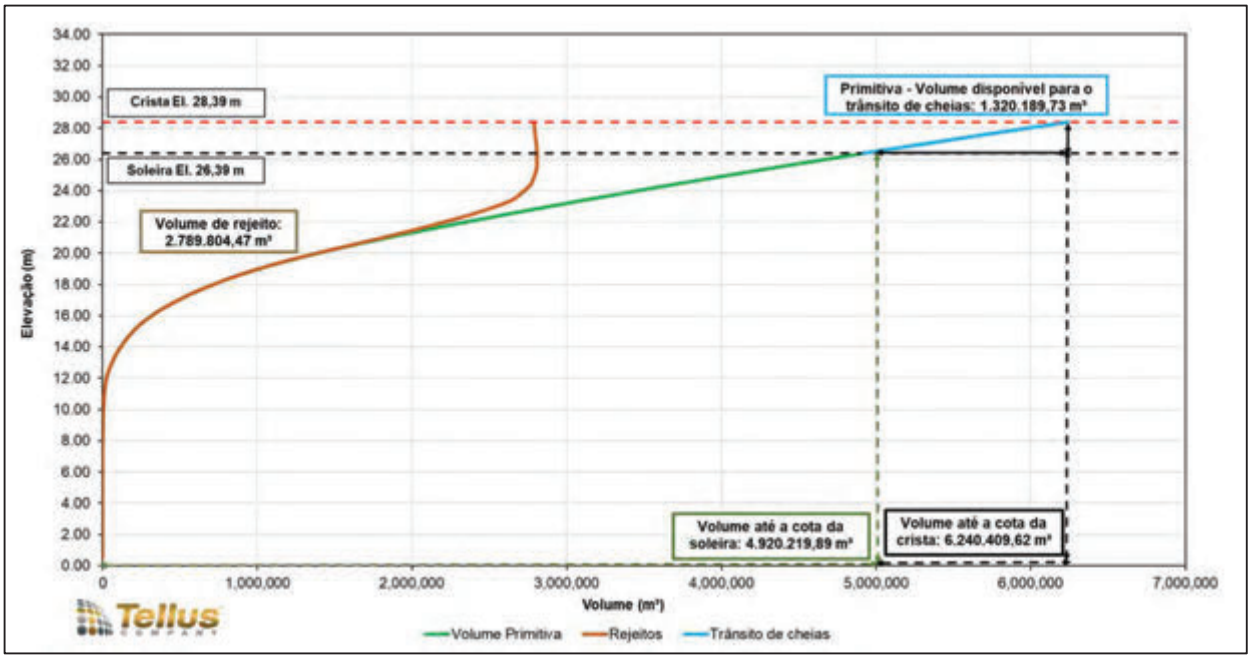


Figura 13.6 – Curva cota-volume da Barragem do Vené II, considerando a topografia primitiva e a curva de rejeitos depositados no reservatório (TL24-0214-0000-EG-NT-0011_3).

De modo a ilustrar os resultados obtidos, a partir do estudo da capacidade volumétrica do reservatório da **Barragem do Vené II**, foi elaborado o croqui apresentado na **Figura 13.7**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

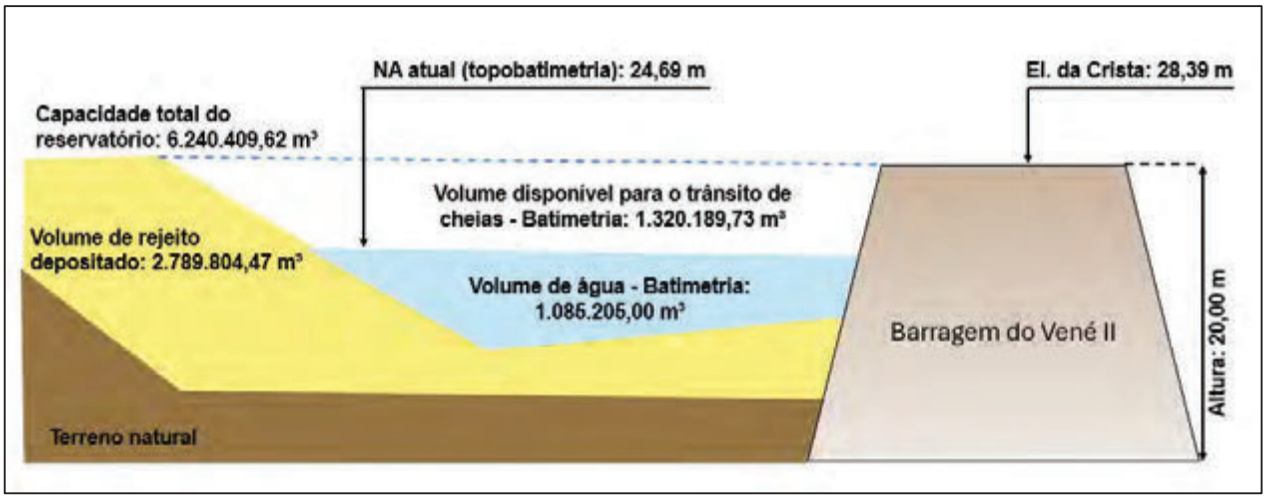


Figura 13.7 – Desenho esquemático explicativo para a Barragem do Vené II (TL24-0214-0000-EG-NT-0011_3).

13.2.1 Volume Mobilizável e Concentração Volumétrica Final – Barragem do Vené II

Para a determinação do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené II**, referente ao cenário de ruptura na seção com menor fator de segurança (Seção 7 da Análise de Estabilidade), considerou-se um ângulo de repouso de 2,80° e o comprimento do reservatório de 786,90 m, conforme ilustrado na **Figura 13.8**. A elevação do pé do talude de montante nesta seção encontra-se na cota 13,40 m.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

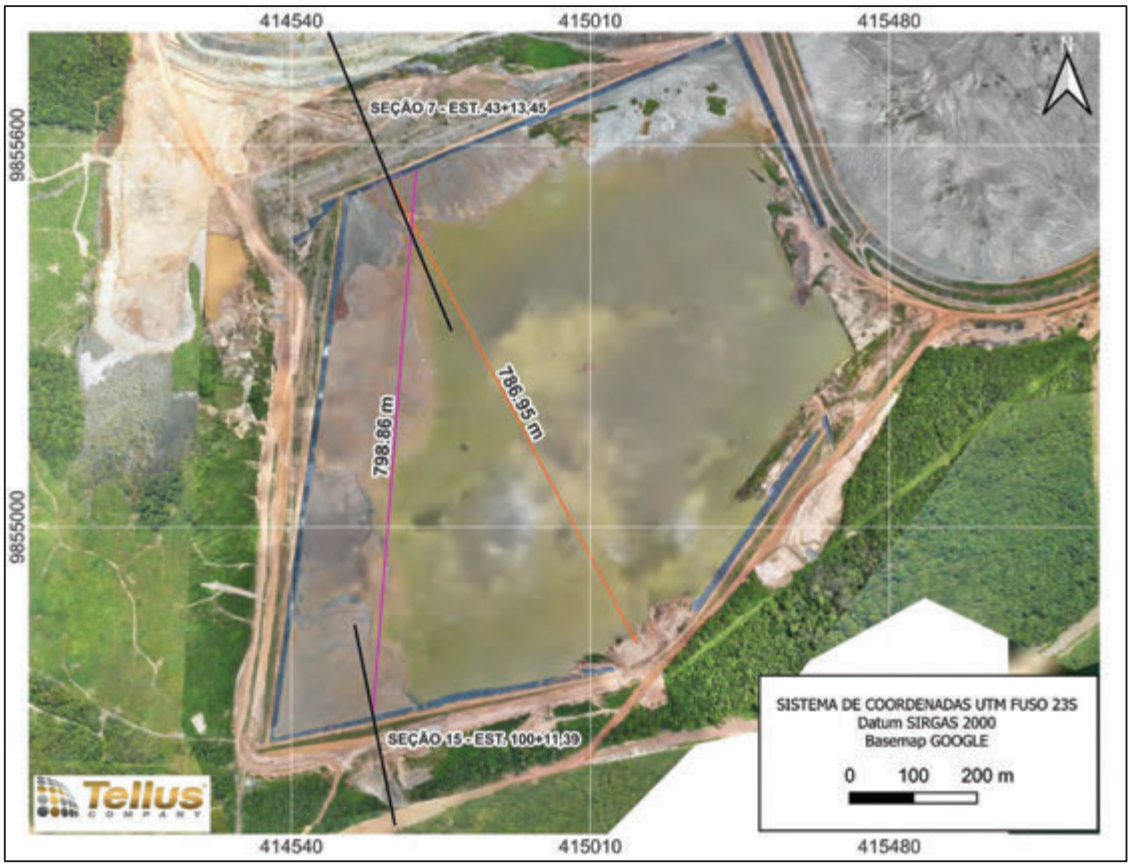


Figura 13.8 – Comprimento do reservatório da Barragem do Vené II, considerado para cada cenário.

A curva cota-área-volume do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené II**, referente ao cenário de ruptura na seção com menor fator de segurança (Seção 7 da Análise de Estabilidade), pode ser observado na **Figura 13.9**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

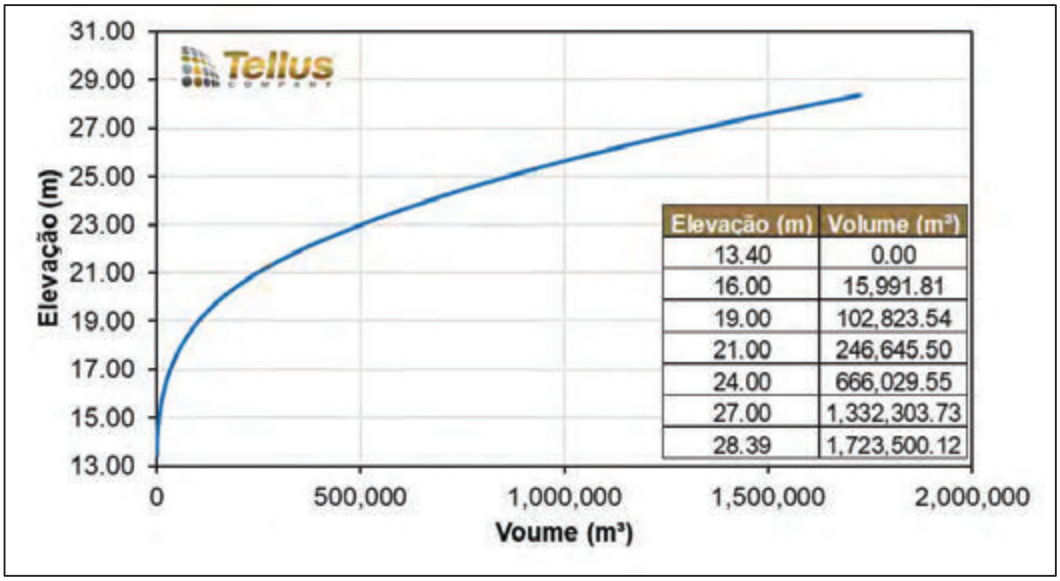


Figura 13.9 – Curva cota-área-volume do reservatório da Barragem do Vené II, referente ao cenário de ruptura na seção com menor fator de segurança (Seção 7 da Análise de Estabilidade).

- Para o cenário de ruptura da **Barragem do Vené II** na seção com menor fator de segurança (Seção 7 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento, a Concentração Volumétrica foi determinada a partir da relação entre o volume de rejeito potencialmente mobilizável e o volume total de água compreendido entre as cotas 13,50 m e o N.A. máximo *Maximorum* (El. 27,20 m). O valor ponderado de Cv obtido para este cenário é apresentado na **Tabela 13-4**.

Tabela 13-4 – Resumo das informações necessárias para a determinação da concentração volumétrica (Cv), para o cenário de ruptura na seção com menor fator de segurança (Seção 7 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento.

Volume de Rejeito (m³)	1,080,709.02
Volume de Água(m³)	2,841,537.05
Volume Total (m³)	3,922,246.07
CV inicial	0,50
CV ponderado	0,14

Com base na Concentração Volumétrica ponderada de 0,14, considerando o mecanismo de instabilizarão do maciço seguido de galgamento da **Barragem do Vené II**, o comportamento do fluxo é classificado como newtoniano.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- Para o cenário de ruptura em cascata da **Barragem do Vené** (Seção 12 da análise de estabilidade) com a **Barragem do Vené II**, na seção de menor fator de segurança (Seção 7 da Análise de Estabilidade), a Concentração Volumétrica da mistura foi determinada a partir da soma do volume mobilizável da **Barragem do Vené**, apresentado na **Tabela 13-2**, com o volume mobilizável correspondente ao cenário de ruptura da **Barragem do Vené II**. O valor ponderado de Cv obtido para este cenário é apresentado na **Tabela 13-5**.

Tabela 13-5 – Resumo das informações necessárias para a determinação da concentração volumétrica (Cv), para o cenário de ruptura da Barragem do Vené (Seção 12 da Análise de Estabilidade) em cascata com a Barragem do Vené II (Seção 7 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento.

Volume de Rejeito – Barragem do Vené (m³)	1.994.570,98
Volume de Rejeito – Barragem do Vené II (m³)	3.922.246,07
Volume Total (m³)	5.916.817,05
CV inicial – Barragem do Vené	0,18
CV inicial – Barragem do Vené II	0,14
CV ponderado	0,15

Com base na Concentração Volumétrica ponderada de 0,15, considerando a ruptura da **Barragem do Vené** em cascata com a **Barragem do Vené II**, o comportamento do fluxo é classificado como newtoniano.

Para a determinação do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené II**, referente ao cenário de ruptura do maciço sul, sentido portaria (Seção 15 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo instabilização do maciço seguido de galgamento, com ângulo de repouso de 2,80° e o comprimento do reservatório de 798,90 m, conforme ilustrado na **Figura 13.3**. A elevação do pé do talude de montante encontra-se na cota 18,95 m.

A curva cota-área-volume do volume potencialmente mobilizável do reservatório da **Barragem do Vené II**, referente ao cenário de ruptura do maciço sul, sentido portaria (Seção 15 da Análise de Estabilidade), pode ser observado na **Figura 13.10**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

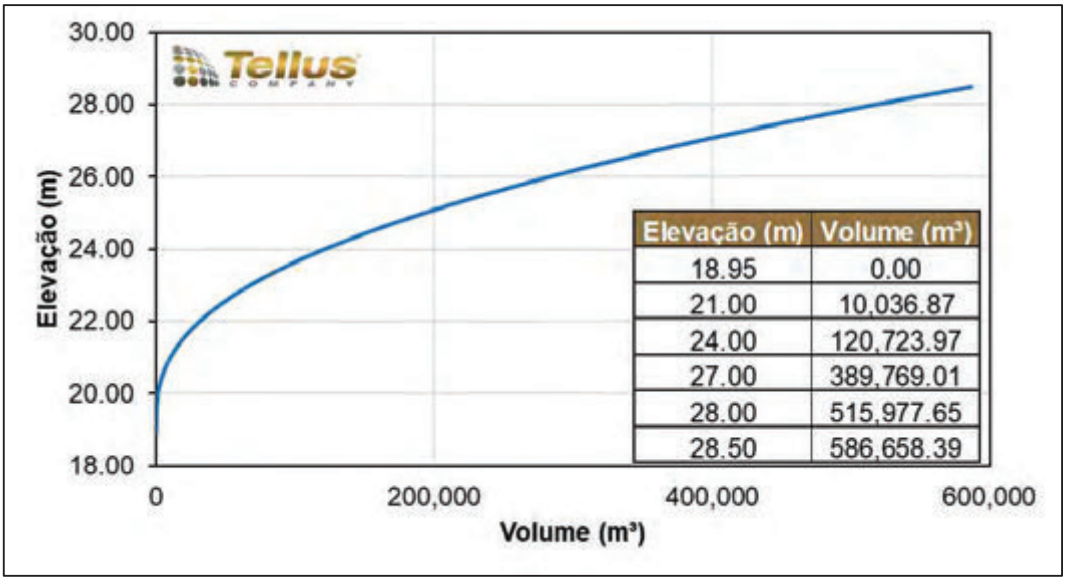


Figura 13.10 – Curva cota-área-volume do reservatório da Barragem do Vené II, referente ao cenário de ruptura do maciço sul, sentido portaria (Seção 15 da Análise de Estabilidade).

- Para o cenário de ruptura do maciço sul da **Barragem do Vené II** sentido portaria (Seção 15 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento, a Concentração Volumétrica foi determinada a partir da relação entre o volume de rejeito potencialmente mobilizável e o volume total de água compreendido entre as cotas 18,95 m e o N.A. máximo *Maximorum* (El. 27,20 m). O valor ponderado de Cv obtido para este cenário é apresentado na **Tabela 13-6**.

Tabela 13-6 – Resumo das informações necessárias para a determinação da concentração volumétrica (Cv), para o cenário de ruptura do maciço sul da Barragem do Vené II sentido portaria (Seção 15 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento.

Volume de Rejeito (m³)	281.985,73
Volume de Água(m³)	2.841.537,05
Volume Total (m³)	3.123.522,78
CV inicial	0,50
CV ponderado	0,05

Com base na Concentração Volumétrica ponderada de 0,05, considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento da **Barragem do Vené II**, o comportamento do fluxo é classificado como newtoniano.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- Para o cenário de ruptura em cascata da **Barragem do Vené** (Seção 12 da Análise de Estabilidade) com a **Barragem do Vené II** sentido portaria (Seção 15 da Análise de Estabilidade), a concentração volumétrica da mistura foi determinada a partir da soma do volume mobilizável da **Barragem do Vené**, apresentado na **Tabela 13-2**, com o volume mobilizável correspondente ao cenário de ruptura da **Barragem do Vené II**. O valor ponderado de Cv obtido para este cenário é apresentado na **Tabela 13-5**.

Tabela 13-7 – Resumo das informações necessárias para a determinação da concentração volumétrica (Cv), para o cenário de ruptura da Barragem do Vené (Seção 12 da Análise de Estabilidade) em cascata com a Barragem do Vené II (Seção 15 da Análise de Estabilidade), considerando o mecanismo de instabilizarão o maciço seguido de galgamento.

Volume de Rejeito – Barragem do Vené (m³)	1.994.571,00
Volume de Rejeito – Barragem do Vené II (m³)	3.123.522,78
Volume Total (m³)	5.118.093,78
CV inicial – Barragem do Vené	0,18
CV inicial – Barragem do Vené II	0,05
CV ponderado	0,10

Com base na Concentração Volumétrica ponderada de 0,10, considerando a ruptura da **Barragem do Vené** em cascata com a **Barragem do Vené II**, o comportamento do fluxo é classificado como newtoniano.

13.3 VOLUMETRIA DA CAVA

A curva cota-área-volume da Cava do Piaba foi elaborada com base no levantamento topográfico FOOTWAL 29-09-2025 SIRGA2000 (Levantamento Topográfico – Cava Piaba).dwg, considerando as elevações compreendidas entre a cota de fundo (El. -133,60 m) e a cota topo, (El.19,39 m), conforme apresentado na **Figura 13.11**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

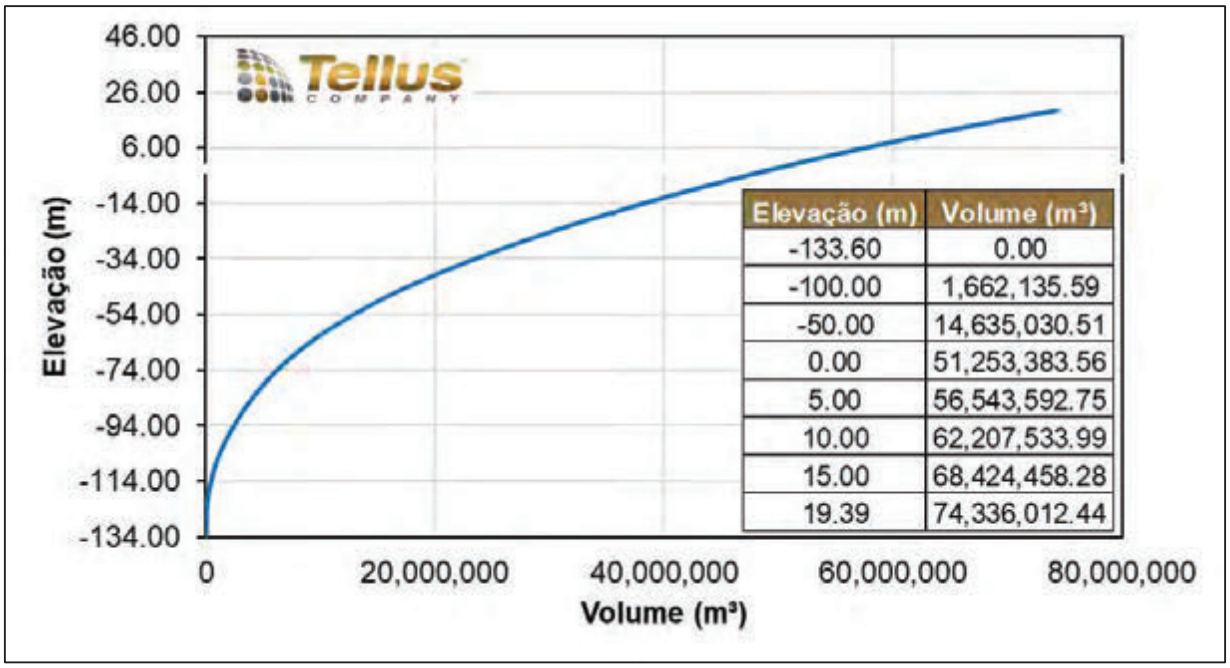


Figura 13.11 – Curva cota-volume da Cava do Piaba.

Considerando que os estudos de ruptura hipotética da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II** indicaram que a mancha de inundação também escoa em direção à Cava do Piaba, torna-se necessário avaliar a capacidade volumétrica dessa cava, de modo a verificar os volumes disponíveis em caso de eventual contribuição da mancha de inundação do presente estudo para o seu interior.

Nas simulações o N.A. operacional da Cava correspondeu ao nível da casa de força do sistema de bombeamento instalado, El. -107,00, adicionado com o volume de trânsito de cheias correspondente a chuvas de PMP, uma vez que o evento de rompimento associado a Barragem do Vené aconteceria com seu reservatório também sob condições extremas (N.A. máximo *Maximorum* – PMP), conforme apresentado nos itens acima.

14 DEFINIÇÃO DAS EQUAÇÕES REOLÓGICAS

Para a definição do tipo de fluxo adotado nas simulações, utiliza-se a classificação proposta pela *Canadian Dam Association* – CDA (2021), que estabelece critérios técnicos para a distinção entre diferentes comportamentos de escoamento de rejeitos e materiais de barragens de mineração. Essa referência considera parâmetros como concentração volumétrica de sólidos, propriedades reológicas (tensão de escoamento e viscosidade plástica) e condições de mobilização do material no momento da ruptura.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Com base nesses critérios, é possível enquadrar o comportamento do escoamento em categorias como fluido Newtoniano, fluxo de detritos ou fluxo hiperconcentrado, permitindo a seleção adequada do modelo reológico (ex.: Bingham, Herschel–Bulkley ou Newtoniano) a ser empregado nas simulações hidrodinâmicas.

As equações avaliadas levaram em consideração as concentrações volumétricas ponderadas apresentadas no **item 13** e a definição dos cenários de ruptura para dia seco e chuvoso.

A **Figura 14.1** apresenta o gráfico de classificação do tipo de fluxo em função da concentração volumétrica (C_v) e a relação entre as concentrações Cw e C_v é apresentada na **Equação 14-1**.

$$C_w = \frac{C_v G}{1 + (G - 1)C_v}$$ **Equação 14-1**

Em que,

G é a densidade dos grãos;

C_w é a concentração de sedimentos;

C_v é a concentração volumétrica.

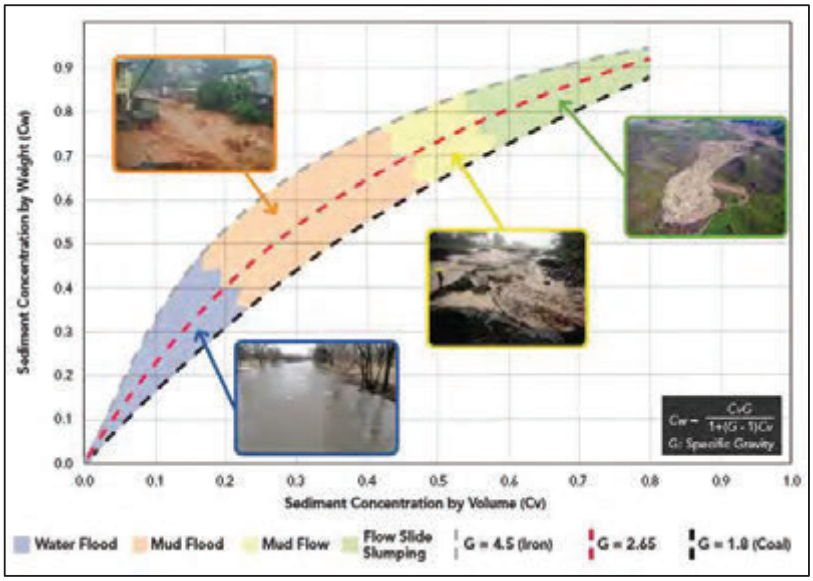


Figura 14.1 – Tipos de fluxo de acordo com a concentração volumétrica. Fonte: CDA (2011).

A **Figura 14.2** resume os diferentes modelos utilizados pelo RiverFlow2D MT.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

ID	MODEL	BASAL RESISTANCE	FLOW TYPE
1	Turbulent Manning	$\tau_b = \tau_f + \rho g_\psi \frac{n^2 \lvert\mathbf{u}\rvert^2}{h^{1/3}}$	Turbulent Newtonian
2	Full Bingham	$2\tau_b^3 - 3\left(\tau_y + 2\mu_B \frac{\lvert\mathbf{u}\rvert}{h}\right)\tau_b^2 + \tau_y^3 = 0$	Cohesive viscoplastic
3	Simplified Bingham	$\tau_b = \frac{3}{2}\tau_y + 3\mu_B \frac{\lvert\mathbf{u}\rvert}{h}$	Cohesive viscoplastic
4	Turbulent Coulomb	$\tau_b = \tau_f + \rho g_\psi \frac{n^2 \lvert\mathbf{u}\rvert^2}{h^{1/3}}$	Frictional turbulent with $\tau_f = \left(\rho g_\psi h - \mathcal{P}_b\right)\tan\delta_f$
5	Turbulent Yield	$\tau_b = \tau_y + \rho g_\psi \frac{n^2 \lvert\mathbf{u}\rvert^2}{h^{1/3}}$	Cohesive turbulent
6	Turbulent Coulomb/Yield	$\tau_b = \min(\tau_y, \tau_f) + \rho g_\psi \frac{n^2 \lvert\mathbf{u}\rvert^2}{h^{1/3}}$	Frictional/cohesive turbulent with $\tau_f = \left(\rho g_\psi h - \mathcal{P}_b\right)\tan\delta_f$
7	Quadratic	$\tau_b = \tau_y + \frac{k_0}{8}\mu_B \frac{\lvert\mathbf{u}\rvert}{h} + \rho g_\psi \frac{n^2 \lvert\mathbf{u}\rvert^2}{h^{1/3}}$	Cohesive viscous/turbulent with $k_0 = 24$
8	Granular	$\tau_b = \rho g_\psi h \tan\delta_f$	Dry pure-frictional
9	Viscoplastic Coulomb	$\tau_b = \tau_f + \left(\frac{2m+1}{m}\right)^m \mu_P \left(\frac{\lvert\mathbf{u}\rvert}{h}\right)^m$	Frictional shear-thinning $m < 1$ or shear-thickening $m > 1$, with $\tau_f = \left(\rho g_\psi h - \mathcal{P}_b\right)\tan\delta_f$

Figura 14.2 – Formulações de resistência basal reológica utilizadas no RiverFlow2D (Hydronia, 2024)

A partir desses parâmetros, é possível selecionar o modelo reológico mais adequado para representar o comportamento do escoamento do material, como o Bingham Plástico, o Herschel–Bulkley ou o Newtoniano, conforme a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação observada em ensaios laboratoriais.

Todas as equações reológicas disponíveis no modelo hidrodinâmico foram inicialmente avaliadas quanto à sua aplicabilidade ao rejeito em questão, incluindo as formulações Newtoniana, Bingham, Herschel-Bulkley e Turbulent Coulomb.

Após essa análise sistemática, concluiu-se que a formulação tecnicamente mais aderente às características factuais do material é o modelo Turbulent Coulomb. A caracterização geotécnica do rejeito demonstra tratar-se de material não plástico (IP = 0), com coesão efetiva nula e ângulo de atrito efetivo da ordem de 25°, sendo constituído predominantemente por areia fina com fração argilosa não plástica. Essas propriedades evidenciam que a resistência mobilizada durante o escoamento é dominada por mecanismos friccionais associados ao comportamento granular do material, e não por coesão estrutural significativa, como pressuposto em formulações viscoplásticas clássicas.

Os ensaios reológicos realizados indicaram a presença de tensão inicial de escoamento e comportamento não newtoniano com redução da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento. Contudo, em materiais com IP = 0 e predominância de fração arenosa, a tensão de escoamento mensurada reflete predominantemente o atrito estático intergranular, e não uma propriedade viscoplástica de origem coesiva.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Dessa forma, considerando simultaneamente os resultados dos ensaios reológicos e as propriedades geotécnicas do rejeito, conclui-se que o comportamento do material é mais bem representado por uma formulação que combine resistência friccional granular com efeitos turbulentos ou inerciais. Nesse contexto, a formulação Turbulent Coulomb, disponível no software RiverFlow2D, mostra-se tecnicamente mais adequada para representar o comportamento do rejeito na modelagem hidrodinâmica para o cenário 08.

A utilização dessa formulação reológica é, portanto, tecnicamente justificada e consistente com as características reais do material presente no reservatório, representando de forma mais realista os mecanismos físicos que governam o escoamento do rejeito em cenários de ruptura hipotética.

Levando em consideração o apresentado, adotou-se a utilização da equação reológica apenas para os cenários os quais a concentração volumétrica ponderada foi superior a 0,20 (**item 13**), cenário 08. Os demais cenários os quais as concentrações volumétricas foram inferiores ao valor mencionado, considerou-se como fluído newtoniano.

15 BRECHA E HIDROGRAMA DE RUPTURA

A caracterização da brecha de ruptura é uma etapa fundamental nos estudos de ruptura hipotética de barragens, pois define as condições iniciais de descarga e, consequentemente, a intensidade e a propagação das ondas de inundação a jusante. Na literatura especializada, destacam-se quatro metodologias de referência amplamente utilizadas na estimativa da geometria e do tempo de formação da brecha: Froehlich (2016), MacDonald & Langridge-Monopolis (1984), Von Thun & Gillette (1990) e Xu & Zhang (2009).

O método de MacDonald & Langridge-Monopolis (1984) utiliza o conceito do produto do volume de erosão, correlacionando o volume erodido e a largura da brecha com o volume do reservatório e a lâmina d'água no momento da ruptura, sendo indicado para análises preliminares e barragens de aterro.

A abordagem de Von Thun & Gillette (1990) introduz a classificação da resistência dos materiais constituintes da barragem, diferenciando entre materiais coesivos e não coesivos, o que permite ajustar as estimativas de largura e tempo de formação.

Xu & Zhang (2009) propõem equações derivadas de um banco de dados global de falhas, incorporando aspectos físicos do processo erosivo, o que aprimora a precisão dos resultados, sobretudo em barragens de terra.

Por fim, a metodologia de Froehlich (2016) é baseada em um extenso banco de dados de falhas reais de barragens, oferecendo equações empíricas para estimar a largura média da brecha (B_{ave}) e o tempo de

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

formação (T_x) em função do volume do reservatório e da altura da barragem. Por sua consistência estatística e ampla aplicabilidade em barragens de terra e enrocamento, é reconhecida como uma das abordagens mais robustas para representar falhas progressivas.

Essas metodologias oferecem diferentes perspectivas e graus de detalhamento, sendo a seleção da mais adequada dependente das características construtivas, geotécnicas e hidráulicas de cada estrutura.

Neste estudo, adotou-se a metodologia de Froehlich (2016) para a estimativa da geometria e tempo de formação da brecha, por sua abrangência estatística, validação contínua e ampla aceitação internacional. Os demais métodos não foram considerados por apresentarem menor robustez e aplicabilidade frente às características das barragens analisadas.

De acordo com Froehlich (2016), a largura média da brecha e o tempo de formação () podem ser estimados a partir a partir das equações a seguir.

$$B_{ave} = 0{,}23 \,.\, k_w + V_w^{\frac{1}{3}}$$

Equação 15-1 – Equação para cálculo da largura da brecha.

$$T_f = 60 \,.\, \sqrt{\frac{V_w}{g \,.\, H_b^2}}$$

Equação 15-2 – Equação para cálculo do tempo de formação da brecha.

Em que,

B_{ave} é a largura média da brecha (m);

V_w é o volume do reservatório no momento da ruptura (m³);

kM é a constante equivalente a 1,5 para casos de rompimento por galgamento;

T_f é o tempo de formação da brecha (s);

H_b é a altura da brecha (m); e

G é a aceleração da gravidade (m/s²).

Quanto à geometria da brecha, estudos experimentais e observações de rupturas reais indicam que seu desenvolvimento ocorre inicialmente em forma triangular, evoluindo até atingir a cota mínima de fundo, quando passa a se expandir lateralmente, adquirindo formato trapezoidal (FROEHLICH, 2008). O mesmo

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

autor propõe valores para o fator de inclinação lateral (z) variando entre 0,60 para rupturas por *piping* e 1,0 para os demais modos de falha.

A aplicação das equações resultou na definição dos parâmetros geométricos de brecha para cada cenário de simulação. Com base nesses parâmetros, foram gerados os hidrogramas de ruptura no software HEC-HMS (versão 4.11) para cada cenário de simulação. Os resultados permitiram definir a evolução temporal da descarga gerada pela ruptura, essencial para a propagação hidrodinâmica no modelo RiverFlow 2D.

Os hidrogramas gerados foram utilizados como condições de contorno de montante no modelo hidrodinâmico RiverFlow 2D®, possibilitando a análise do pico de descarga, tempo de formação da brecha e evolução das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante.

Os parâmetros geométricos de brecha para cada cenário de simulação, juntamente com os hidrogramas de ruptura são apresentados nos subitens a seguir.

15.1.1 Cenário 1: Rompimento da Barragem do Vené (maciço oeste) em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso

Os parâmetros geométricos de brecha de ruptura da **Barragem do Vené** sobre o reservatório da **Barragem do Vené II** podem ser consultados na **Tabela 15-1**, assim como o hidrograma de ruptura pode ser observado na **Figura 15.1**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 15-1 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso (Cenário 1).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	**Galgamento**
Elevação do topo da brecha (m)	39,40
Elevação do fundo da brecha (m)	25,80
NA máximo atingido (m)	38,22
H_d (m)	13,60
H_b (m)	13,60
H_w (m)	12,42
V_w (m³)	1.994.570,98
Km	1,5
z	1,00
B_{ave} (m)	43,4
B_b (m)	29,83
B_t (m)	57,0
$t_{f\ calculado}$ (h)	0,55
$t_{f\ calculado}$ (min)	33,16
$t_{f\ adotado}$ (h)	0,55
$t_{f\ adotado}$ (min)	33,16
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	1.511,22
Tempo do pico do Hidrograma (min)	23,00

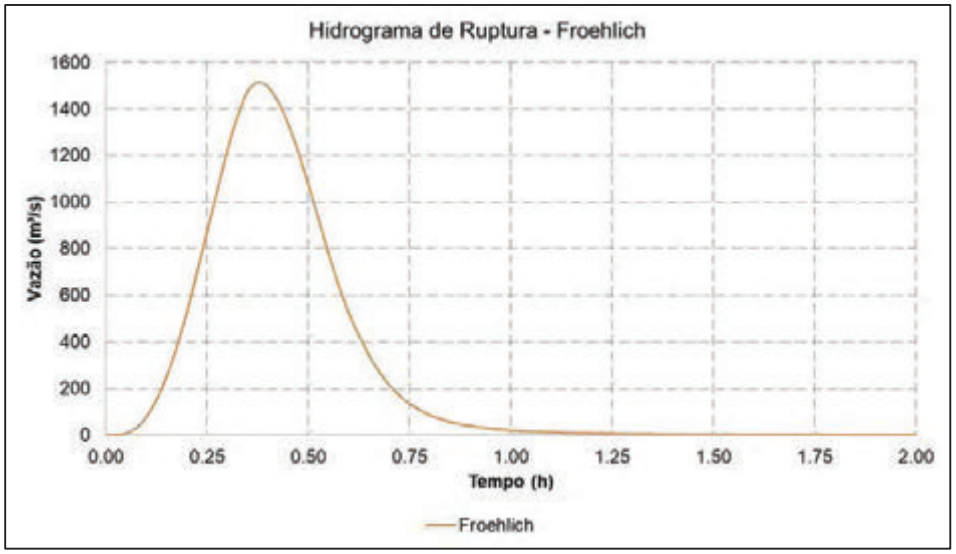


Figura 15.1 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso (Cenário 1).

15.1.1.1 Análise Hidrodinâmica do Evento em Cascata

Como premissa para definição dos cenários de ruptura em cascata entre a **Barragem do Vené** e a **Barragem do Vené II**, foi realizada uma análise hidrodinâmica preliminar com o objetivo de identificar a

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

sequência potencial de solicitação e ruptura dos maciços da **Barragem do Vené II** após a chegada da onda de ruptura proveniente da **Barragem do Vené**. Nessa etapa, buscou-se avaliar qual maciço seria inicialmente submetido à condição crítica de galgamento e verificar se a ruptura localizada seria suficiente para aliviar o reservatório e impedir a progressão do processo para os demais trechos da estrutura.

As análises hidrodinâmicas indicaram que a chegada da onda de ruptura proveniente da **Barragem do Vené** promove uma elevação rápida do nível d'água no reservatório da **Barragem do Vené II**, produzindo condições de galgamento em todos os maciços em um intervalo reduzido de tempo. Embora o maciço norte apresente solicitação inicial ligeiramente anterior aos demais, observou-se comportamento hidrodinâmico caracterizado por galgamento praticamente simultâneo entre os diferentes segmentos da estrutura, indicando limitada capacidade de dissipação do volume afluente apenas pela abertura de uma única brecha.

No hidrograma a seguir é possível verificar o sequenciamento do rompimento de todos os maciços, seguindo a ordem: Xsec_1 – Maciço Norte, Xsec_2 – Maciço Oeste, Xsec_3 – Maciço Sul, Xsec_4 – Maciço Sudeste. É possível

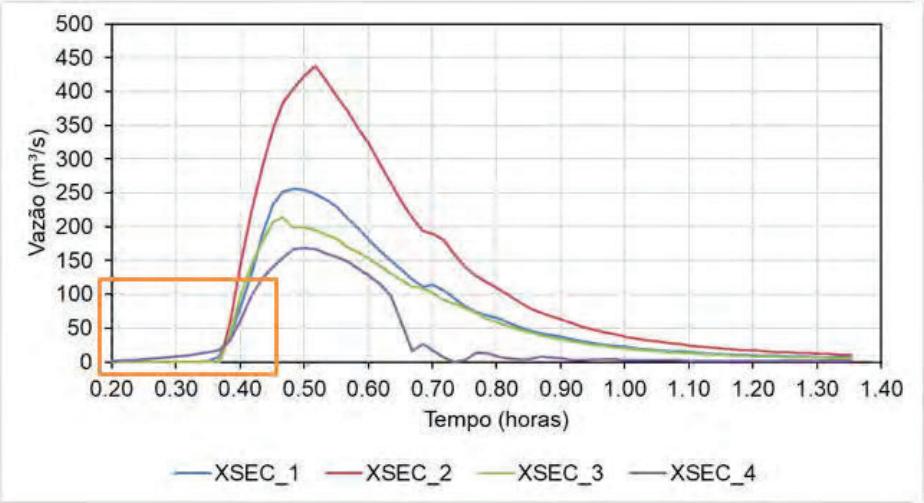


Figura 15.2 – Hidrograma de ruptura simultânea dos maciços da Barragem de Vené II.

Com base nessa avaliação inicial, foi realizada uma etapa intermediária considerando exclusivamente a ruptura do maciço norte, adotando sua remoção total até o terreno natural e avaliando a evolução da superfície livre do reservatório e a redistribuição do escoamento interno. Os resultados obtidos demonstraram que, mesmo após a abertura completa da brecha no maciço norte, o reservatório permaneceu submetido a níveis d'água suficientes para promover o galgamento dos demais maciços, indicando que a ruptura isolada não seria suficiente para descaracterizar a condição crítica do sistema.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Diante dos resultados obtidos, o cenário final adotado passou a considerar a ocorrência simultânea de ruptura em todos os maciços da **Barragem do Vené II**, representando uma condição hidrodinâmica mais realística do sequenciamento do cenário em cascata.

Para essa configuração foram definidas brechas individuais em cada maciço (apresentadas nos subitens a seguir), considerando geometrias e planos inclinados (**Figura 15.3**) compatíveis com a direção preferencial do escoamento, permitindo a extração dos respectivos hidrogramas de ruptura.

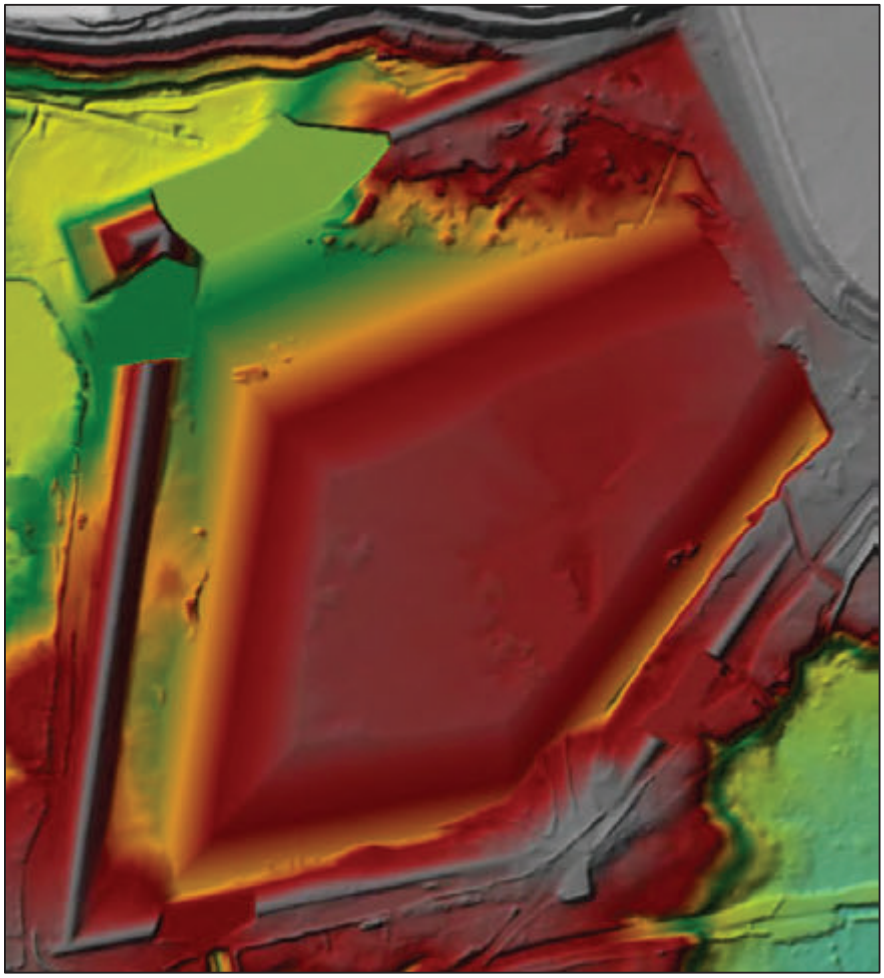


Figura 15.3 – Ilustração do reservatório da Barragem do Vené II considerando o plano inclinado para cada maciço, juntamente com a supressão do maciço onde foi desenhado a brecha no software HEC-RAS 2D.

A metodologia de simulação foi então estruturada em etapas sequenciais. Inicialmente, foram definidos os parâmetros de brecha (**Tabela 15-1**) e gerado o hidrograma de ruptura (**Figura 15.1**) da **Barragem do Vené**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Posteriormente, esse hidrograma foi propagado sobre o reservatório da **Barragem do Vené II** utilizando o modelo HEC-RAS (**Figura 15.4**), permitindo identificar a evolução temporal do reservatório e os instantes críticos associados ao galgamento.

Em seguida, os hidrogramas resultantes das múltiplas brechas definidas para a **Barragem do Vené II** (**Figura 15.5**) foram extraídos e utilizados como condições de contorno de montante no modelo hidrodinâmico RiverFlow 2D, possibilitando a propagação da onda de ruptura ao longo do vale a jusante e a delimitação das áreas potencialmente inundáveis.

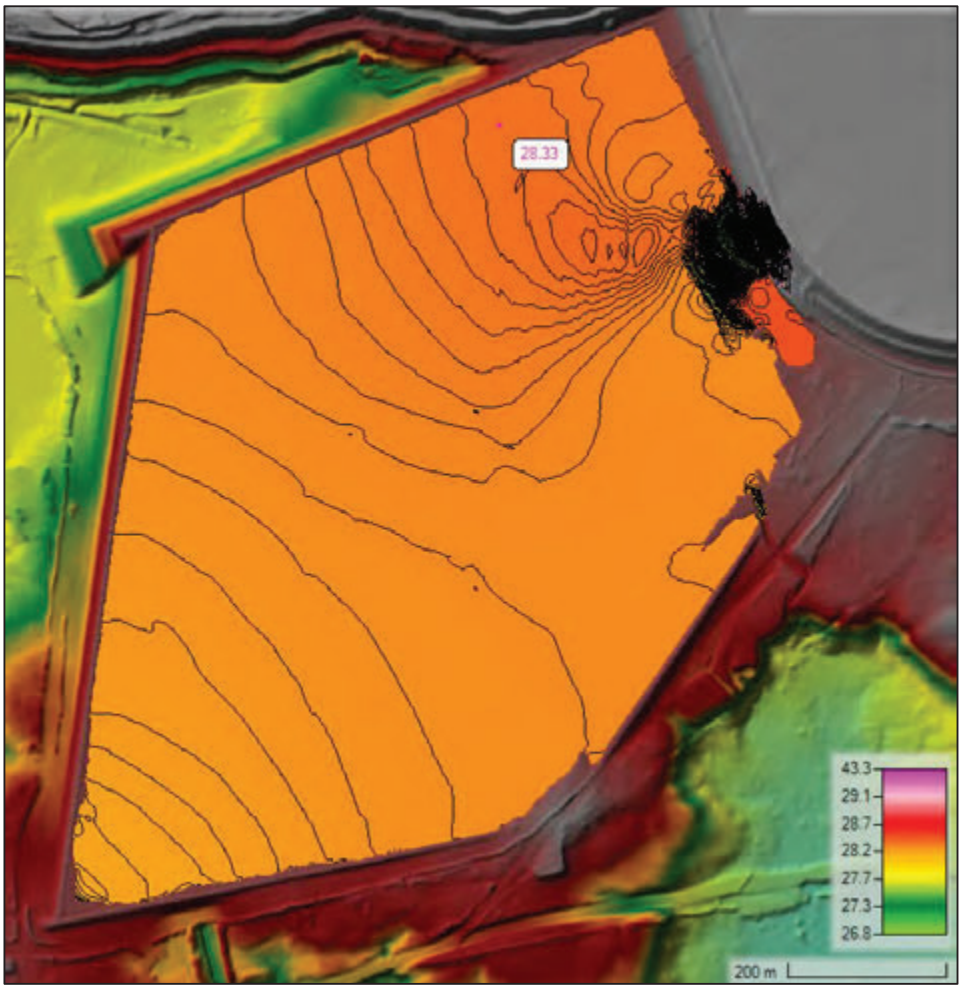


Figura 15.4 – Propagação do hidrograma de ruptura da Barragem do Vené sobre o reservatório da Barragem do Vené II até o instante imediatamente anterior ao galgamento do reservatório da Barragem do Vené II.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

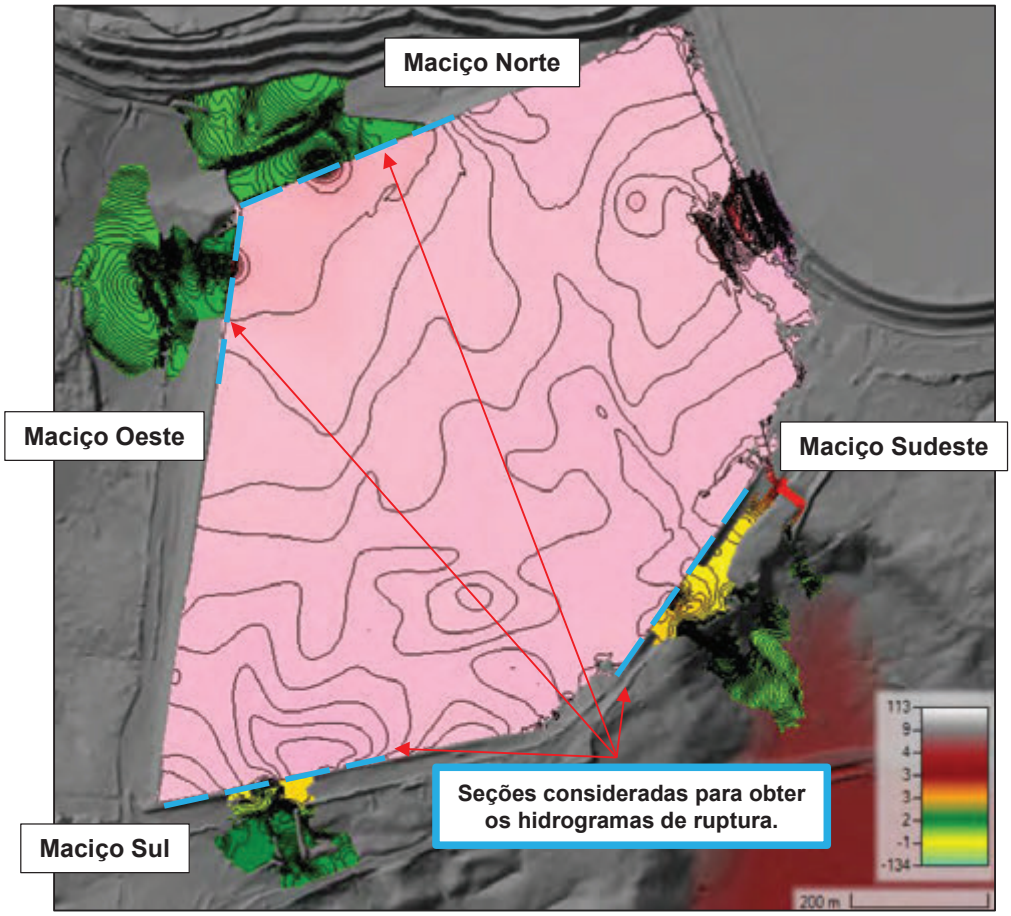


Figura 15.5 – Ilustração das seções consideradas em cada maciço para obter o hidrograma de ruptura simulado no software HEC-RAS 2D.

Os parâmetros geométricos de brecha de ruptura da **Barragem do Vené II** para o maciço norte são apresentados na **Tabela 15-3**, para o maciço oeste é apresentado na **Tabela 15-4**, para o maciço sudeste é apresentado na **Tabela 15-5** e para o maciço sul é apresentado na **Tabela 15-6**.

Os hidrogramas de ruptura podem ser observados da **Figura 15.6** à **Figura 15.9.**

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

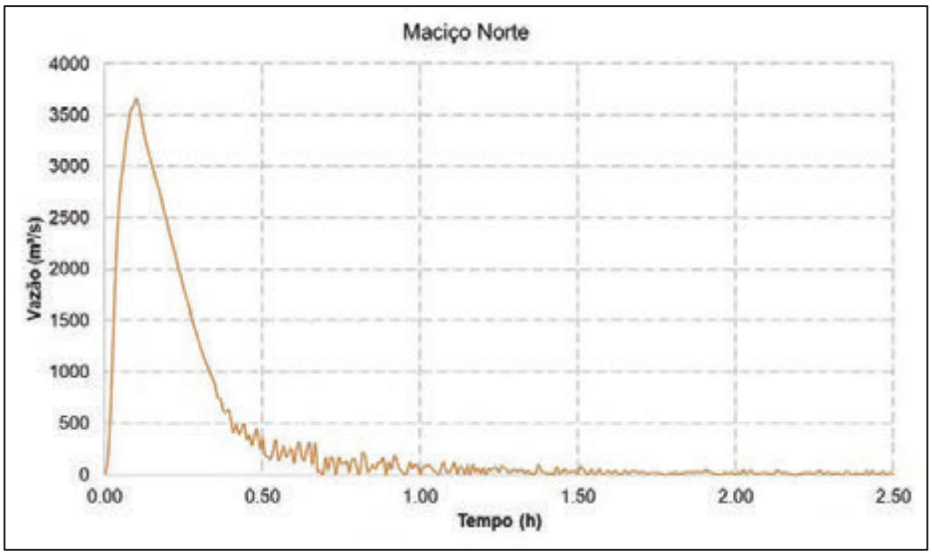


Figura 15.6 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené II, para o cenário de ruptura em cascata com a Barragem do Vené - Dia Chuvoso (Cenário 1).

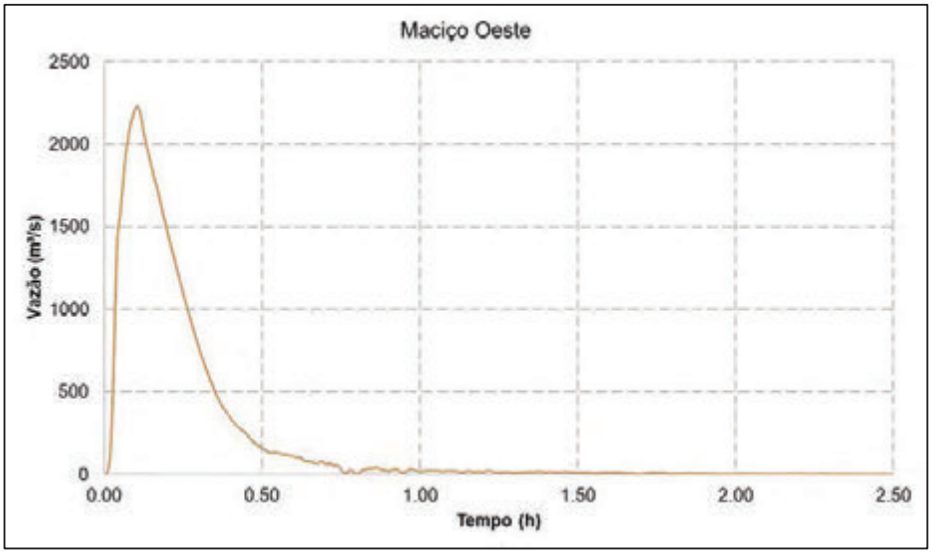


Figura 15.7 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené II, para o cenário de ruptura em cascata com a Barragem do Vené - Dia Chuvoso (Cenário 1).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

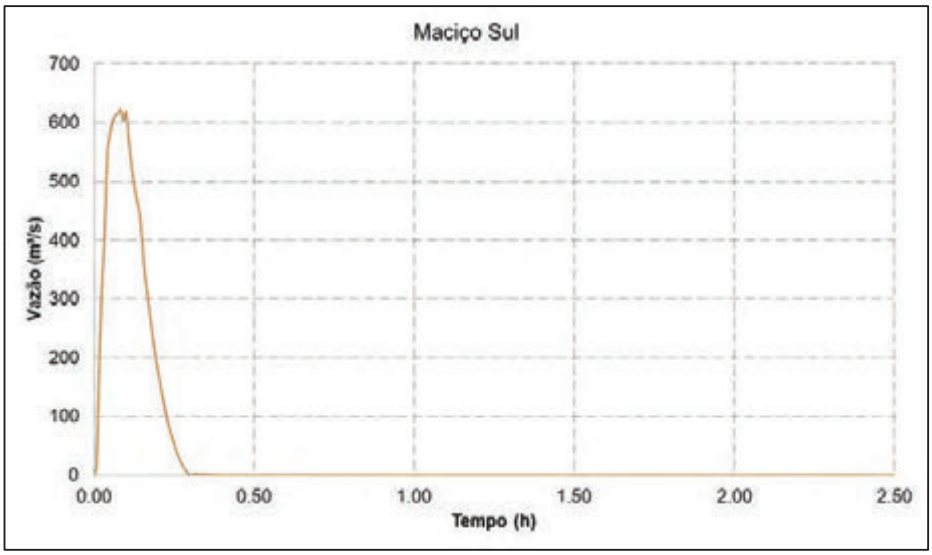


Figura 15.8 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené II, para o cenário de ruptura em cascata com a Barragem do Vené - Dia Chuvoso (Cenário 1).

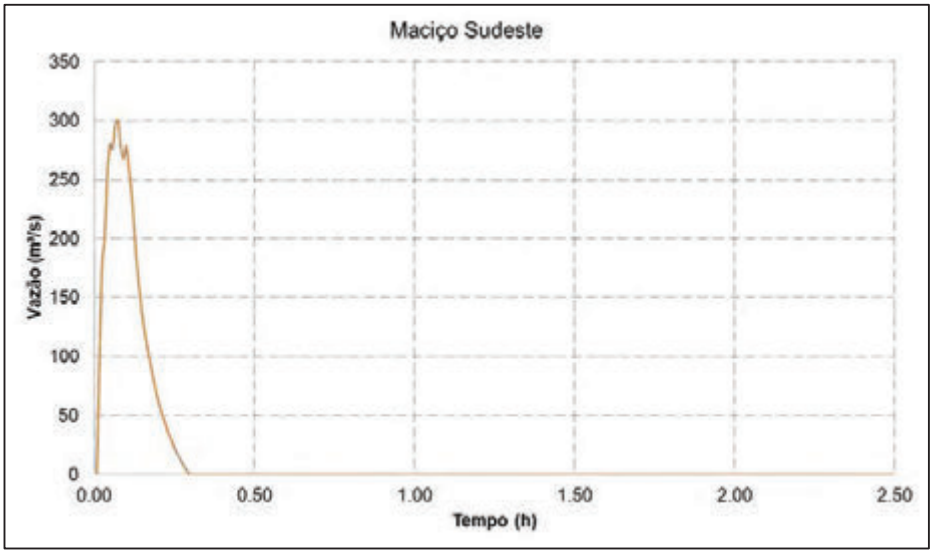


Figura 15.9 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem do Vené II, para o cenário de ruptura em cascata com a Barragem do Vené - Dia Chuvoso (Cenário 1).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.1.2 Resumo técnico da modelagem em cascata

A modelagem foi estruturada para avaliar a ruptura em cascata da Barragem do Vené sobre o reservatório da Barragem do Vené II, considerando a condição hidrodinâmica mais crítica: chegada da onda de ruptura, elevação rápida do nível d'água e possível galgamento sucessivo dos maciços em curto intervalo.

- Cheia natural e condição de maré

Adotou-se vazão natural com tempo de recorrência de 100 anos, representando cenário de dia chuvoso com preenchimento prévio da calha fluvial. A condição de jusante foi definida com maré na elevação 0,00 m, sendo predominante sobre as vazões regionalizadas, dada a elevada inércia volumétrica do trecho fluvial.

- Condições iniciais do reservatório da Barragem do Vené II

No primeiro momento, adotou-se o nível máximo maximorum (El. 27,20 m). Nos momentos seguintes, a condição inicial passou a ser a superfície d'água calculada pelo HEC-RAS imediatamente antes do galgamento do maciço norte, já resultante da propagação da ruptura da Barragem do Vené.

- Truncamento do hidrograma de ruptura

O hidrograma foi truncado em 21 minutos e 30 segundos, pois os instantes anteriores já estavam incorporados à condição inicial adotada.

- Hipóteses de águas rasas e águas profundas

Na condição de águas rasas, utilizou-se a topobatimetria atual, indicando o maciço norte como primeiro a ser galgado. Na condição de águas profundas, inseriu-se um plano inclinado orientado para o maciço norte com base no ângulo de repouso liquefeito, confirmando o mesmo comportamento, com galgamento sucessivo dos demais maciços mesmo após a ruptura do norte.

- Sequência de ruptura da Barragem do Vené II

Chegada da onda ao reservatório, elevação rápida do nível d'água, galgamento inicial do maciço norte, abertura de brecha no maciço norte, redistribuição do escoamento, galgamento dos demais maciços e necessidade de representação de brechas múltiplas.

- Critério para definição das brechas

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

As geometrias foram definidas pelo método de Froehlich (2016), considerando a dissipação de energia no reservatório e a necessidade de representar a abertura de brechas por galgamento sucessivo, posicionadas nos trechos de maior altura dos maciços para máxima liberação potencial de volume.

- Representação do maciço norte

Testou-se a remoção total do maciço norte até o terreno natural, verificando que mesmo essa condição não impede o galgamento dos demais maciços, justificando a adoção de brechas múltiplas.

- Vertedouro da Barragem do Vené II

O vertedouro foi considerado ativo com sua curva de descarga, tendo sido testada também a condição inativa. A comparação indicou que o estado do vertedouro não altera os resultados principais, pois a magnitude e a rapidez da onda superam a capacidade de influência do sistema extravasor.

- Interface HEC-RAS e RiverFlow 2D

O HEC-RAS foi utilizado para representar a hidrodinâmica do reservatório, identificar os instantes de galgamento e extrair os hidrogramas de ruptura das múltiplas brechas. Esses hidrogramas foram então empregados como condição de contorno de montante no RiverFlow 2D para propagação da onda a jusante.

A ruptura da Barragem do Vené gera condição transitória capaz de provocar o galgamento inicial do maciço norte. A ruptura isolada desse maciço não é suficiente para impedir o galgamento dos demais, razão pela qual a etapa final considerou a abertura de brechas em todos os maciços da Barragem do Vené II.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.2 Cenário 2: Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso

Tabela 15-2 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso (Cenário 2).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	**Galgamento**
Elevação do topo da brecha (m)	39.40
Elevação do fundo da brecha (m)	5.27
NA máximo atingido (m)	38.22
H_d (m)	34.13
H_b (m)	34.13
H_w (m)	32.95
V_w (m³)	13,030,417.87
Km	1.5
z	1.00
B_{ave} (m)	81.2
B_b (m)	47.05
B_t (m)	115.3
$t_{f\ calculado}$ (h)	0.56
$t_{f\ calculado}$ (min)	33.77
$t_{f\ adotado}$ (h)	0.56
$t_{f\ adotado}$ (min)	33.77
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	7.207,72
Tempo do pico do Hidrograma (min)	22,20

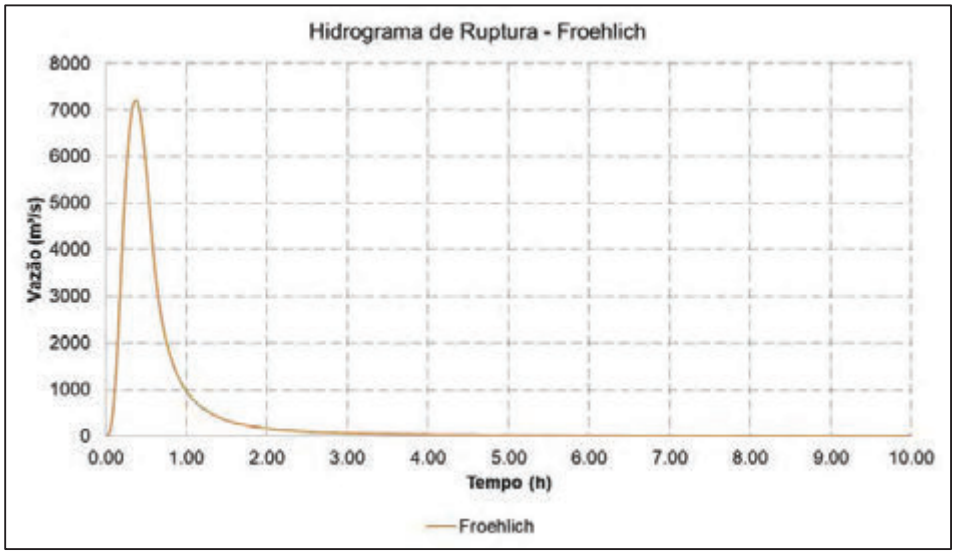


Figura 15.10 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso (Cenário 2).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.3 Cenário 3: Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Tabela 15-3 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 3).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	**Galgamento**
Elevação do topo da brecha (m)	28,39
Elevação do fundo da brecha (m)	13,40
NA máximo atingido (m)	27,20
H_d (m)	14,99
H_b (m)	14,99
H_w (m)	13,80
V_w (m³)	3.922.246,07
Km	1,5
z	1,00
B_{ave} (m)	54,4
B_b (m)	39,42
B_t (m)	69,4
$t_{f\ calculado}$ (h)	0,70
$t_{f\ calculado}$ (min)	42,18
$t_{f\ adotado}$ (h)	0,70
$t_{f\ adotado}$ (min)	42,18
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	2.343,08
Tempo do pico do Hidrograma (min)	43,00

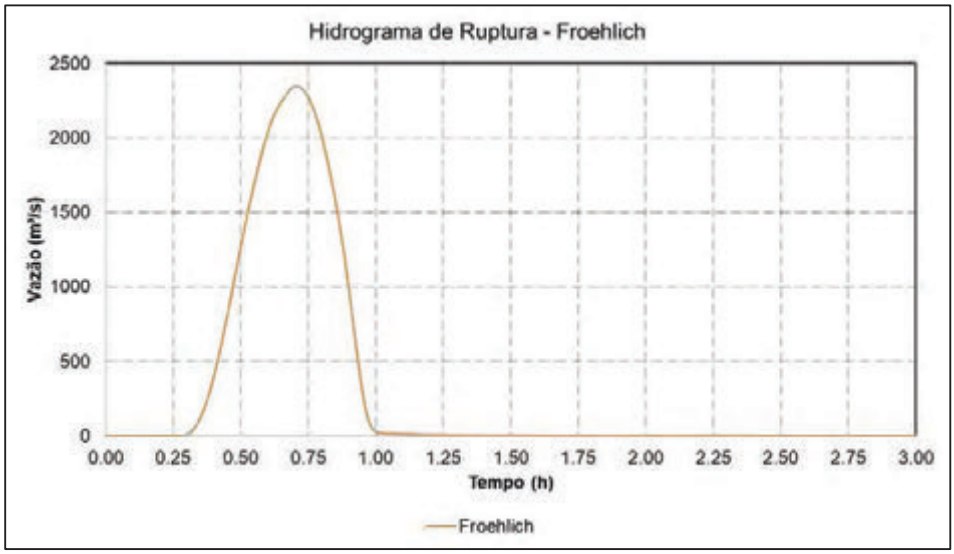


Figura 15.11 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Norte da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 3).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.4 Cenário 4: Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Tabela 15-4 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 4).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	**Galgamento**
Elevação do topo da brecha (m)	28.39
Elevação do fundo da brecha (m)	15.40
NA máximo atingido (m)	27.20
H_d (m)	12.99
H_b (m)	12.99
H_w (m)	11.80
V_w (m³)	4,008,967.32
Km	1.5
z	1.00
B_{ave} (m)	54.8
B_b (m)	41.82
B_t (m)	67.8
$t_{f\ calculado}$ (h)	0.82
$t_{f\ calculado}$ (min)	49.21
$t_{f\ adotado}$ (h)	0.82
$t_{f\ adotado}$ (min)	49.21
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	2.046,88
Tempo do pico do Hidrograma (min)	41,00

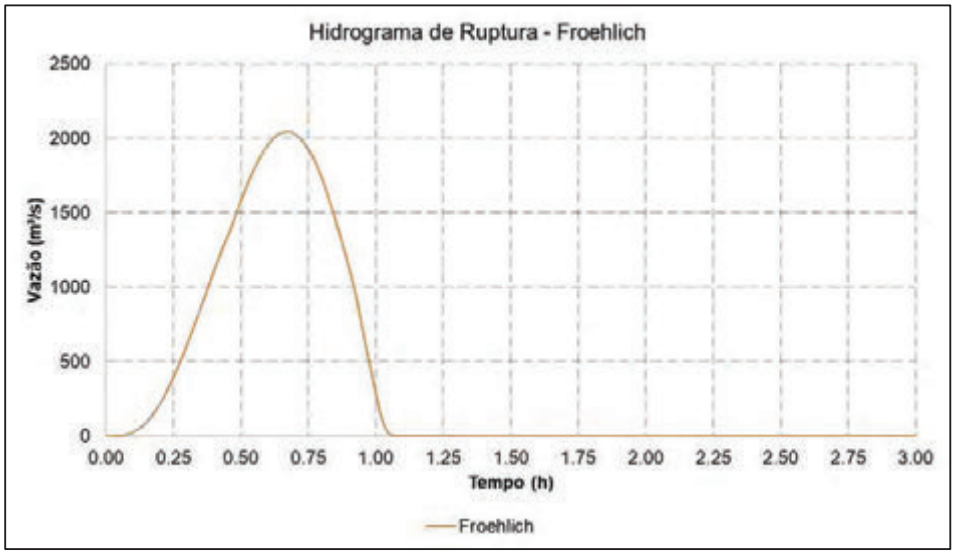


Figura 15.12 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Oeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 4).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.5 Cenário 5: Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Tabela 15-5 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 5).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	**Galgamento**
Elevação do topo da brecha (m)	28.39
Elevação do fundo da brecha (m)	24.60
NA máximo atingido (m)	27.20
H_d (m)	3.79
H_b (m)	3.79
H_w (m)	2.60
V_w (m³)	2,147,304.60
Km	1.5
z	1.00
B_{ave} (m)	44.5
B_b (m)	40.72
B_t (m)	48.3
$t_{f\ calculado}$ (h)	2.06
$t_{f\ calculado}$ (min)	123.44
$t_{f\ adotado}$ (h)	2.06
$t_{f\ adotado}$ (min)	123.44
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	172,41
Tempo do pico do Hidrograma (min)	104,0

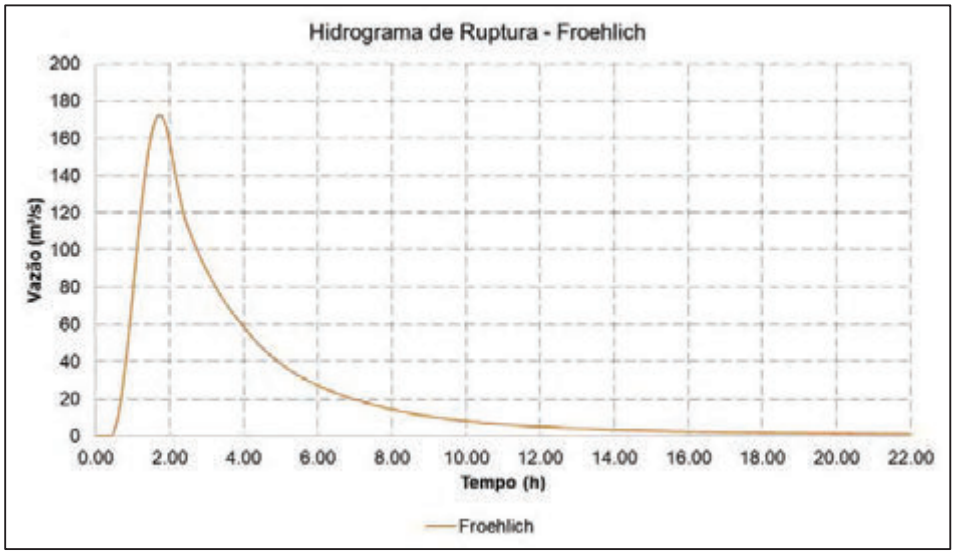


Figura 15.13 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 5).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.6 Cenário 6: Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Tabela 15-6 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 6).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	**Galgamento**
Elevação do topo da brecha (m)	28.39
Elevação do fundo da brecha (m)	22.54
NA máximo atingido (m)	27.20
H_d (m)	5.85
H_b (m)	5.85
H_w (m)	4.66
V_w (m³)	3,350,458.67
Km	1.5
z	1.00
B_{ave} (m)	51.6
B_b (m)	45.77
B_t (m)	57.5
$t_{f\ calculado}$ (h)	1.66
$t_{f\ calculado}$ (min)	99.90
$t_{f\ adotado}$ (h)	1.66
$t_{f\ adotado}$ (min)	99.90
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	433,89
Tempo do pico do Hidrograma (min)	86,00

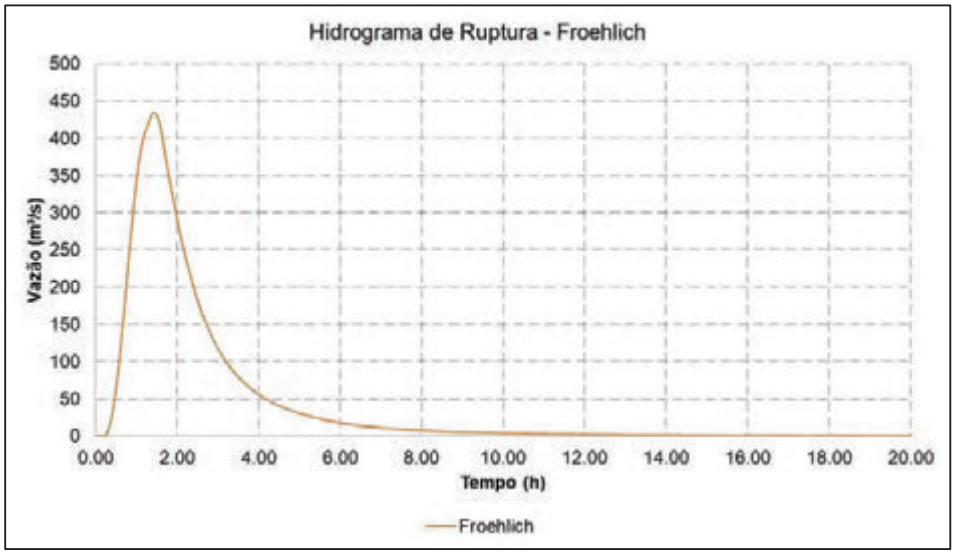


Figura 15.14 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 6).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.7 Cenário 7: Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Tabela 15-7 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 7).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	**Galgamento – Dia Chuvoso**
Elevação do topo da brecha (m)	39.40
Elevação do fundo da brecha (m)	25.55
NA máximo atingido (m)	38.22
H_d (m)	13.85
H_b (m)	13.85
H_w (m)	12.67
V_w (m³)	2,403,382.42
Km	1.5
z	1.00
B_{ave} (m)	46.2
B_b (m)	32.36
B_t (m)	60.1
EL. *Piping* (m)	-
Coeficiente do *Piping*	-
$t_{f\ calculado}$ (h)	0.60
$t_{f\ calculado}$ (min)	35.74
$t_{f\ adotado}$ (h)	0.60
$t_{f\ adotado}$ (min)	35.74
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	2.014,56
Tempo do pico do Hidrograma (min)	26,00

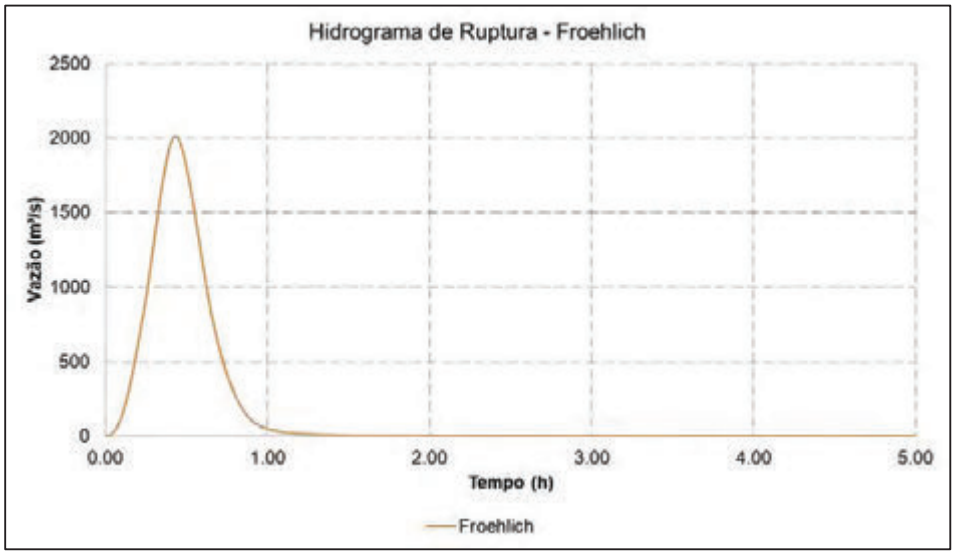


Figura 15.15 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso (Cenário 7).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.8 Cenário 8: Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por *Piping* – Dia Seco

Tabela 15-8 – Parâmetros de Brecha, considerando o Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por *Piping* – Dia Seco (Cenário 8).

Metodologia: Froehlich (2016)	
Parâmetros	***Piping* – Dia Seco**
Elevação do topo da brecha (m)	37.39
Elevação do fundo da brecha (m)	25.55
NA máximo atingido (m)	37.39
H_d (m)	11.84
H_b (m)	11.84
H_w (m)	11.84
V_w (m³)	1,946,303.34
Km	1.0
z	0.60
B_{ave} (m)	28.7
B_b (m)	21.61
B_t (m)	35.8
EL. *Piping* (m)	31.5
Coeficiente do *Piping*	0.7
$t_{f\ calculado}$ (h)	0.63
$t_{f\ calculado}$ (min)	37.62
$t_{f\ adotado}$ (h)	0.63
$t_{f\ adotado}$ (min)	37.62
Vazão Máxima de Ruptura (m³/s)	1.028,00
Tempo do pico do Hidrograma (min)	25,00

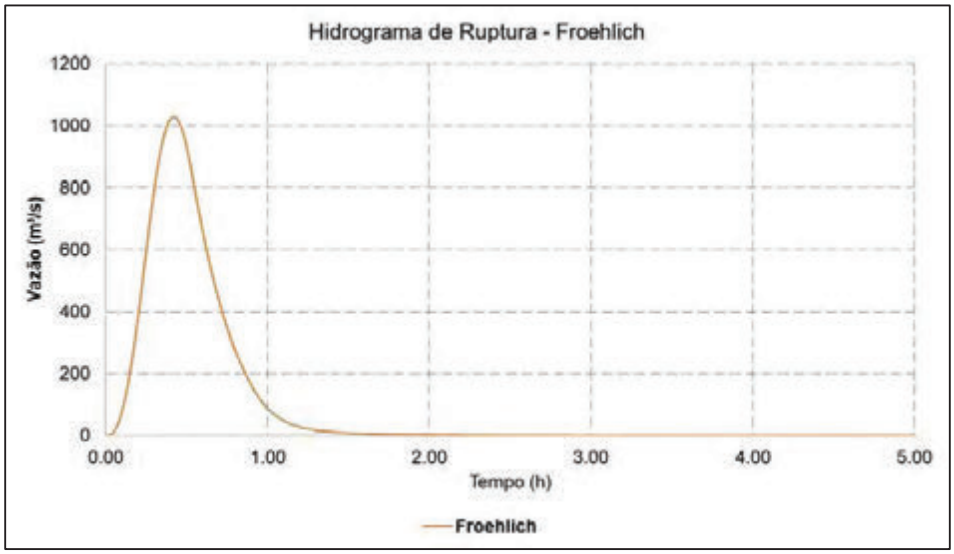


Figura 15.16 – Hidrograma de ruptura considerando o Rompimento do Maciço Sul da Barragem do Vené por *Piping* – Dia Seco (Cenário 8).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

15.1.9 Comparativo Geral dos Volumes

Conforme detalhado nos capítulos anteriores, as geometrias das brechas e os respectivos hidrogramas de ruptura foram definidos e discretizados para cada maciço e cenário analisado. A comparação dos volumes potencialmente mobilizáveis deve considerar, conjuntamente, as condições hidráulico-hidrológicas e de contorno adotadas nas simulações, as características geométricas das estruturas e a configuração topográfica das áreas situadas a jusante.

Em primeira ordem, os volumes são influenciados pela condição de modelagem. Os cenários de dia chuvoso tendem a apresentar volumes superiores aos de dia seco, em razão dos maiores níveis d'água, das maiores cargas hidráulicas e do maior volume disponível para mobilização. No cenário de ruptura em cascata, os resultados refletem a interação sequencial entre as barragens, incluindo o aporte proveniente da estrutura de montante, a evolução temporal das brechas e a propagação do escoamento entre os reservatórios. Assim, os volumes associados à ruptura em cascata não devem ser interpretados como uma simples soma dos resultados obtidos nos cenários individuais.

Ressalta-se que o volume de 13.030.417,87 m³, associado à ruptura individual da Barragem do Vené com propagação em direção à Cava, corresponde a um cenário específico e independente. Esse cenário apresenta direção de escoamento, área receptora e condições de propagação distintas daquelas consideradas no cenário de ruptura em cascata em direção à Barragem do Vené II. Consequentemente, esse volume não constitui aporte para o reservatório da Barragem do Vené II, não integra o volume total da cascata e não deve ser somado ou comparado diretamente aos volumes associados ao sistema Vené–Vené II.

Nos cenários de ruptura individual da Barragem do Vené II, as diferenças entre os volumes potencialmente mobilizáveis estão relacionadas principalmente à geometria dos maciços e à cota do terreno natural de fundação. Nas regiões correspondentes aos maciços Sul e Sudeste, o terreno natural encontra-se em cotas mais elevadas, enquanto, nas regiões dos maciços Norte e Oeste, a fundação ocorre em cotas relativamente mais baixas. Essa variação condiciona a altura efetiva do aterro, a área da seção interceptada pela brecha, a espessura do material potencialmente mobilizável e o volume do reservatório hidraulicamente conectado ao ponto de ruptura. Dessa forma, os maciços Norte e Oeste tendem a apresentar maiores volumes mobilizáveis, enquanto os maciços Sul e Sudeste apresentam valores relativamente menores.

Além do volume mobilizável, a interpretação dos resultados deve considerar o sentido preferencial de propagação do escoamento liberado pela brecha. Nos cenários associados aos maciços Norte e Oeste, a onda de ruptura tende a se propagar em direção ao Rio Thomaí. Por sua vez, nos cenários associados aos

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

maciços Sul e Sudeste, o escoamento apresenta direcionamento preferencial para o Rio Maracaçumé. Essa diferenciação decorre da configuração dos vales existentes a jusante de cada trecho da barragem, os quais condicionam naturalmente a convergência e o encaminhamento dos fluxos.

Os caminhos de propagação são determinados pelas declividades do terreno, pelos talvegues e pelas depressões topográficas que estabelecem a conexão hidráulica entre os maciços e as calhas dos respectivos rios. Tais características foram representadas no modelo por meio da topografia da área a jusante e da geometria das calhas fluviais, permitindo que o escoamento simulado seguisse os corredores naturais de drenagem. Assim, a convergência dos cenários Norte e Oeste para o Rio Thomaí e dos cenários Sul e Sudeste para o Rio Maracaçumé constitui uma resposta direta da modelagem às condições topográficas locais, e não uma direção de propagação imposta artificialmente.

A direção de propagação também influencia a distribuição espacial da inundação, os tempos de chegada, a atenuação do hidrograma, o confinamento do fluxo nos vales e as áreas potencialmente atingidas. Portanto, cenários associados a diferentes maciços e diferentes bacias de drenagem não devem ser comparados exclusivamente com base no volume total mobilizado, uma vez que volumes semelhantes podem produzir consequências distintas em função do relevo, da capacidade de condução das calhas e das características do percurso a jusante.

Esse comportamento é compatível com a configuração geométrica, topográfica e hidrográfica do local e não deve ser interpretado, isoladamente, como indicativo de maior probabilidade de ruptura ou de menor condição de segurança de determinado maciço. A comparação entre os resultados deve ser realizada somente entre simulações com condições iniciais, critérios de formação de brecha, direções de propagação e condições de contorno equivalentes. O volume total de 5.551.642,49 m³ corresponde exclusivamente às contribuições consideradas no cenário integrado de ruptura em cascata, não incluindo o cenário independente de ruptura da Barragem do Vené com propagação no sentido da Cava.

Tabela 15-9 – Comparativo de Volumes

Maciço	Ruptura (m^3)		
	Individual Vené II	Individual Vené	Cascata
Norte	3.922.246,07	13,030.417.87	3.446.409,00
Oeste	4.008.967,32	-	1.949.773,50
Sul	3.350.458,67	2,403.382.42	14.027,99
Sudeste	2.147.304,60	-	141.432,00
			5.551.642,49

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

16 BASE TOPOBATIMÉTRICA E CONFIGURAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO

Este capítulo apresenta os procedimentos adotados para a elaboração da base topo-batimétrica e para a configuração do modelo hidrodinâmico utilizado na simulação dos cenários de ruptura hipotética das **Barragens do Vené e do Vené II**. Inicialmente, são descritos os levantamentos topográficos e batimétricos utilizados, bem como os procedimentos de integração das informações espaciais, visando representar adequadamente a geometria dos reservatórios, das calhas fluviais e das áreas potencialmente sujeitas à propagação do fluxo a jusante.

Posteriormente, são apresentados os critérios empregados na definição do domínio computacional, da discretização espacial por meio da malha numérica e dos parâmetros hidráulicos e computacionais adotados nas simulações realizadas no software RiverFlow2D®. Também são descritos os critérios de controle numérico e encerramento das simulações, buscando assegurar estabilidade computacional, conservação de massa e representatividade física dos resultados obtidos.

A utilização de uma base topo-batimétrica integrada e atualizada permite avaliar o comportamento do escoamento ao longo do vale a jusante, incluindo o tempo de chegada das ondas de cheia, as profundidades máximas de inundação, as velocidades médias de fluxo e os limites espaciais das manchas de inundação. Tais informações subsidiam a avaliação de riscos potenciais, a definição das Zonas de Autossalvamento (ZAS) e a validação dos cenários de emergência apresentados nos respectivos PAEBMs.

16.1 BASE TOPO ALTIMÉTRICA

Em atendimento à NBR 17.188/2024, que estabelece as diretrizes para a elaboração de estudos de ruptura de barragens, incluindo a obrigatoriedade de levantamentos topográficos e topobatimétricos dos reservatórios, de seus entornos e dos cursos d'água a jusante, a **MASA** providenciou os referidos levantamentos, que subsidiaram as análises desenvolvidas neste estudo. Esses dados foram fundamentais para a definição do modelo geométrico e exerceram influência direta nos resultados obtidos nas simulações hidrodinâmicas apresentadas neste documento.

Em 2025, MASA providenciou o levantamento atualizado com áreas complementares incorporada a base de 2024 propiciando uma abrangência em suficiência para elaboração do estudo aqui apresentado.

O levantamento aerofotogramétrico e laser que serviu de base para a elaboração do modelo digital de terreno (MDT) e do modelo digital de superfície (MDS) da área das **Barragens do Vené e Vené II** foi executado pela empresa Aerosat Engenharia e Aerolevantamentos Ltda., contratada pela CMOC – Mineração Aurizona S.A. (MASA), conforme relatórios técnicos de 2024 e 2025.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os levantamentos foram realizados por meio de aerofotografia digital de alta resolução (GSD de 5,5 a 10 cm) e perfilamento a laser (LiDAR aerotransportado), abrangendo toda a área de influência direta e indireta das estruturas. As campanhas de voo ocorreram entre agosto de 2024 e agosto de 2025, empregando as aeronaves Sêneca V (Piper PR-TJM) e Sêneca III (Embraer PT-VBA), ambas homologadas pela ANAC e equipadas com sistemas GPS/IMU Applanix e câmeras PhaseOne de 100 megapixels.

O perfilamento laser foi executado com o sistema Riegl LMS-Q780/Q780 II, com densidade média de 4 pontos por metro quadrado, o que assegurou excelente detalhamento das feições topográficas, incluindo vales, canais naturais, talvegues e áreas de planície de inundação. Os dados foram processados nos softwares RiProcess e Trimble Inpho, integrando informações de navegação GNSS/inercial para geração de nuvem de pontos (formato LAS), curvas de nível (equidistância de 1 m) e ortofotos georreferenciadas.

A **Figura 16.1** e a **Figura 16.2** ilustram o plano de voo gráfico referente a região do Rio Tromaí e do Rio Maracaçumé respectivamente.



Figura 16.1 – Plano de Voo Gráfico referente a região do Rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

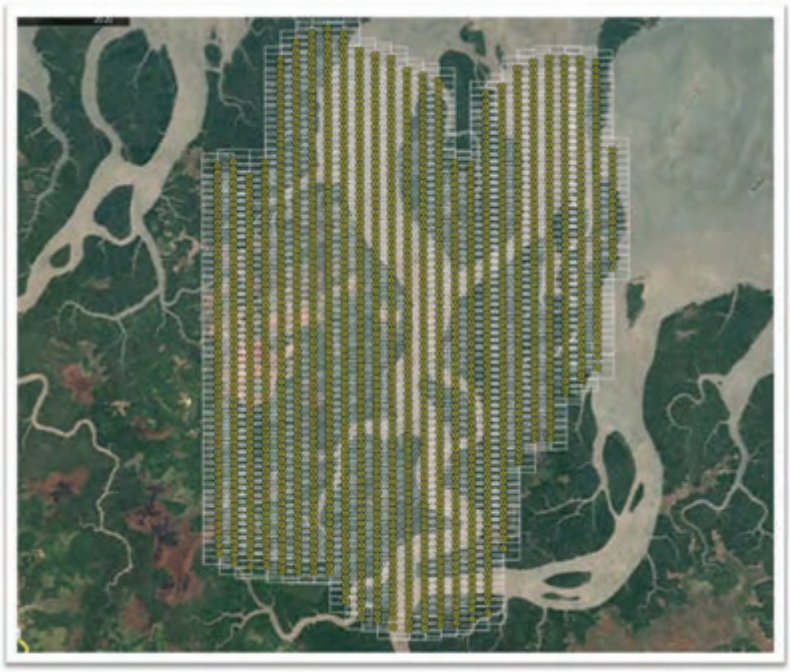


Figura 16.2 – Plano de Voo Gráfico referente a região do Rio Maracaçumé.

Todos os produtos foram referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SIRGAS 2000 / UTM Fuso 23S) e ao datum vertical de Imbituba-SC, atendendo aos padrões de precisão planimétrica e altimétrica estabelecidos pela PEC Classe A. A etapa de controle de qualidade comprovou erros médios inferiores a 0,10 m em planimetria e 0,20 m em altimetria, resultando em um MDT de alta acurácia, utilizado na construção da base topoaltimétrica do modelo hidrodinâmico RiverFlow 2D® para o estudo de ruptura hipotética das **Barragens do Vené e Vené II**.

A **Figura 16.3** e a **Figura 16.4** ilustram a extensão do modelo digital de terreno (MDT) do vale de jusante do Rio Tromaí e do Rio Maracaçumé respectivamente.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

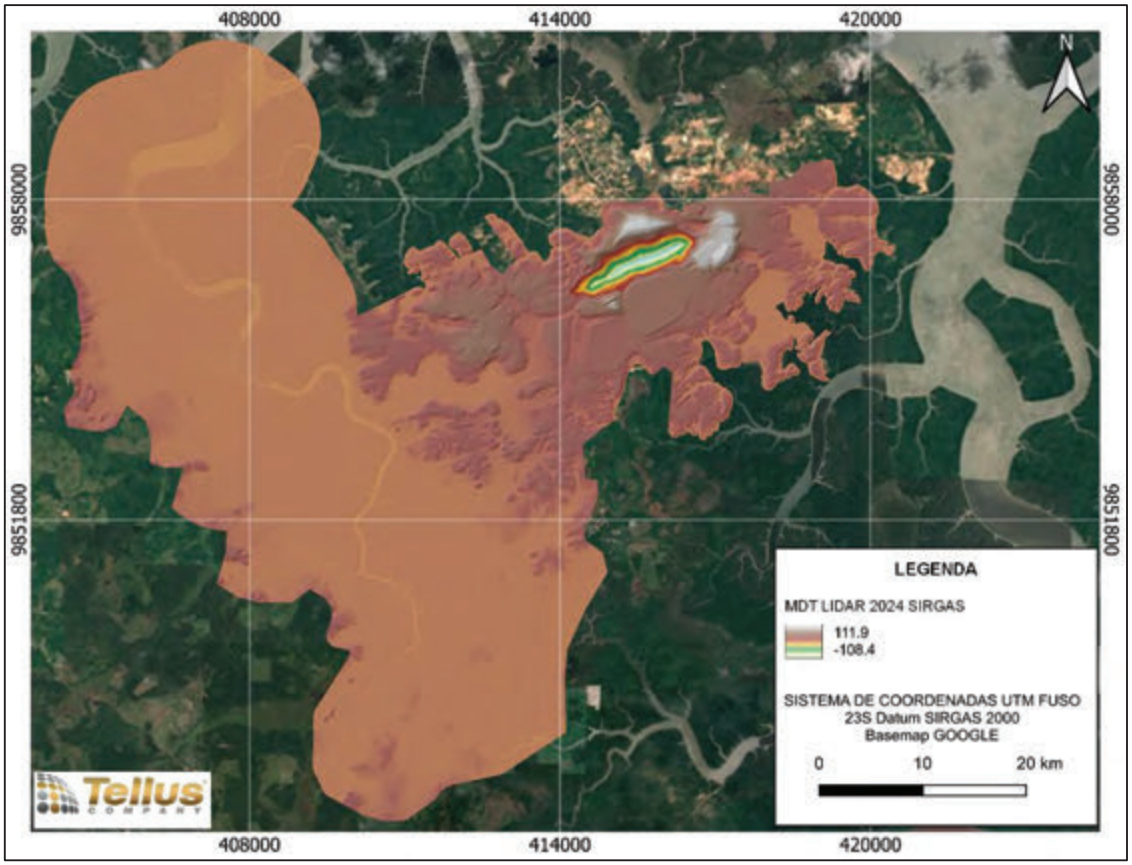


Figura 16.3 – Extensão do Modelo Digital de Terreno do vale de jusante do Rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

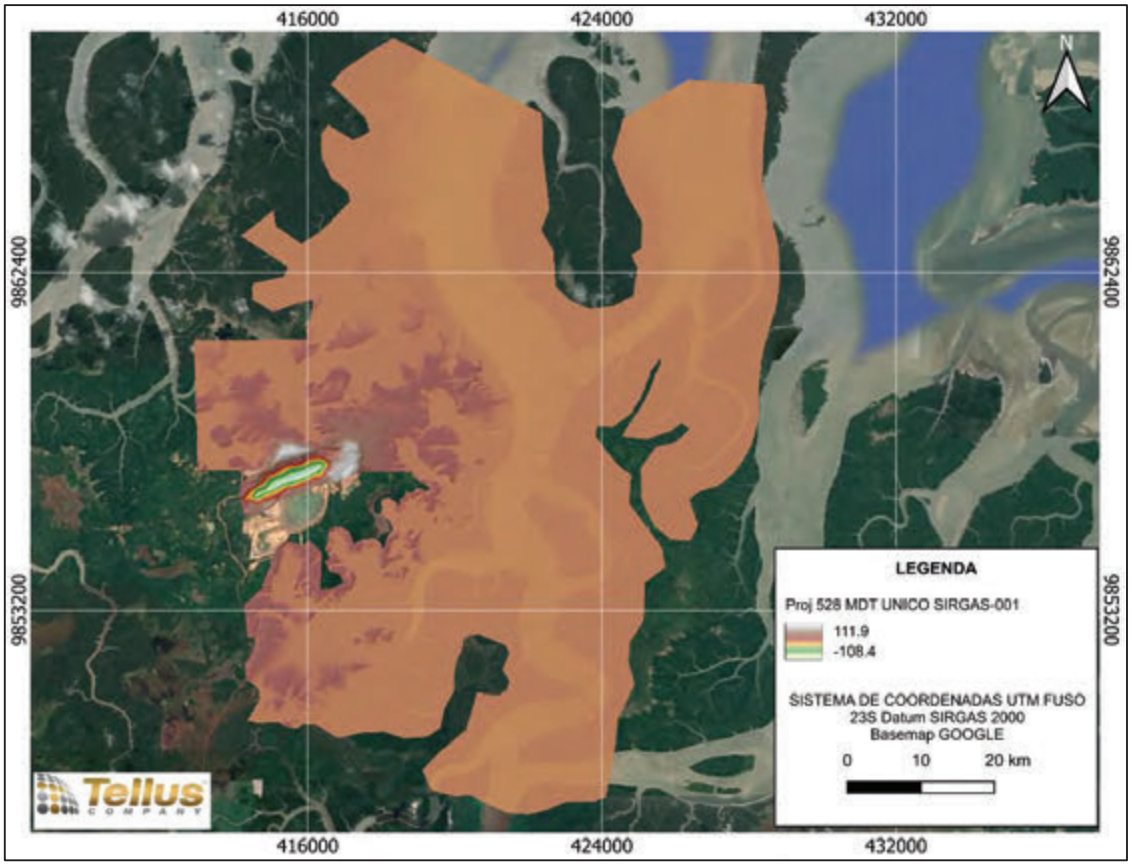


Figura 16.4 – Extensão do Modelo Digital de Terreno do vale de jusante do Rio Maracaçumé.

16.1.1 Batimetria da Calha a Jusante

O levantamento batimétrico que subsidiou a representação das seções alagadas e o detalhamento das calhas fluviais associadas à **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II** foi executado pela empresa Otinga Engenharia e Consultoria de Projetos, sob contrato com a Mineração Aurizona S.A. (MASA), conforme o Relatório Técnico RT_OTINGA_RT001/25 – Levantamento Hidrográfico dos Rios Tromaí e Maracaçumé (setembro de 2025). Tal levantamento abarcou as calhas de ambos os rios, viabilizando de forma satisfatória a avaliação aqui apresentada.

A **Figura 16.5** e a **Figura 16.6** ilustram as seções transversais consideradas no levantamento batimétrico dos rios Tromaí e Maracaçumé respectivamente.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

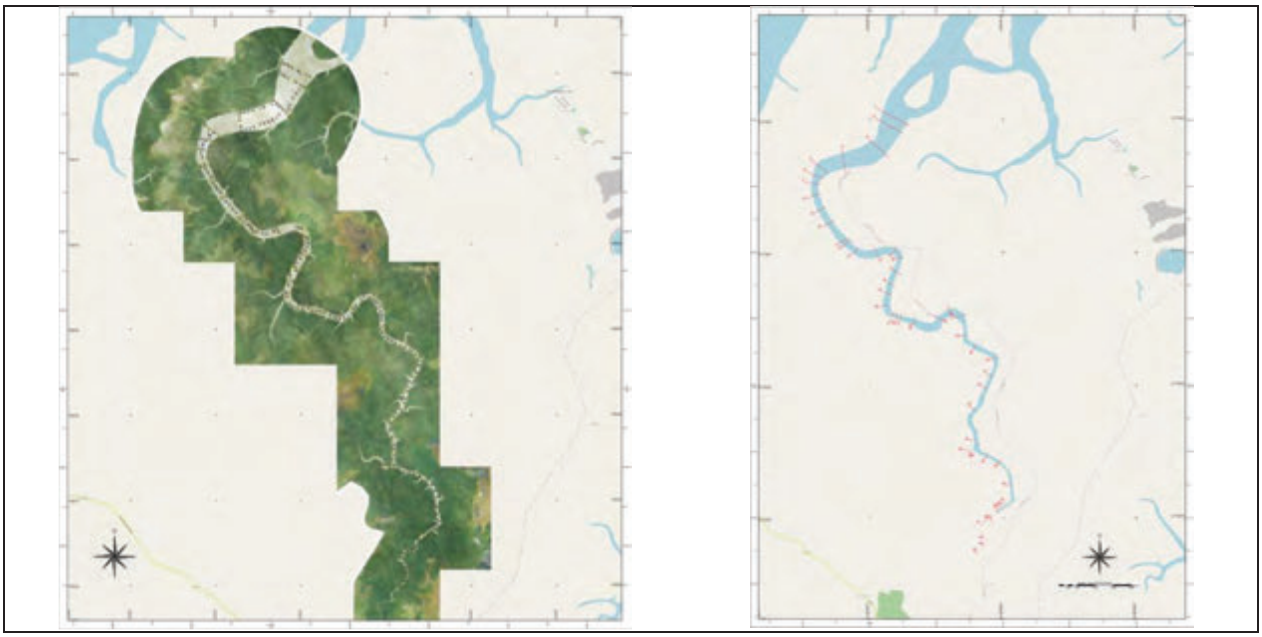


Figura 16.5 – Seções transversais consideradas no levantamento batimétrico do Rio Tromaí.

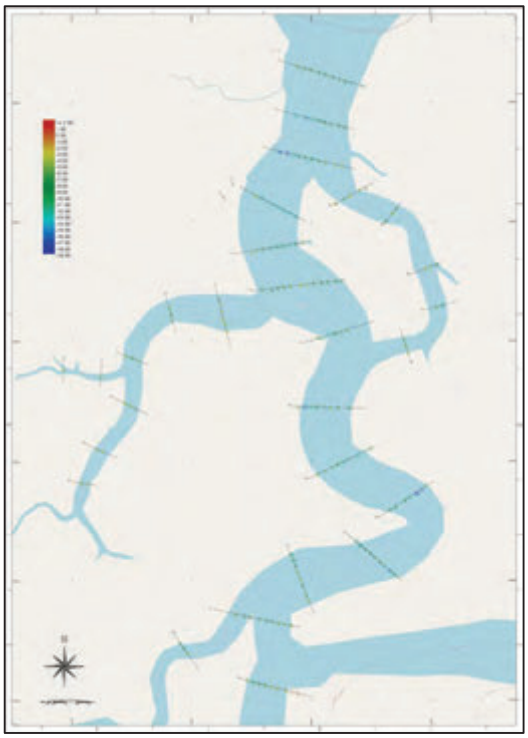


Figura 16.6 – Seções transversais consideradas no levantamento batimétrico do Rio Maracaçumé.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

As atividades de campo compreenderam a aquisição de dados batimétricos monofeixe, o monitoramento do nível d'água com apoio de GNSS RTK, estação total e nível digital, além do processamento e integração dos dados em ambiente CAD/GIS. Os trabalhos foram realizados entre 29 de agosto e 5 de setembro de 2025, abrangendo os trechos de influência direta das barragens, em especial os Rios Tromaí e Maracaçumé, que compõem a região de propagação das ondas de ruptura.

A coleta de dados foi conduzida com ecobatímetro ER-1 (frequência de 200 kHz e precisão de 0,1% da profundidade) acoplado a receptor DGPS SMART2™ Novatel, garantindo posicionamento submétrico e rastreabilidade geodésica. O software Hypack 2024 foi empregado para controle de rotas e aquisição contínua em seções transversais pré-planejadas, assegurando cobertura homogênea e redundância de leituras.

Os dados foram processados e referenciados ao sistema SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S, com correção vertical baseada nas leituras de nível d'água obtidas em campo. O produto final resultou na geração de modelos batimétricos (arquivos XYZ e superfícies interpoladas) compatíveis com a base topoaltimétrica (MDT/MDS) e integrados ao Modelo Numérico do Terreno (MNT) utilizado nas simulações hidrodinâmicas do *software* RiverFlow 2D®.

O levantamento batimétrico foi executado em conformidade com as diretrizes da NORMAM 501/DHN (2023) – Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos, e atendeu aos critérios de Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) Classe A, conforme a Instrução Técnica do Exército Brasileiro (DSG, 2021). O controle de qualidade indicou erros médios inferiores a 0,10 m em planimetria e 0,15 m em altimetria, assegurando confiabilidade e precisão compatíveis com os requisitos da Resolução ANM nº 95/2022 e alterações posteriores.

16.1.2 Levantamento topográfico Cava do Piaba

Para a região da Cava do Piaba, localizada na porção norte da área de influência direta da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**, foi considerado o levantamento topográfico mais recente, denominado FOOTWALL 29-09-2025.dwg, executado pela equipe de topografia da Mineração Aurizona S.A. (MASA). Esse levantamento foi conduzido com estação total robotizada e GNSS RTK de dupla frequência, integrando o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S.

Os dados do levantamento topográfico da Cava do Piaba (FOOTWALL 29-09-2025.dwg) foram utilizados para substituir os dados topográficos do aerolevantamento, garantindo maior fidelidade geométrica às condições atuais do terreno. A atualização permitiu corrigir variações de cota associadas ao avanço da lavra

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

e à escavação de plataformas de drenagem, assegurando a consistência topográfica entre a cava, os taludes adjacentes e o reservatório da **Barragem do Vené**.

A **Figura 16.7** ilustra o Levantamento topográfico considerado da Cava do Piaba considerado (FOOTWALL 29-09-2025.dwg).

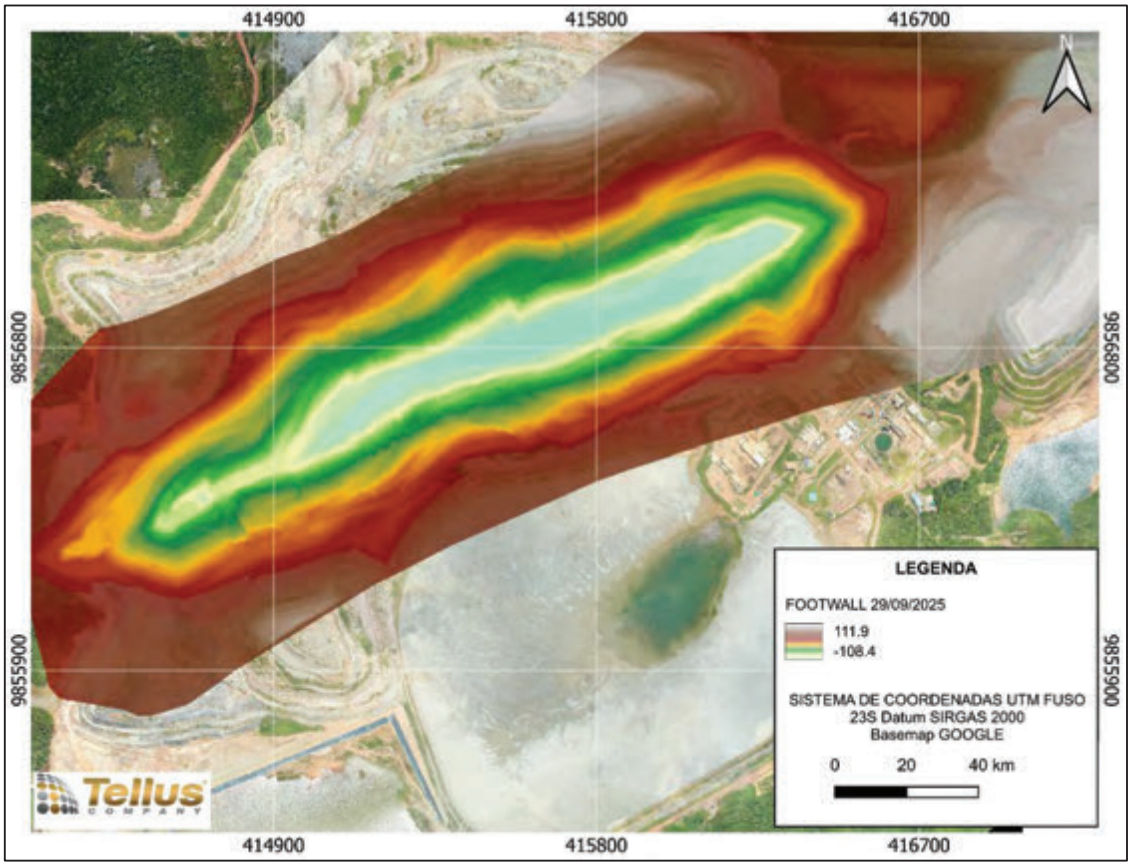


Figura 16.7 – Levantamento topográfico considerado da Cava do Piaba (FOOTWALL 29-09-2025.dwg).

16.1.3 Integração Topo-Batimétrica

O Modelo Digital de Terreno (MDT) final utilizado nas simulações hidrodinâmicas do RiverFlow 2D foi obtido a partir da integração de diferentes bases altimétricas e batimétricas, consolidando um mosaico contínuo e coerente de toda a área de influência das **Barragens do Vené e Vené II**.

O mosaico foi gerado combinando:

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

- os dados aerofotogramétricos e LiDAR aerotransportados de alta resolução, responsáveis pela caracterização das feições topográficas em superfície;
- os levantamentos batimétricos realizados nos Rios Tromaí e Maracaçumé, que complementaram o relevo submerso e as seções das calhas fluviais; e
- o levantamento topográfico da Cava do Piaba – FOOTWALL (29/09/2025), que representou a condição geométrica mais atualizada da porção norte do domínio, onde ocorre a interação entre o talude da cava e a **Barragem do Vené**.

A **Figura 16.8** ilustra o MDT final obtido a partir da composição de toda a base topo-altimétrica disponibilizada.

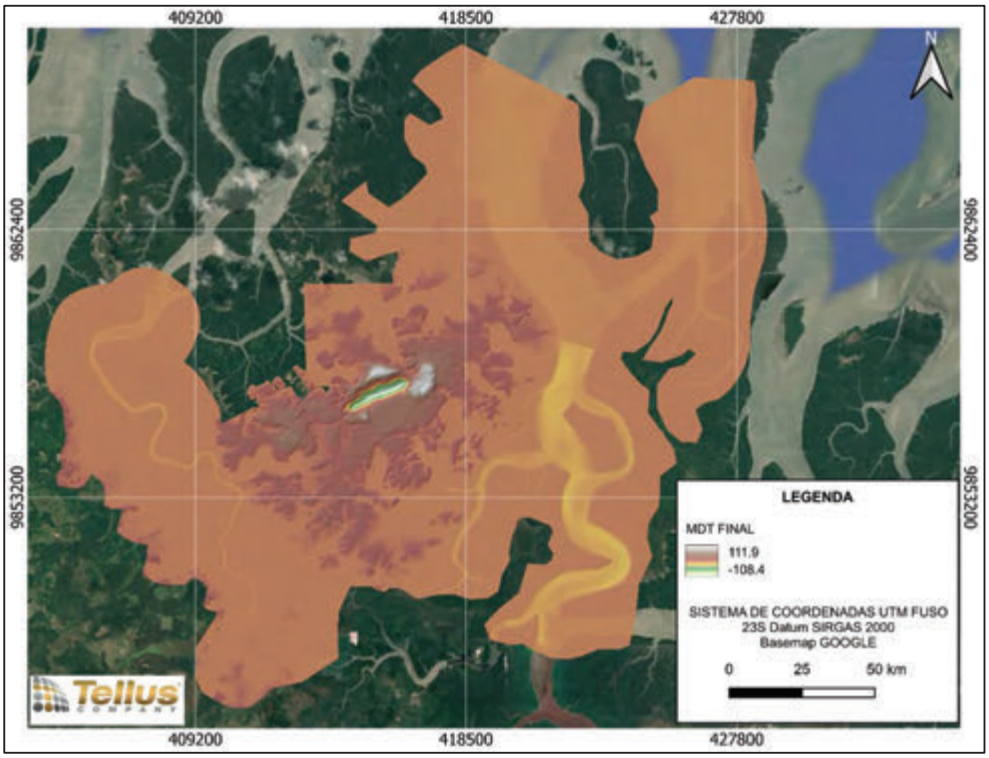


Figura 16.8 – Modelo Digital de Terreno (MDT) final, obtido a partir dos levantamentos considerados.

Com a integração das bases topográficas apresentadas, foi possível representar satisfatoriamente as áreas de impacto e de interesse do estudo de ruptura hipotética de ambas as estruturas. Na modelagem, as variações topográficas do relevo das áreas levantadas, incluindo vales, planícies e colinas, foram

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

incorporadas aos modelos, o que permitiu identificar com maior fidelidade os trajetos mais realísticos para o escoamento das manchas de inundação decorrentes da ruptura.

16.2 DESCRIÇÃO DO TRECHO DE PROPAGAÇÃO – VALE DE JUSANTE

O trecho de propagação considerado na modelagem hidrodinâmica abrange as áreas a jusante da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**, ambas localizadas no município de Godofredo Viana, região leste do estado do Maranhão (MA). A região do vale a jusante possui dois rios que podem ser impactados pela mancha de inundação, Rio Tromaí e Rio Maracaraçumé.

A área integra a bacia hidrográfica do Rio Tromaí, na região sudoeste às estruturas, e a Bacia do Rio Maracaçumé, na região sudeste às estruturas.

A propagação da onda de cheia percorre predominantemente vales encaixados, formados por canais naturais de drenagem e planícies de inundação adjacentes, atravessando áreas de vegetação, áreas alagadas, pequenas propriedades rurais e vias de acesso internas da MASA. O uso e ocupação do solo foram definidos a partir do mapeamento automático do MapBiomas Brasil (Coleção 8, 2024), com ajustes manuais nos trechos de maior detalhamento hidráulico, permitindo a atribuição precisa dos coeficientes de rugosidade de Manning (n) empregados no modelo RiverFlow 2D®.

As características geomorfológicas e altimétricas da área foram obtidas a partir da integração do levantamento aerofotogramétrico LiDAR (2024–2025), da batimetria dos Rios Tromaí e Maracaçumé (Otinga Engenharia, 2025) e do levantamento topográfico FOOTWALL – Cava do Piaba (29/09/2025), compondo o Modelo Digital de Terreno (MDT) final utilizado no domínio computacional. Essa base permitiu representar o relevo, a conectividade entre as calhas fluviais e o comportamento hidráulico do vale a jusante.

A **Figura 16.9** apresenta a distribuição espacial do uso e ocupação do solo e a delimitação das bacias hidrográficas associadas a **Barragem do Vené** e a **Barragem do Vené II**. O mapeamento foi elaborado a partir da base do MapBiomas Brasil, Coleção 8 (2024), ajustado manualmente nos trechos de drenagem principais e compatibilizado com o Modelo Digital de Terreno (MDT) final utilizado na simulação hidrodinâmica.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

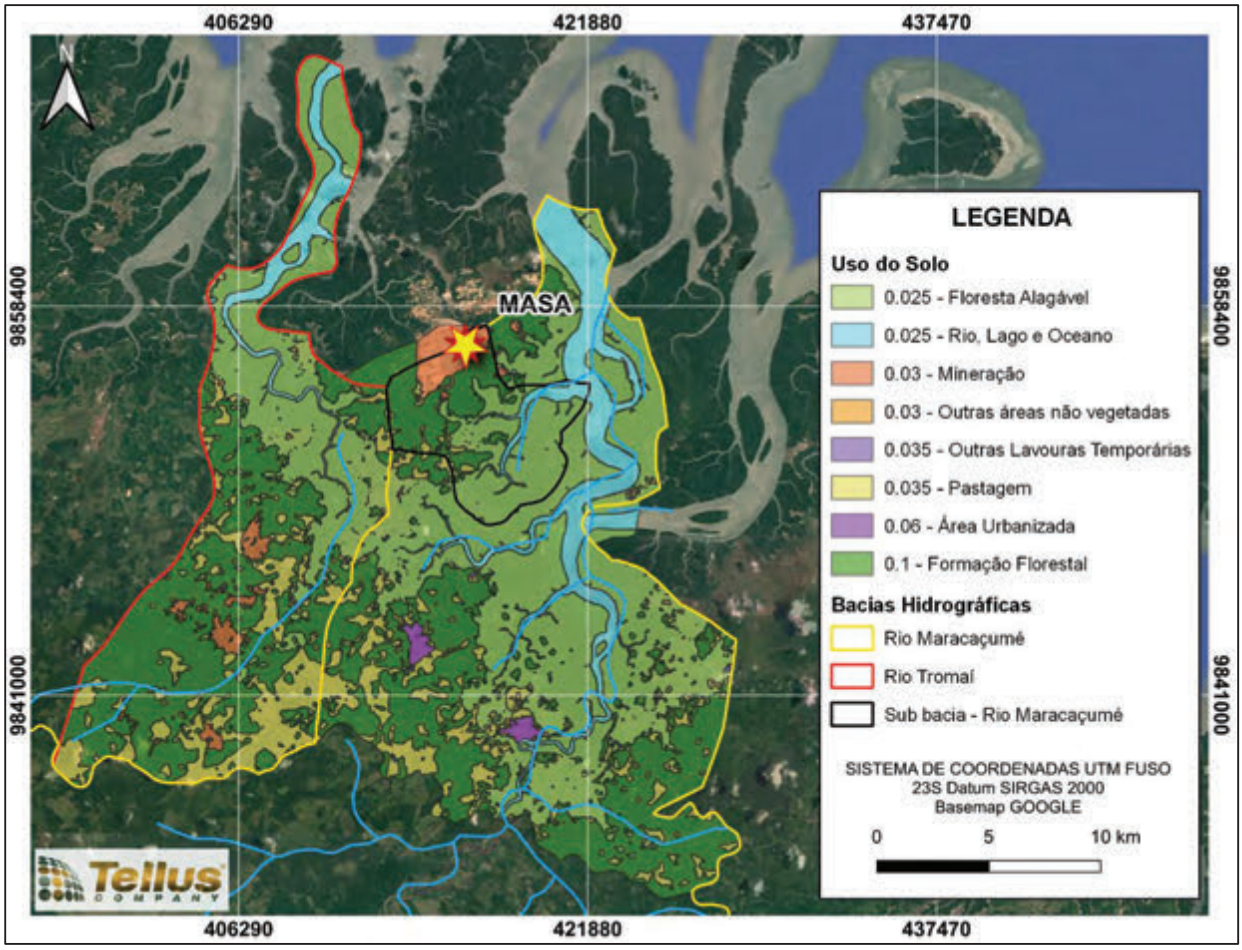


Figura 16.9 – Uso e ocupação do solo no vale de jusante, juntamente com os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning.

Os coeficientes de rugosidade de Manning (n) foram definidos com base nos valores médios recomendados por Chow (1988), ajustados de acordo com as características de uso e cobertura do solo identificadas na área de propagação. Esses parâmetros representam a resistência ao escoamento superficial e influenciam diretamente a dissipação de energia e a velocidade das ondas de cheia no modelo hidrodinâmico.

A **Tabela 16-1** apresenta os valores de rugosidade de Manning adotados para cada classe de uso do solo considerada nas simulações.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 16-1 – Coeficientes de rugosidade de Manning utilizados (CHOW, 1988).

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	VALORES ADOTADOS DE MANNING
Formação Florestal	0,100
Formação Savânica	0,070
Formação Campestre	0,045
Pastagem	0,035
Mosaico de Usos	0,040
Área Urbana	0,060
Área Não Vegetada	0,030
Mineração	0,030
Rios e Lagos	0,025

16.3 PARÂMETROS DA MALHA DA SIMULAÇÃO– RIVERFLOW 2D

A simulação da propagação do material no cenário avaliado foi conduzida por meio do software RiverFlow 2D®, desenvolvido pela Hydronia LLC, versão 8.13. Trata-se de um modelo numérico bidimensional de volumes finitos, capaz de representar de forma integrada os processos hidrológicos e hidráulicos associados à ruptura e propagação de barragens. O código computacional resolve as equações de Saint-Venant bidimensionais, em regime não permanente, permitindo a análise detalhada do escoamento superficial, da interação entre fluxos e da dissipação de energia ao longo do vale a jusante.

O modelo utiliza uma malha não estruturada composta por células triangulares, o que garante maior flexibilidade geométrica e adequação às feições complexas do terreno, como canais naturais, taludes e planícies de inundação. Para o presente estudo, adotaram-se tamanhos de célula variáveis, ajustados conforme a complexidade topográfica e a necessidade de refinamento local, conforme apresentado na **Tabela 16-2**, para os cenários de rompimento sentido o Rio Tromaí e na **Tabela 16-3**, para os cenários de rompimento sentido Rio Maracaçumé. Essa configuração assegurou o equilíbrio entre precisão numérica e eficiência computacional, possibilitando a representação realista da propagação da onda de ruptura ao longo do domínio modelado.

Tabela 16-2 – Parâmetros da malha utilizada na modelagem.

PARÂMETROS	VALORES
Tamanho máximo das células (m)	35,860
Tamanho mínimo das células (m)	0,605
Tamanho médio das células (m)	4,548
Número de células	4092929
Área de malha (km²)	42,3

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

PARÂMETROS	VALORES
Duração total da simulação (horas)	15
Intervalo temporal para apresentação dos resultados (min)	5

Tabela 16-3 – Parâmetros da malha utilizada na modelagem.

PARÂMETROS	VALORES
Tamanho máximo das células (m)	35,90
Tamanho mínimo das células (m)	1,51
Tamanho médio das células (m)	3,62
Número de células	9771274
Área de malha (km²)	64,0
Duração total da simulação (horas)	20
Intervalo temporal para apresentação dos resultados (min)	5

A malha foi refinada ao longo do sentido de escoamento da mancha e nas calhas dos rios, utilizando-se *MeshBreakLines* para garantir tamanho mínimo de célula de 3 m nessas regiões, aumentando o detalhamento nas áreas mais impactadas e consequentemente agregando maior robustez técnica ao modelo. A malha não estruturada apresentou boa adaptação ao relevo e às feições do vale a jusante, com tamanhos de célula variando entre 0,6 m e 35 m no cenário voltado ao Rio Tromaí, e entre 1,5 m e 35,9 m no cenário voltado ao Rio Maracaçumé, assegurando equilíbrio entre refinamento local e eficiência computacional. O passo de tempo (Δt) foi ajustado automaticamente, mantendo o número de Courant (CFL) igual a 1, condição ideal para a estabilidade numérica e conservação de massa durante as simulações.

16.4 CRITÉRIO DE PARADA

Em comprimento a norma NBR 17.188/2024 e as diretrizes *Federal Emergency Management Agency* (FEMA, 2013), o critério de parada foi estabelecido considerando a sobrelevação máxima de 2 pés (0,61 m) em relação ao nível d'água associado à vazão natural de base, e considerando o limite do levantamento batimétrico das calhas dos rios a jusante.

17 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados das simulações hidrodinâmicas realizadas para os diferentes cenários de ruptura considerados para as barragens do Vené e do Vené II. As análises contemplam ambos os reservatórios, conforme as condições, hipóteses e critérios de modelagem detalhados ao longo deste relatório.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

De forma geral, os resultados numéricos das simulações são apresentados em formato tabular neste capítulo. Os respectivos mapas de inundação encontram-se reunidos no **Apêndice B**, enquanto as representações gráficas dos principais parâmetros hidrodinâmicos são apresentadas no **Apêndice C**. Essa organização permite a avaliação integrada dos resultados e atende aos requisitos aplicáveis da Resolução ANM nº 95/2022 e da ABNT NBR 17188:2024.

Especificamente para o Cenário 2, correspondente à ruptura com propagação em direção à Cava do Piaba, os resultados foram avaliados por meio de pontos de observação. Essa abordagem foi adotada em razão da condição hidráulica particular desse cenário, na qual o volume mobilizado pela ruptura permanece confinado no interior da cava, sem o estabelecimento de um eixo preferencial de propagação do escoamento e sem continuidade da onda para jusante.

Nesse cenário, considerando o direcionamento integral do volume mobilizado para o interior da Cava do Piaba, bem como a capacidade volumétrica disponível nessa estrutura, comprovadamente suficiente para acomodar a totalidade dos rejeitos e fluidos transportados pela onda de inundação, não se verifica, ao término da simulação hidrodinâmica, o retorno da superfície inundada à condição topográfica original. Isso ocorre porque o volume permanece armazenado no interior da cava, caracterizando uma condição de contenção volumétrica, e não de escoamento propagante ao longo de uma planície de inundação.

Dessa forma, o critério usual de retorno da mancha de inundação à condição inicial, utilizado para definição espacial e temporal da duração da fase crítica, não é tecnicamente aplicável ao Cenário 2. Embora o Art. 6º, § 1º, da Resolução ANM nº 95/2022 preveja a apresentação dos produtos associados à fase crítica da inundação, a elaboração de um mapa específico para esse parâmetro, neste caso, não representaria de forma tecnicamente adequada o comportamento hidrodinâmico simulado, uma vez que não há propagação espacial progressiva da mancha nem formação de uma zona de inundação com dinâmica típica de escoamento.

Assim, para esse cenário específico, a determinação da duração da fase crítica foi realizada com base na análise dos resultados da modelagem hidrodinâmica transiente, a partir dos pontos de observação definidos no interior da cava. A fase crítica foi entendida como o intervalo temporal em que a onda de ruptura permanece hidrodinamicamente ativa, iniciando-se com a chegada da frente de onda à Cava do Piaba e encerrando-se no instante em que os parâmetros hidráulicos de controle, notadamente vazão e velocidade de escoamento, passam a apresentar valores residuais, sem capacidade significativa de propagação adicional do fluxo.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Diante desse comportamento hidráulico, não foi elaborado mapa específico de duração da fase crítica para o Cenário 2. Ressalta-se que essa decisão não decorre de ausência de avaliação do parâmetro, mas sim de uma opção técnica fundamentada, compatível com a natureza do cenário modelado. A avaliação quantitativa da fase crítica foi devidamente realizada por meio da modelagem transiente e apresentada em tabela, sendo esse o formato mais adequado e tecnicamente defensável para representar os resultados de um cenário em que o volume permanece integralmente confinado no interior da cava.

17.1 Cenário 1 - Rompimento da Barragem Vené (maciço oeste) em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso

Para o Cenário 1, foram inseridas 25 seções transversais ao longo do trecho de propagação da onda de inundação a jusante dos maciços norte e oeste da **Barragem do Vené** sentido rio Tromaí, e 6 seções transversais a jusante dos maciços sul e sudeste da **Barragem do Vené** sentido rio Maracaçuné, conforme ilustrado na **Figura 17.1**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

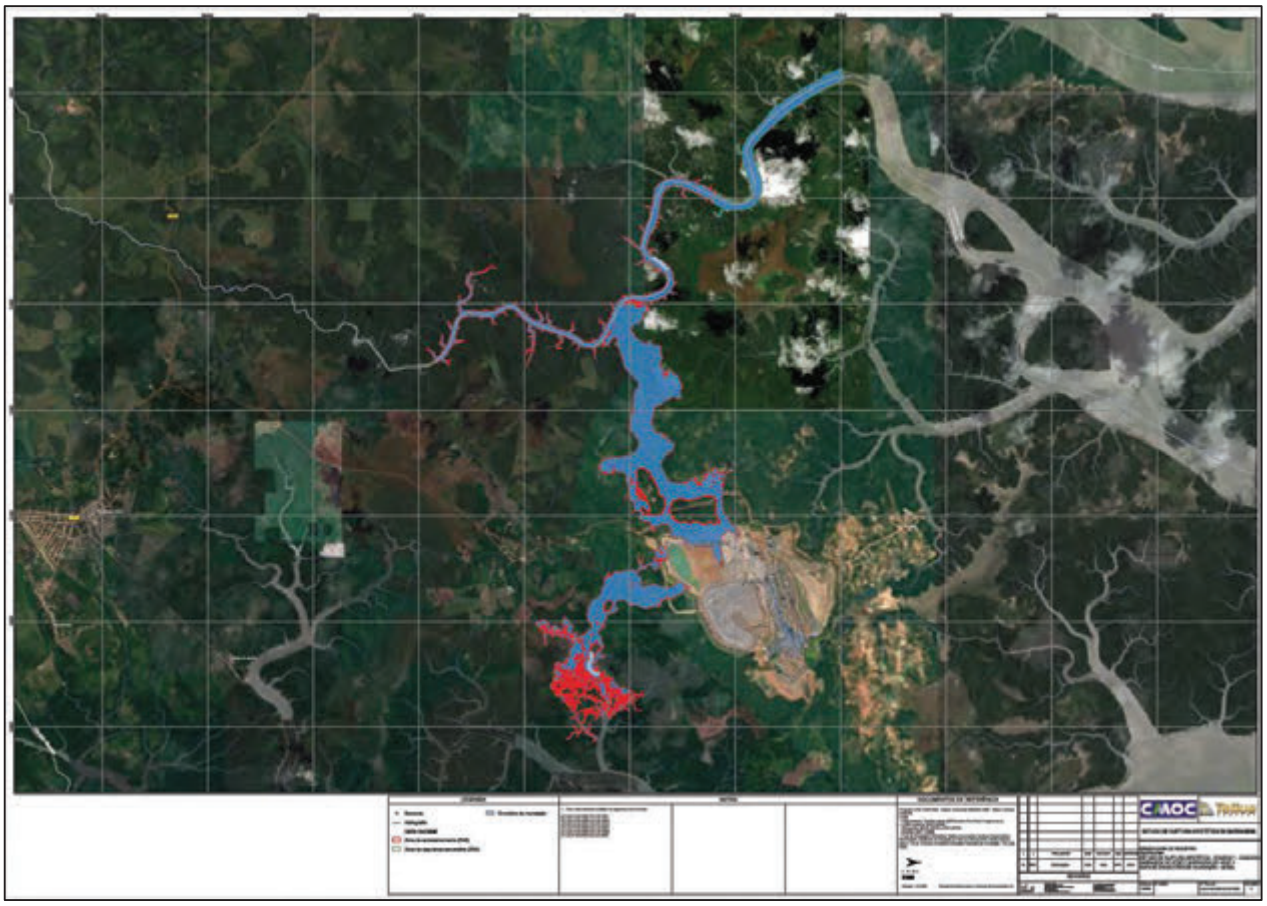


Figura 17.1 – Envoltória de inundação para o Cenário 1 (TL25-0149-0000-EG-DE-0000).

O Cenário 1 está associado a uma cheia severa com período de retorno de 100 anos (TR = 100 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos a jusante da **Barragem do Vené II** bem como a área potencialmente impactada. A **Tabela 17-1** reúne os resultados obtidos para cada seção transversal (ST) analisada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-1 – Resultado das seções transversais para o cenário 1 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené II.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m³/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-01	0.93	8.84	11.39	6.26	0.37	1677	00:21:06	00:21:19	01:36:54	6
ST-02	1.75	8.09	5.37	5.07	0.63	1226	00:21:14	00:21:27	01:36:45	6
ST-03	2.52	5.49	4.2	4.46	2.16	1223	00:21:22	00:21:34	01:36:37	6
ST-04	3.54	3.62	2.4	1.71	2.09	1103	00:21:35	00:21:49	00:25:15	6
ST-05	4.49	3.16	1.81	21.38	1.68	911.9	00:21:46	00:22:04	01:36:14	5
ST-06	5.23	0.98	3.41	21.32	3.07	819.5	00:21:57	00:22:15	01:36:03	6
ST-07	6.66	-1.89	3.56	9.73	1.77	581.9	00:22:14	00:23:04	00:24:42	6
ST-08	7.47	-3.5	4.96	1.01	1.47	575.4	00:22:15	00:23:07	00:24:18	6
ST-09	8.54	-2.44	3.7	0.95	1.51	542.7	00:22:19	00:23:12	00:24:06	6
ST-10	9.47	-3.67	4.79	0.89	1.21	542	00:22:25	00:23:18	00:23:42	6
ST-11	10.35	-3.45	4.49	0.85	1.13	519.2	00:22:35	00:23:19	00:23:22	6
ST-12	11.47	-4.36	5.37	1.48	0.69	507.8	00:22:41	00:23:25	00:23:16	6
ST-13	12.46	-4.92	5.86	1.25	0.84	492	00:22:49	00:23:33	00:22:52	6
ST-14	13.45	-3.01	3.9	1.15	1.19	480	00:22:57	00:23:36	00:22:33	5
ST-15	14.45	-4.46	5.3	1.04	0.84	468.9	00:23:04	00:23:45	00:22:16	6

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m^3/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-16	0.04	17.21	6.96	2.39	5.64	594.8	00:21:00	00:21:05	01:36:54	6
ST-17	1.08	3.49	0.93	2.43	2.52	474.8	00:21:09	00:21:14	00:21:27	5
ST-18	2.22	1.6	2.26	2.49	1.86	150.2	00:21:24	00:21:33	01:36:35	5
ST-19	3.11	1.44	1.58	0.8	1.44	45.23	00:21:49	00:22:06	01:36:13	5
ST-20	3.77	1.88	0.95	0.62	0.83	18.21	00:22:40	00:23:00	01:27:40	5
ST-21	4.48	1.36	0.36	0.58	0	0.1576	NA*	00:25:03	00:21:00	2
ST-22	0.12	7.2	1.41	20.46	0.04	285.8	00:21:00	00:21:06	00:21:13	6
ST-01R	0.81	12.86	8.35	3.61	0.5	138.5	00:21:06	00:21:12	01:36:54	6
ST-02R	1.75	12.31	1.95	0.04	0.07	12.63	00:21:24	00:21:27	01:36:49	4
ST-03R	0.70	10.82	10.54	0.02	7.69	1260	00:21:00	00:21:07	01:36:59	6
ST-04R	1.34	15.56	5.72	0.07	1.44	677.4	00:21:07	00:21:16	00:22:58	6
ST-04 AR	2.34	8.96	3.32	0.04	2.05	327.8	00:21:19	00:21:30	01:36:40	5
ST-08R	6.86	-2.42	4.76	3.06	0.8	212.5	00:21:00	00:24:05	00:24:46	6

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m³/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-07R	7.92	-2.8	5.18	2.83	0.53	186.4	00:21:00	00:24:09	00:24:22	6
ST-06R	8.86	-1.12	3.55	4.72	0.24	171	00:21:00	00:24:04	00:23:49	5
ST-05R	9.89	-1.14	3.63	3.89	0.59	163.1	00:21:00	00:21:08	00:22:54	5
*NA refere-se às seções transversais em que a onda de ruptura não supera 0,61m em relação a profundidade máxima atingida pela vazão natural.										

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os hidrogramas correspondentes às seções analisadas estão apresentados a seguir.

Observa-se um abatimento progressivo do pico de ruptura nas seções iniciais, até aproximadamente 5,23 km (ST-06) de distância do eixo da barragem, atribuído à alta deposição de material proveniente do rompimento, que se acumula sobre o terreno natural antes do escoamento atingir o rio Tromaí.

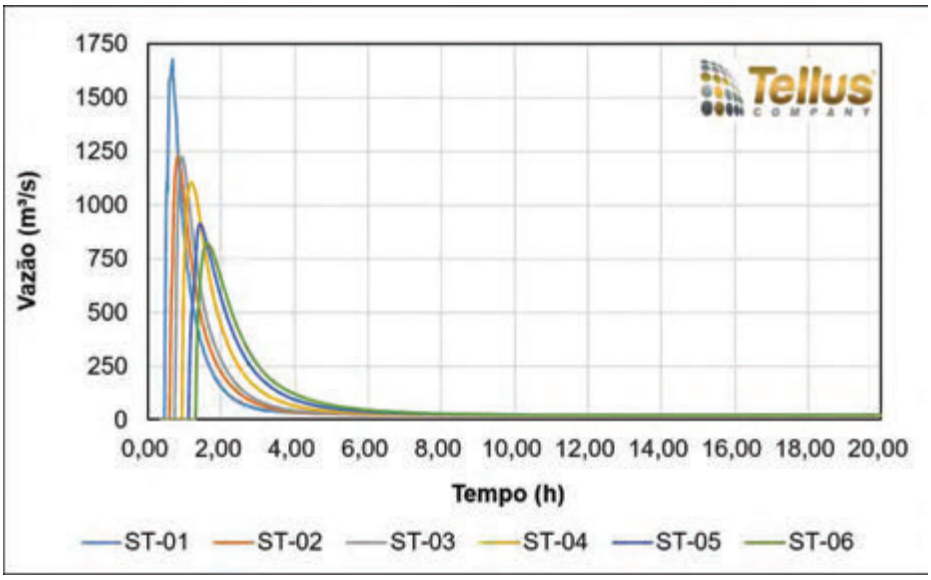


Figura 17.2 – Hidrogramas das seções transversais ST-01, ST-02, ST-03 e ST-04, ST-05 e ST-06.

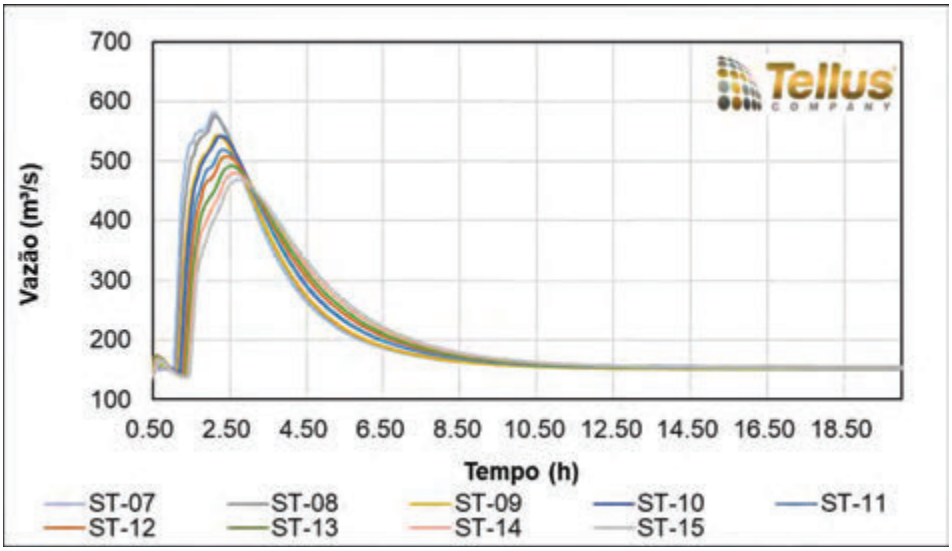


Figura 17.3 – Hidrogramas das seções transversais ST-07, ST-08, ST-09 e ST-10, ST-11, ST-12, ST-13, ST-14 e ST-15.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

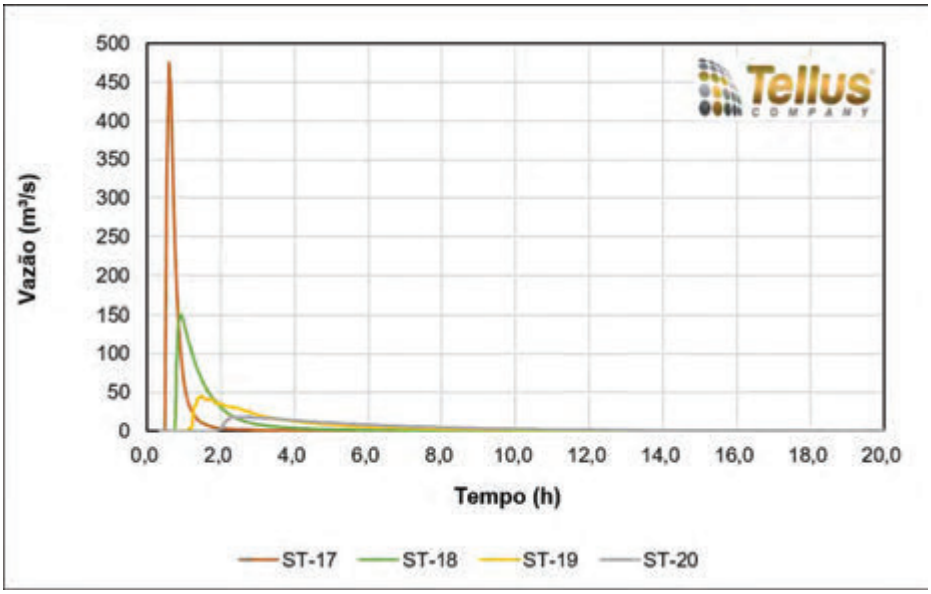


Figura 17.4 – Hidrograma da seção transversal ST-17, ST-18, ST-19 e ST-20

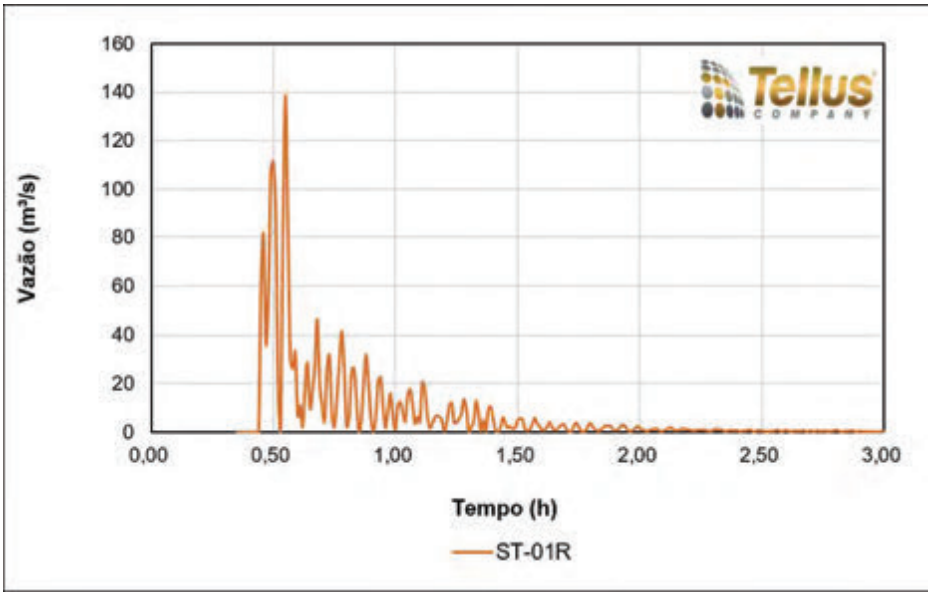


Figura 17.5 – Hidrograma da seção transversal ST-01R.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

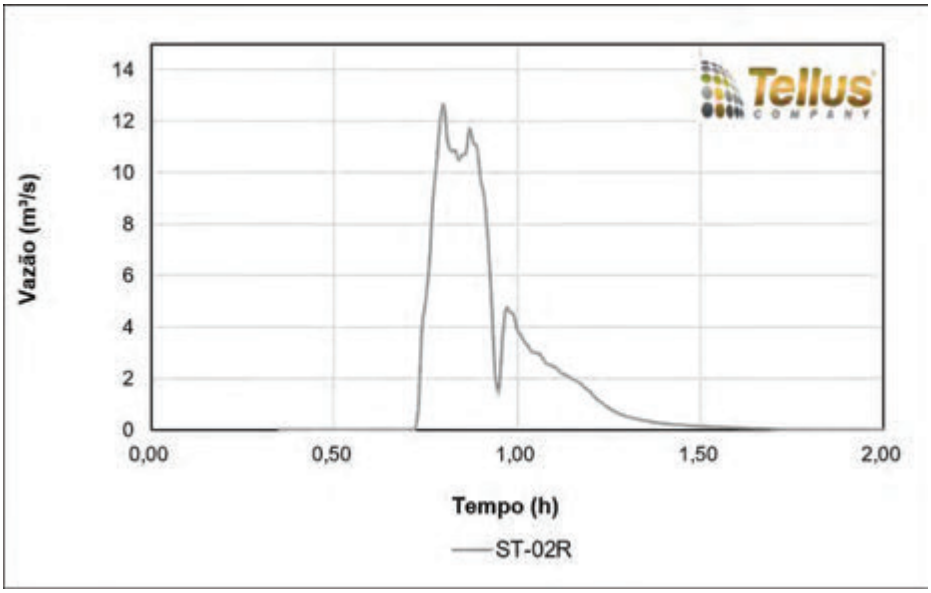


Figura 17.6 – Hidrograma da seção transversalST-02R.

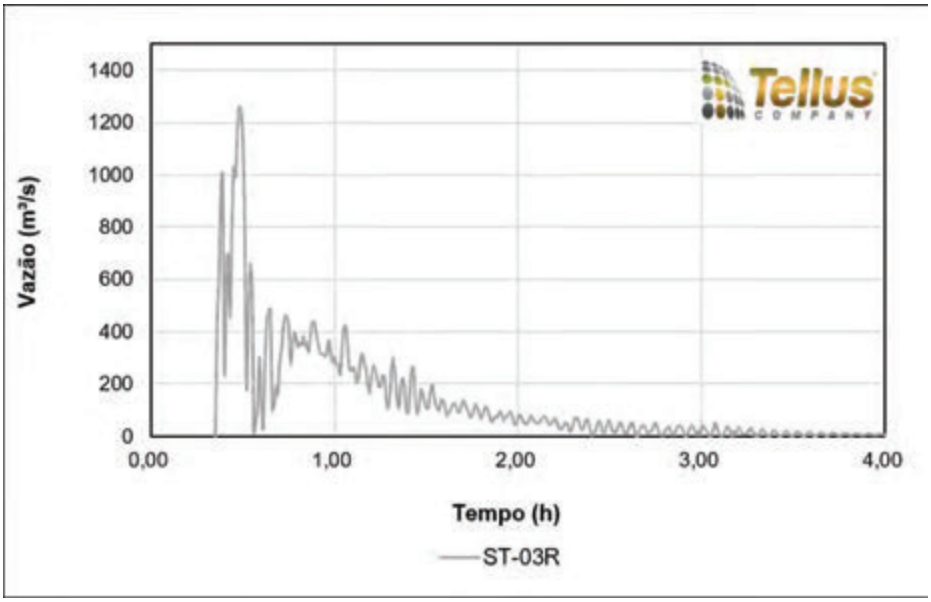


Figura 17.7 – Hidrograma das seções transversais ST-03R.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

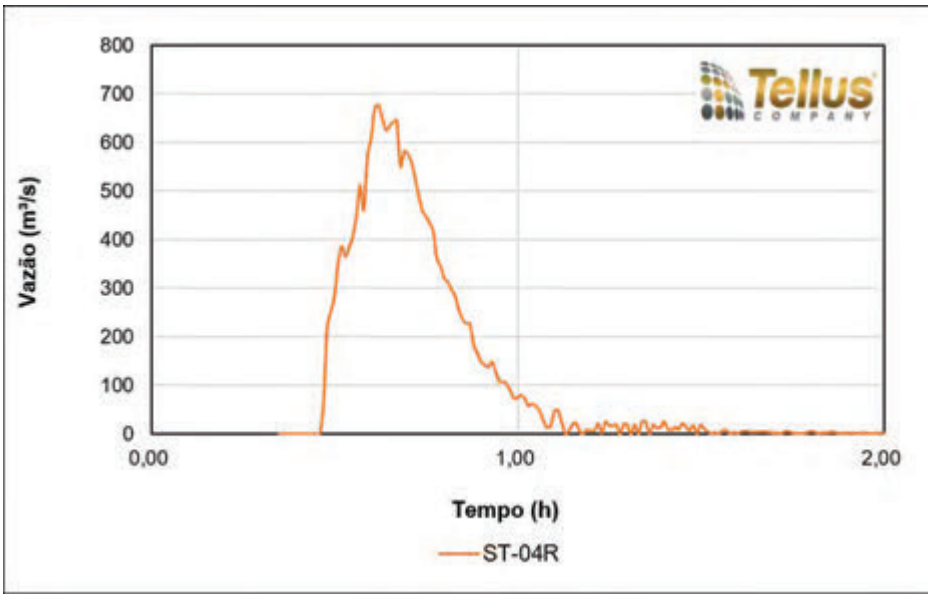


Figura 17.8 – Hidrograma da seção transversal ST-04R.

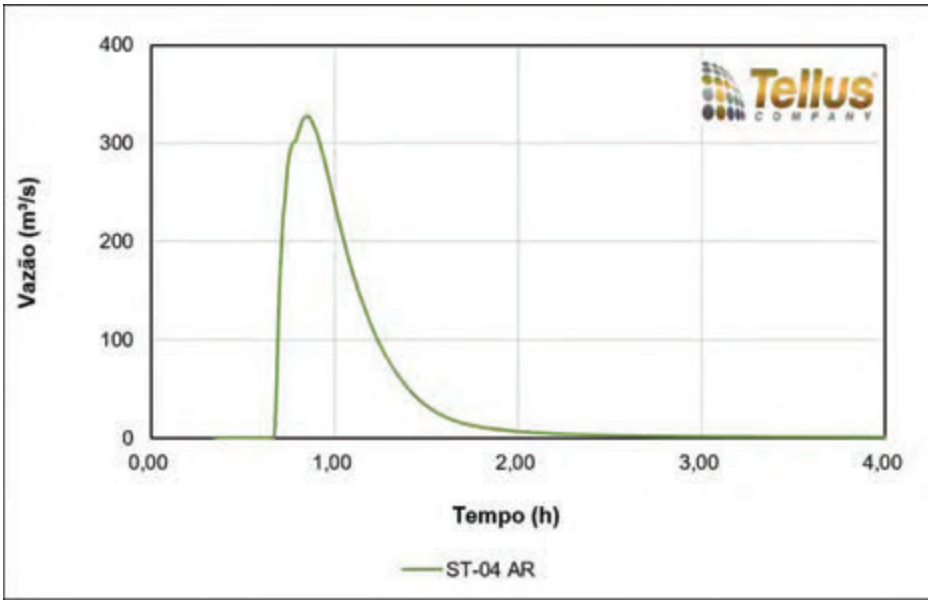


Figura 17.9 – Hidrograma da seção transversal ST-04 AR.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

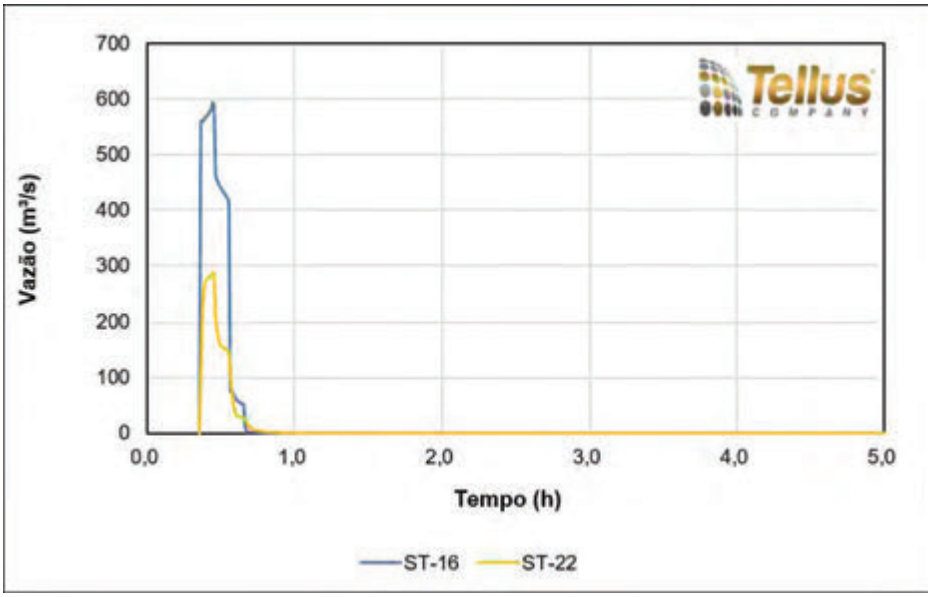


Figura 17.10 – Hidrograma da seção transversal ST-16 e ST-22.

A evolução da vazão e da profundidade máxima observadas nas seções transversais presentes no rio Tromaí estão apresentadas na **Figura 17.11** e na **Figura 17.12**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

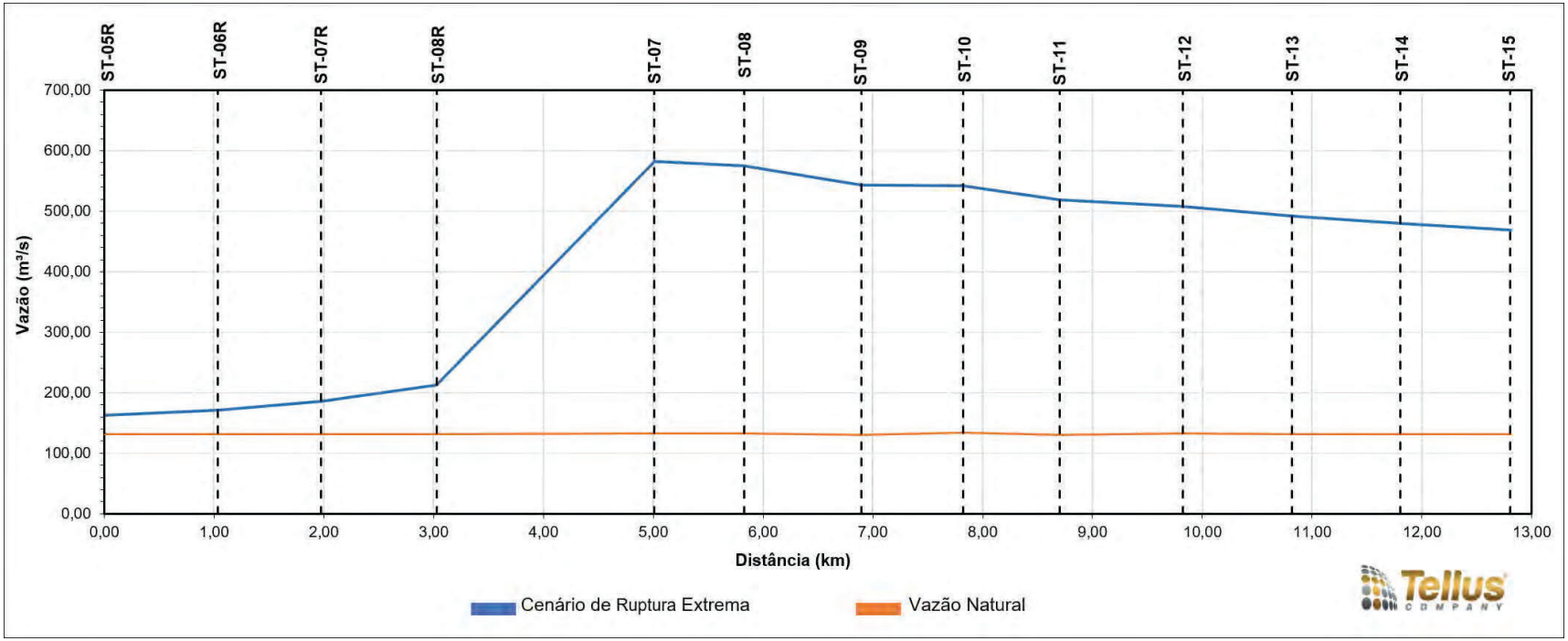


Figura 17.11 – Evolução da vazão máxima ao longo das seções transversais alocadas ao longo do rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

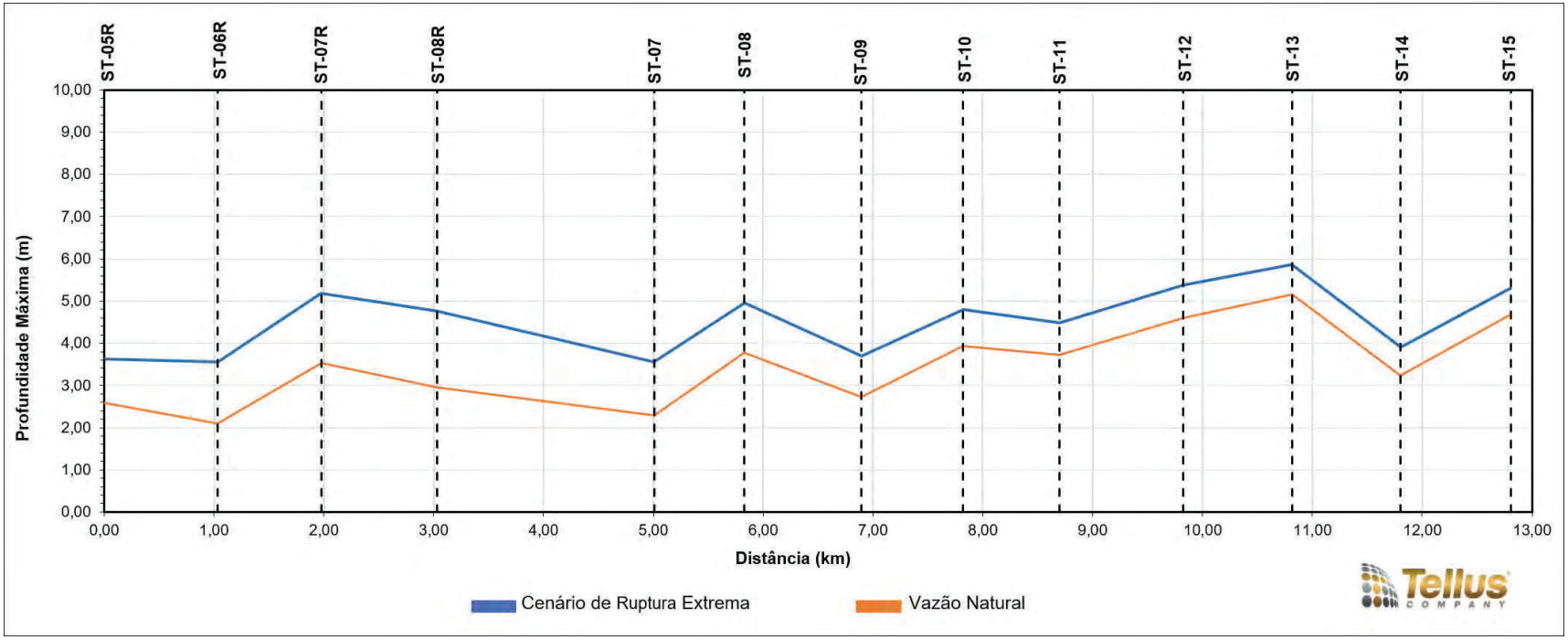


Figura 17.12 – Evolução da profundidade máxima ao longo das seções transversais alocadas ao longo do rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

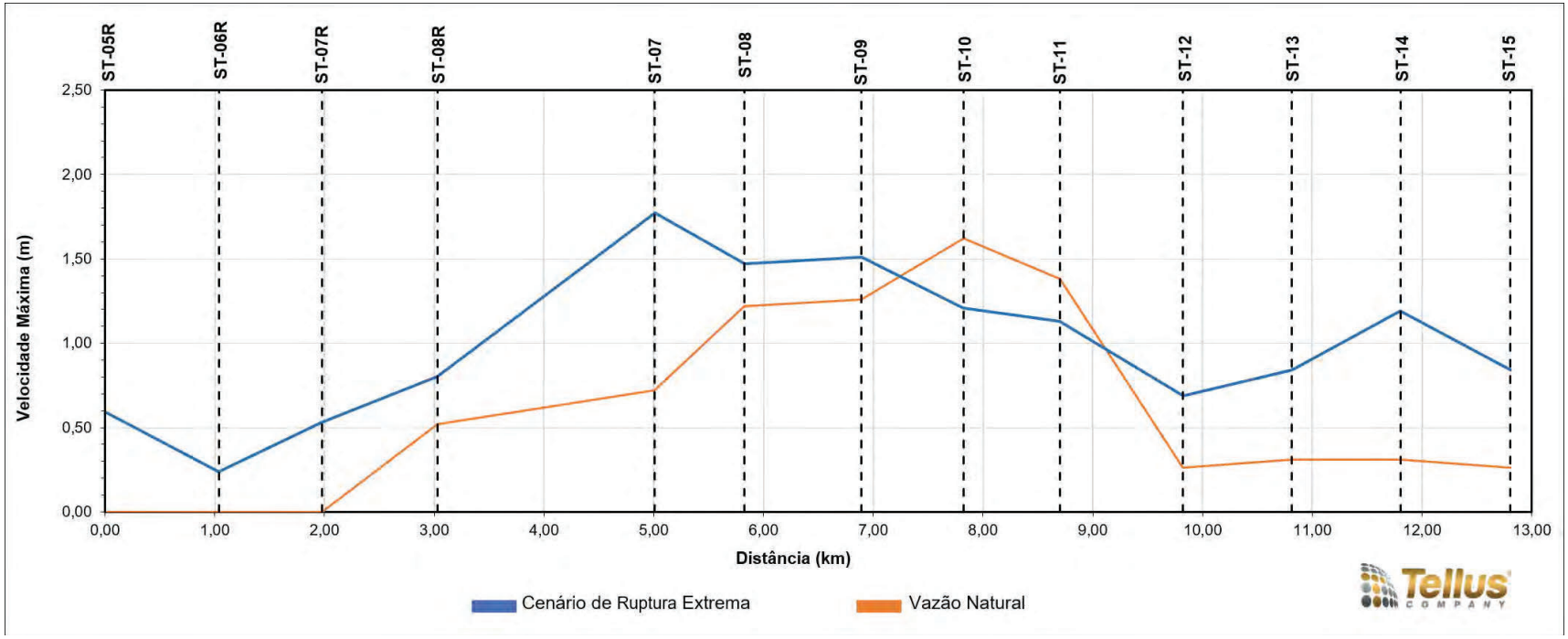


Figura 17.13 – Evolução da velocidade máxima ao longo das seções transversais alocadas ao longo do rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

17.2 Cenário 2 - Rompimento do Maciço Norte da Barragem Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso

Para o Cenário 2, foram inseridos 21 pontos para extração de resultados em toda a Cava do Piaba, conforme ilustrado na **Figura 17.14**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

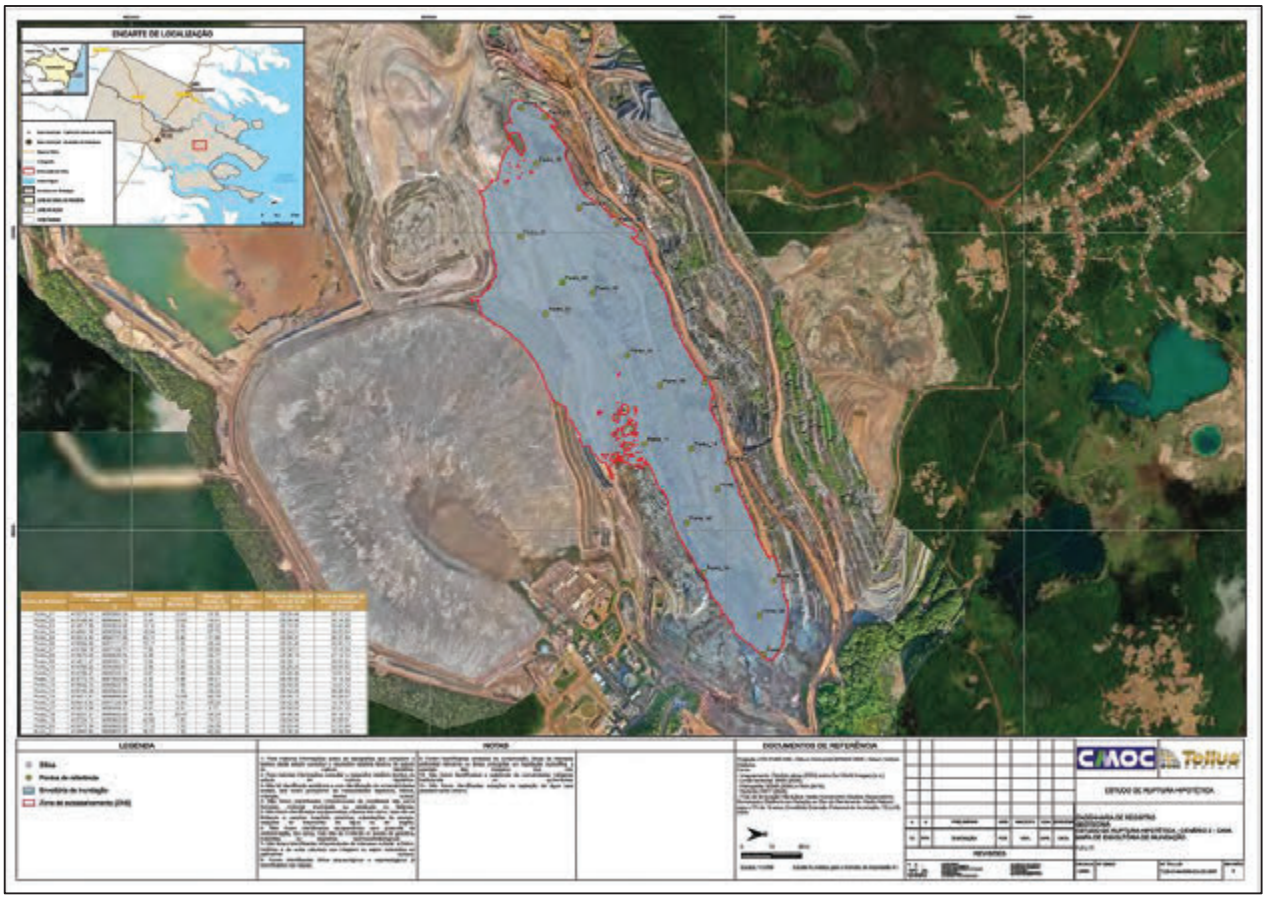


Figura 17.14 – Envoltória de inundação para o Cenário 2 (TL25-0149-0000-EG-DE-0007).

O Cenário 2 está associado a uma cheia severa com período de retorno de 100 anos (TR = 100 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos bem como a área potencialmente impactada da Cava do Piaba. De modo geral, o volume mobilizável ficou todo confinado na Cava do Piaba, conforme apresentado na **Tabela 17-1**, que reúne os resultados obtidos para cada ponto considerado.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-2 – Resultado das seções transversais para o cenário 2 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené II.

Pontos de Referência	Coordenadas Sirgas2000 UTM 23S		Profundidade Máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Elevação Máxima da Inundação (m)	Risco Hidrodinâmico (m²/s)	Tempo de Chegada da Frente de Onda (hh:mm:ss)	Tempo de Chegada do Pico de Inundação (hh:mm:ss)
	L	N						
Ponto_01	415272.10	9856393.38	8.94	12.81	19.32	6	00:00:44	00:13:12
Ponto_02	415166.80	9856448.73	5.43	12.62	-18.41	6	00:06:46	00:16:35
Ponto_03	414917.96	9856504.98	13.10	5.54	-62.22	6	00:18:05	00:43:48
Ponto_04	414581.36	9856309.23	18.34	0.73	-57.70	6	00:24:21	09:53:24
Ponto_05	415512.40	9856777.45	43.11	5.92	-77.80	6	00:04:37	00:37:03
Ponto_06	416284.69	9857111.23	70.17	1.24	-65.44	6	00:05:49	00:50:13
Ponto_07	416169.16	9857159.71	7.56	1.00	-55.80	6	00:36:21	10:15:36
Ponto_08	414970.24	9856630.45	5.38	1.17	-55.77	6	00:36:19	07:13:12
Ponto_09	414611.47	9856391.72	3.94	0.58	-55.33	5	00:39:11	09:53:24
Ponto_10	414769.22	9856360.51	3.56	3.96	-55.32	5	00:29:24	09:54:00
Ponto_11	415708.37	9856724.12	3.67	1.88	-55.35	5	00:20:36	10:01:12
Ponto_12	415772.70	9857002.65	2.30	0.58	-55.21	5	00:55:52	10:14:24
Ponto_13	415502.70	9856925.70	6.32	1.58	-56.23	6	00:40:30	10:01:12
Ponto_14	416140.36	9856923.92	5.32	1.43	-55.53	6	00:42:28	06:36:00
Ponto_15	415411.81	9856666.95	4.93	10.59	-62.79	6	00:05:13	00:26:07
Ponto_16	416414.83	9857126.39	5.44	0.40	-55.20	6	00:42:48	10:16:12
Ponto_17	415013.56	9856308.31	4.31	3.51	0.77	6	00:05:53	00:21:15
Ponto_18	415201.21	9856550.40	4.45	20.47	-55.24	6	00:06:36	00:18:13
Ponto_19	415724.10	9856882.95	42.08	1.65	-74.12	6	00:04:54	00:58:01
Ponto_20	415973.39	9856865.85	17.13	1.33	-59.76	6	00:23:45	01:01:48
Ponto_21	415860.90	9856970.25	38.31	1.39	-62.92	6	00:09:28	00:56:09

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

17.3 Cenário 3 - Rompimento do Maciço Norte da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Para o Cenário 3, foram inseridas 11 seções transversais ao longo do trecho de propagação da onda de inundação a jusante do maciço norte da **Barragem do Vené II**, e 03 seções transversais adicionais no trecho de remanso, a montante do rio Tromaí, conforme ilustrado na **Figura 17.15**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

As seções transversais ST-06R a ST-08R, correspondem aos trechos do rio Tromaí sujeitos a efeitos de remanso.

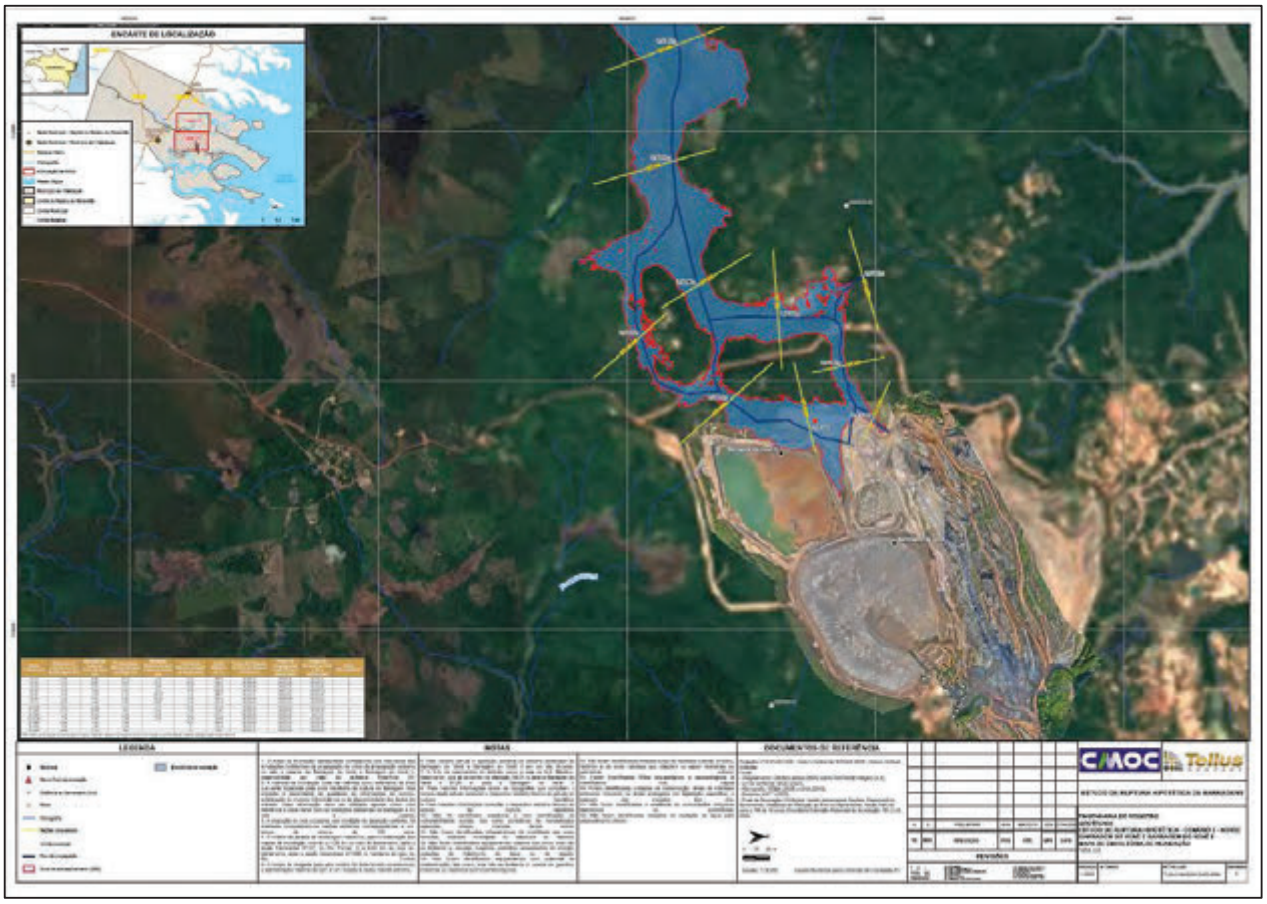


Figura 17.15 – Envoltória de inundação para o Cenário 3 - Folha 1/2 (TL25-0149-0000-EG-DE-0008).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

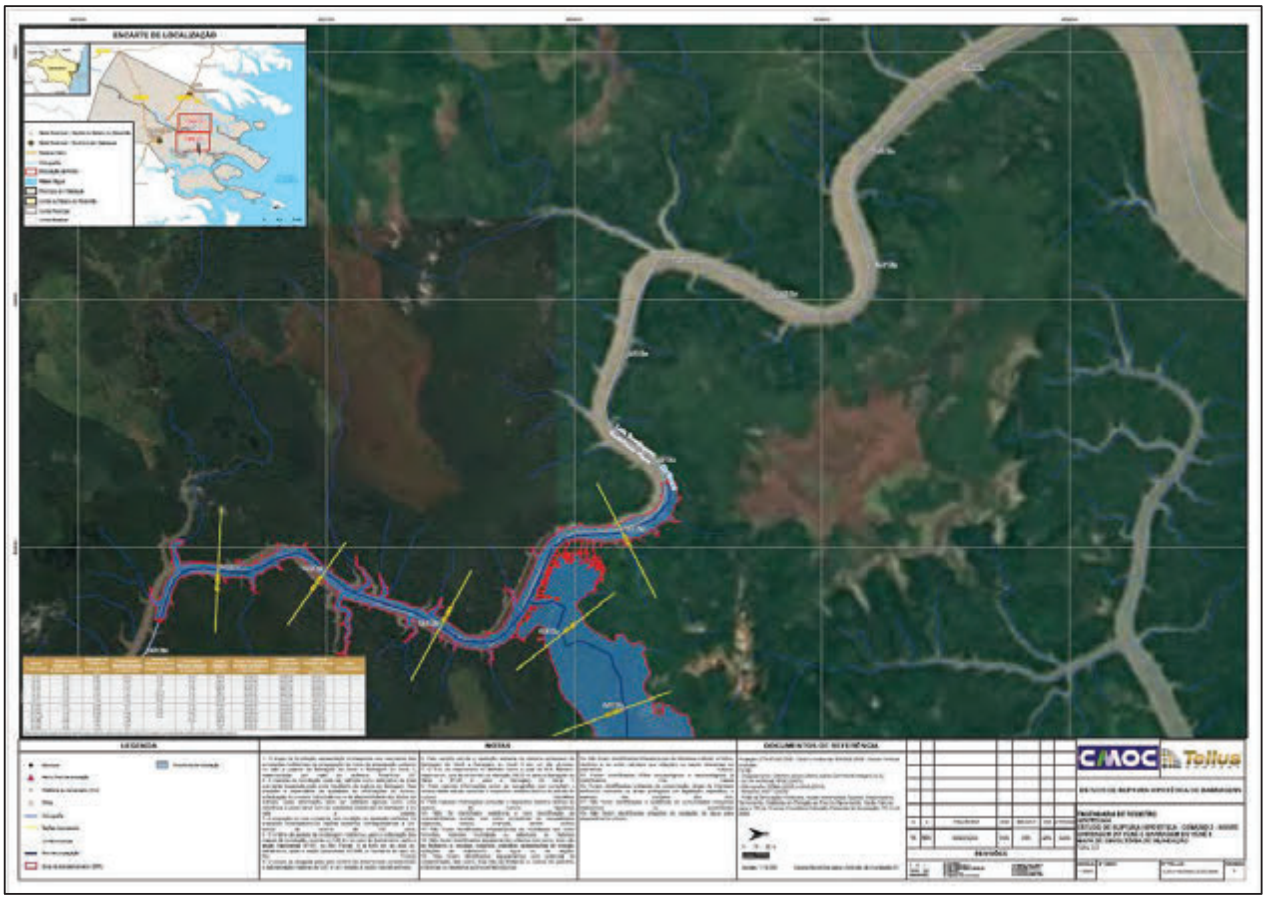


Figura 17.16 – Envoltória de inundação para o Cenário 3 - Folha 2/2 (TL25-0149-0000-EG-DE-0008).

O Cenário 3 está associado a uma cheia severa com período de retorno de 100 anos (TR = 100 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos a jusante da **Barragem do Vené II** bem como a área potencialmente impactada. De modo geral, o escoamento permaneceu confinado na calha do rio Tromaí, conforme apresentado na **Tabela 17-3**, que reúne os resultados obtidos para cada seção transversal (ST) analisada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-3 – Resultado das seções transversais para o cenário 3 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené II.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m^3/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-01	0.93	8.84	10.11	5.41	0.24	989.6	00:00:33	00:00:54	00:14:27	6
ST-02	1.75	8.09	4.53	4.52	0.51	706.2	00:00:48	00:01:03	00:14:12	6
ST-03	2.52	5.49	3.31	3.89	1.67	658.2	00:00:58	00:01:12	00:14:01	6
ST-04	3.54	3.62	1.67	1.1	1.43	492.4	00:01:15	00:01:33	00:03:10	5
ST-05	4.49	3.18	1.27	19.72	1.12	388.7	00:01:31	00:01:55	00:05:03	5
ST-06	5.23	0.97	2.87	19.75	2.42	359.1	00:01:46	00:02:09	00:13:13	5
ST-07	6.66	-1.88	2.96	8.83	1.34	362.9	00:02:09	00:02:51	00:01:04	5
ST-01R	0.81	12.86	6.72	3.57	0.47	46.43	00:00:36	00:00:43	00:14:23	6
ST-03R	0.70	10.82	8.9	0.02	1.18	1146	00:00:25	00:00:40	00:14:34	6
ST-04R	1.34	15.56	4.18	0.07	0.67	171.1	00:00:39	00:00:54	00:1:29	6
ST-04 AR	2.34	9.09	1.88	0.04	2.29	78.83	00:01:03	00:01:07	00:13:57	5
ST-08R	6.86	-2.41	3.98	-	0.53	164.9	00:02:09	00:03:52	00:02:09	5
ST-07R	7.92	-2.83	4.44	-	0	152.4	00:02:15	00:03:42	00:01:51	6
ST-06R	8.86	-1.12	2.8	-	0	145	00:02:31	00:03:44	00:01:01	5

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os hidrogramas correspondentes às seções analisadas estão apresentados da **Figura 17.17** à **Figura 17.22**.

Observa-se um abatimento progressivo do pico de ruptura nas seções iniciais, até aproximadamente 5,23 km (ST-06) de distância do eixo da barragem, atribuído à alta deposição de material proveniente do rompimento, que se acumula sobre o terreno natural antes do escoamento atingir o rio Tromaí.

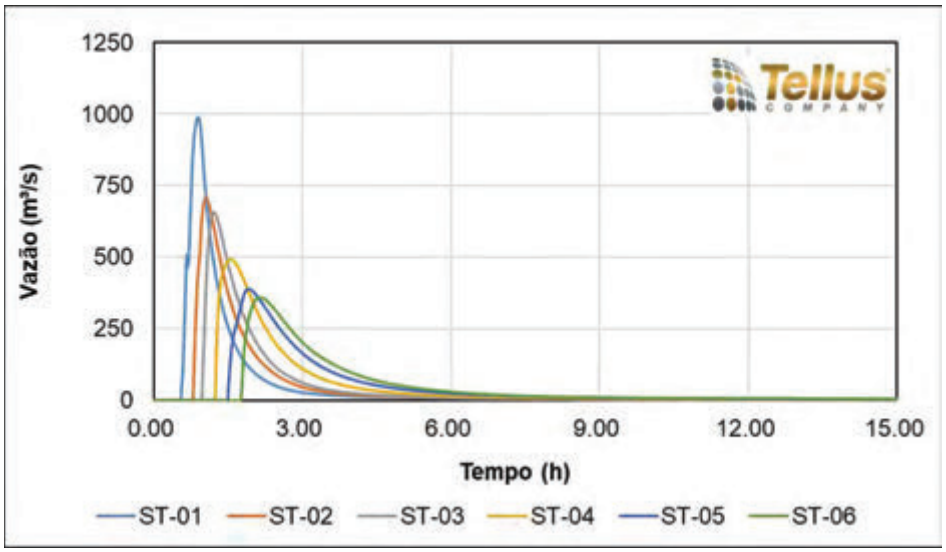


Figura 17.17 – Hidrogramas das seções transversais ST-01 a ST-06.

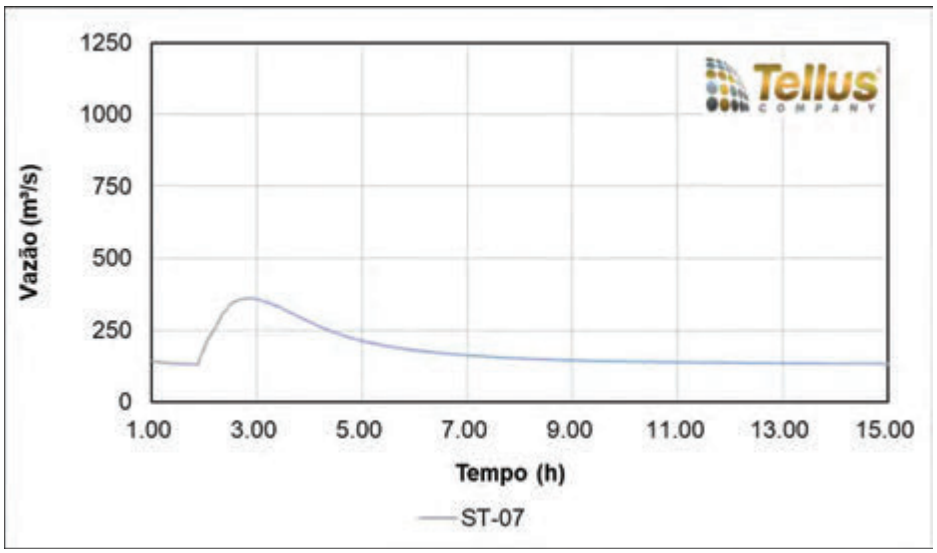


Figura 17.18 – Hidrograma da seção transversal ST-07.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

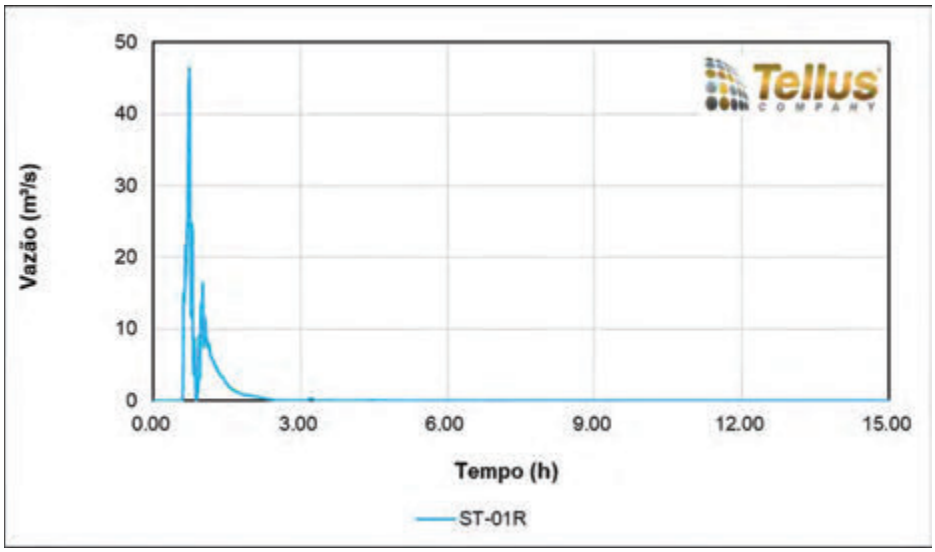


Figura 17.19 – Hidrograma da seção transversal ST-01R.

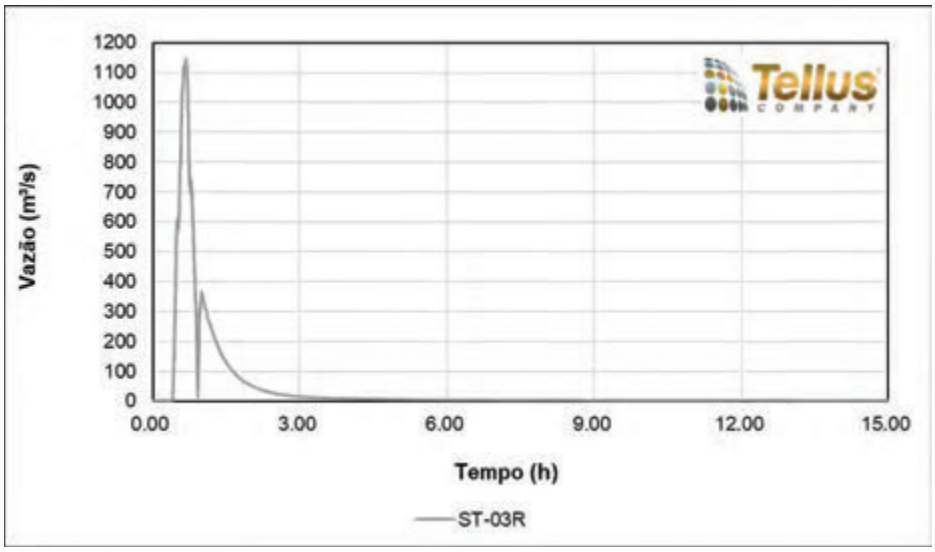


Figura 17.20 – Hidrograma da seção transversal ST-03R.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

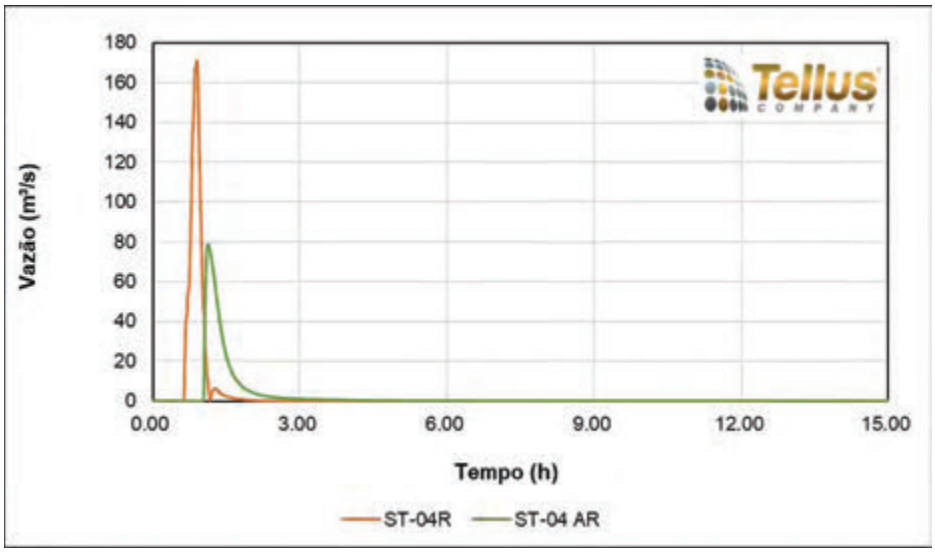


Figura 17.21 – Hidrogramas das seções transversaisST-04R e ST-04 AR.

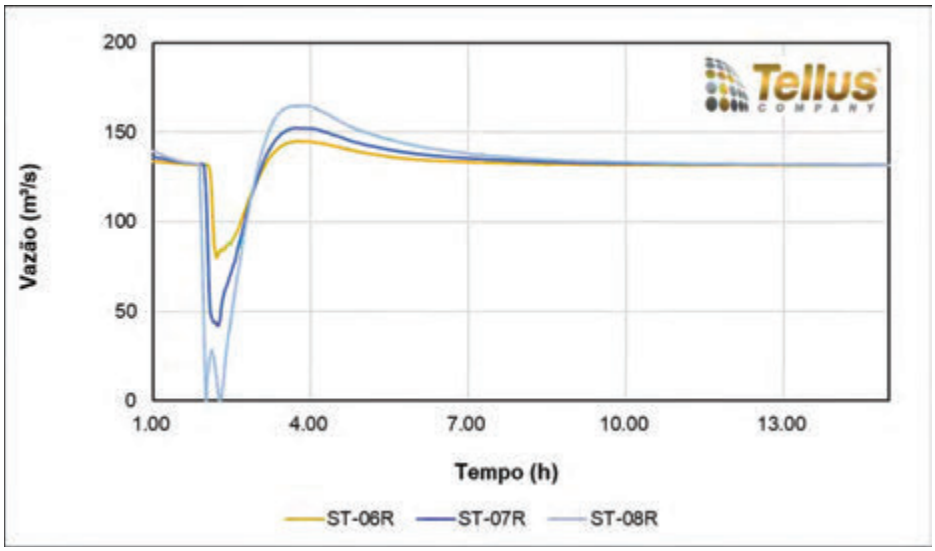


Figura 17.22 – Hidrogramas das seções transversais ST-06R, ST-07R e ST-08R.

A evolução da vazão e da profundidade máxima observadas em cada seção do rio Tromaí estão apresentadas na **Figura 17.23** e na **Figura 17.24**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

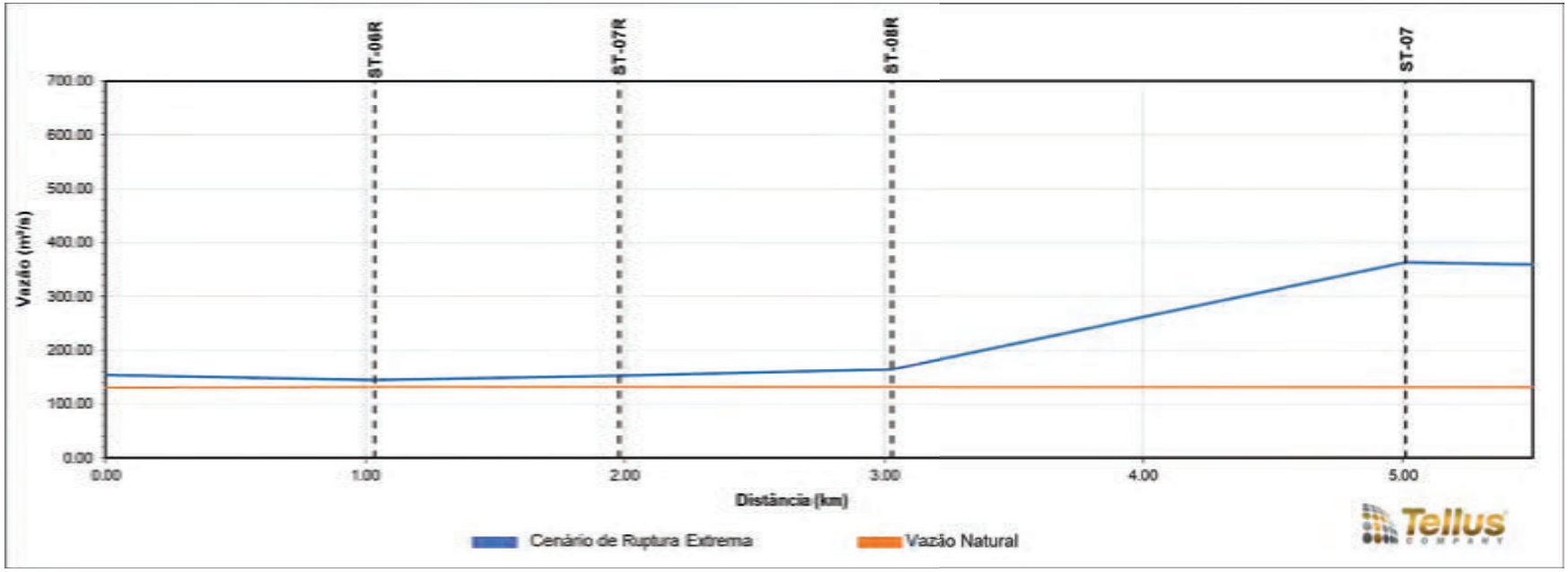


Figura 17.23 – Evolução da vazão máxima ao longo das seções transversais alocadas ao longo do rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

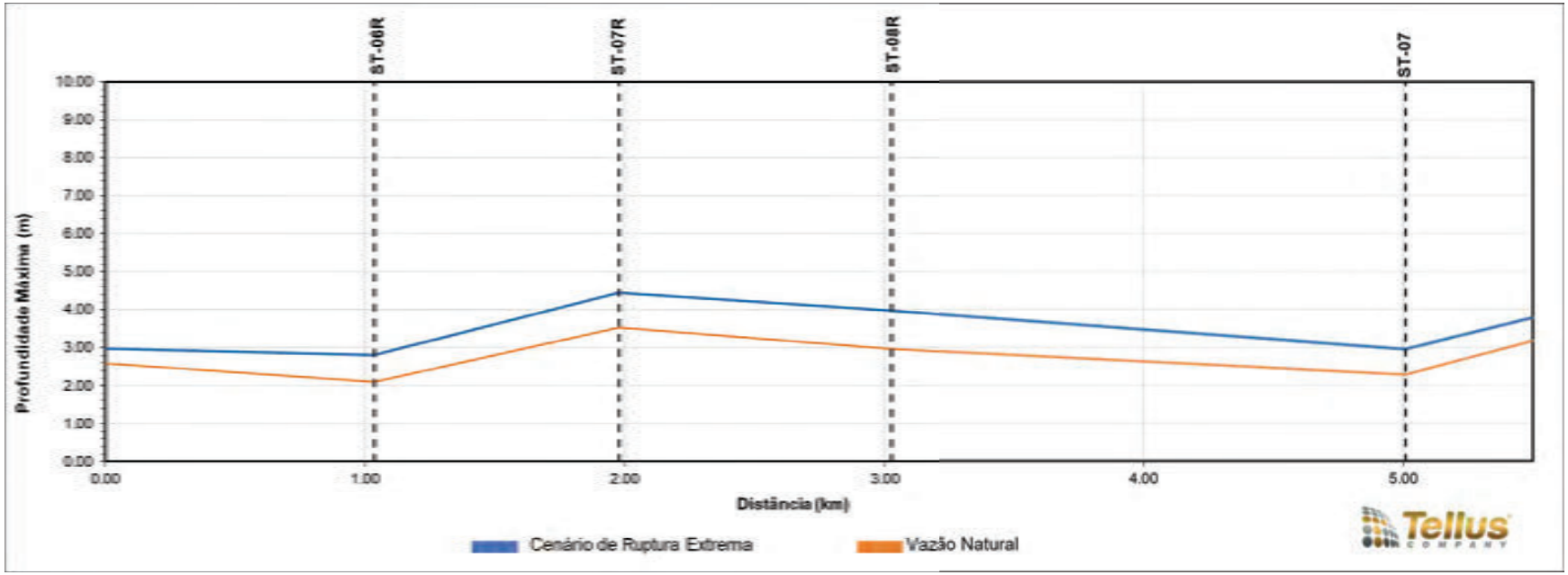


Figura 17.24 – Evolução da profundidade máxima ao longo das seções transversais alocadas ao longo do rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

17.4 Cenário 4 - Rompimento do Maciço Oeste da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Para o Cenário 4, foram inseridas 17 seções transversais ao longo do trecho de propagação da onda de inundação a jusante do maciço oeste da **Barragem do Vené II**, sendo 03 seções transversais adicionais no trecho de remanso, a montante do Rio Tromaí, conforme ilustrado na **Figura 17.25**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

As seções transversais ST-06R a ST-08R, correspondem aos trechos do rio Tromaí sujeitos a efeitos de remanso. Nesses segmentos, a propagação da onda de cheia sofre redução de energia, de modo que, nos hidrogramas, as vazões resultantes tendem a diminuir e podem assumir valores inferiores à vazão natural observada no curso d'água.

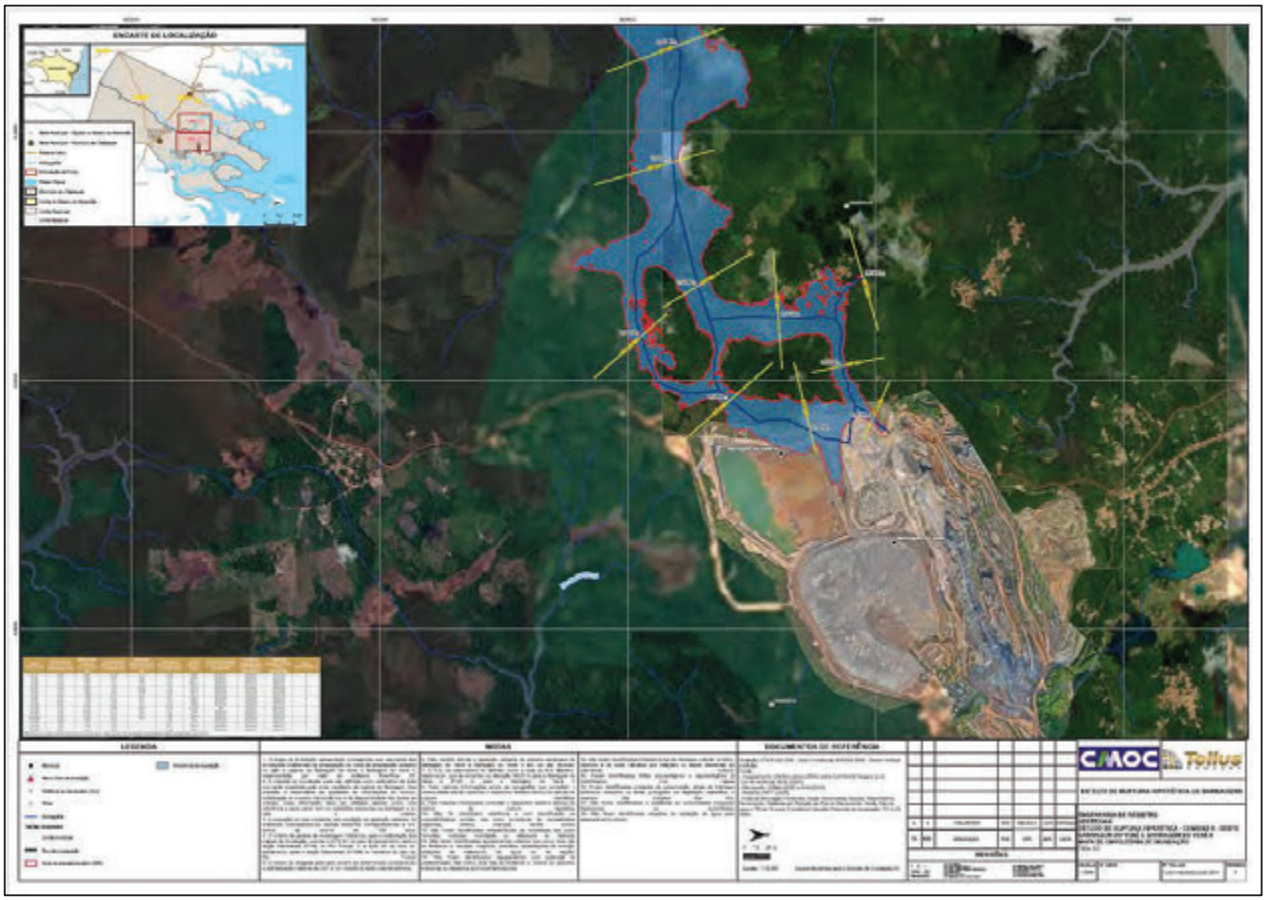


Figura 17.25 – Envoltória de inundação para o Cenário 4 - Folha 1/2 (TL25-0149-0000-EG-DE-0014).

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

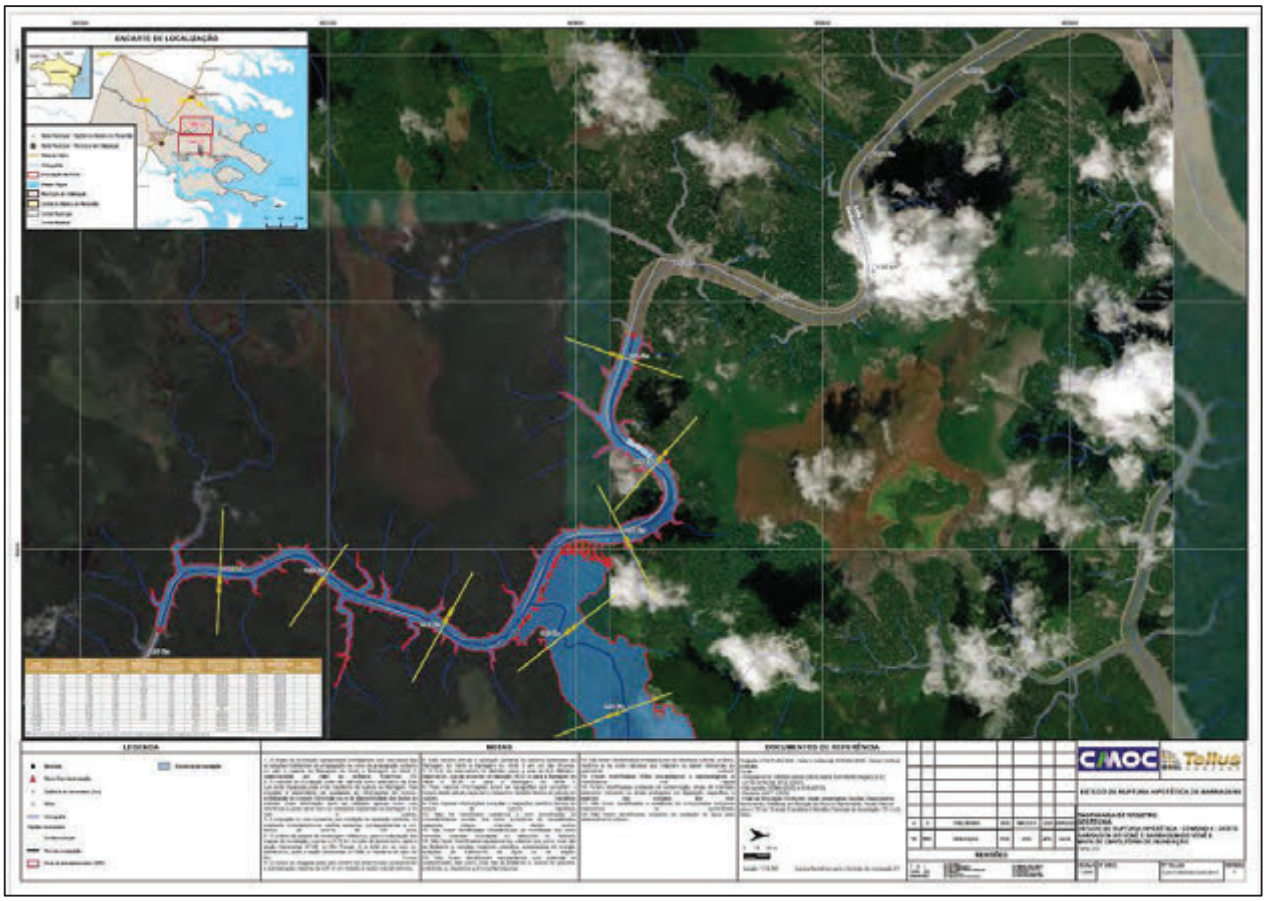


Figura 17.26 – Envoltória de inundação para o Cenário 4 - Folha 1/2 (TL25-0149-0000-EG-DE-0014).

O Cenário 4 está associado a uma cheia severa com período de retorno de 100 anos (TR = 100 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos a jusante da **Barragem do Vené II** bem como a área potencialmente impactada. De modo geral, o escoamento permaneceu confinado à calha do rio Tromaí, conforme apresentado na **Tabela 17-4**, que reúne os resultados obtidos para cada seção transversal (ST) analisada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-4 – Resultado das seções transversais para o cenário 3 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené II.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m^3/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-01	0.93	8.84	10.28	5.72	0.18	1067	00:00:25	00:00:53	00:14:34	6
ST-02	1.75	8.09	4.81	4.69	0.59	856.6	00:00:43	00:01:02	00:14:16	7
ST-03	2.52	5.49	3.6	4.07	1.72	821.5	00:00:54	00:01:10	00:14:05	6
ST-04	3.54	3.62	1.92	1.27	1.6	669.3	00:01:10	00:01:27	00:03:23	5
ST-05	4.49	3.18	1.43	20.26	1.3	532.9	00:01:24	00:01:46	00:05:30	5
ST-06	5.23	0.97	3.05	20.04	2.69	485.4	00:01:38	00:01:58	00:13:36	6
ST-07	6.66	-1.88	3.13	9.12	1.47	425.3	00:01:55	00:02:39	00:01:58	7
ST-08	7.47	-3.44	4.51	0.75	1.25	418.4	00:02:08	00:02:46	00:01:41	6
ST-09	8.54	-2.44	3.36	0.70	1.27	396.8	00:02:35	00:02:49	00:00:47	5
ST-01R	0.81	12.86	6.96	3.57	0.34	39.46	00:00:30	00:00:39	00:14:30	6
ST-02R	1.75	12.31	0.09	0.04	0.01	0.2191	NA	00:01:07	0:00:00	1
ST-03R	0.70	10.82	9.17	0.02	5.67	1346	00:00:10	00:00:43	00:14:50	7
ST-04R	1.34	15.56	4.47	0.07	0.68	235.8	00:00:31	00:00:51	00:01:40	6
ST-04 AR	2.34	9.09	2.29	0.04	1.8	142.1	00:00:56	00:01:04	00:14:04	5
ST-08R	6.86	-2.41	4.21	-	0.65	179	00:01:56	00:03:39	00:03:01	6
ST-07R	7.92	-2.83	4.67	-	0.17	161.8	00:02:00	00:03:28	00:02:27	7
ST-06R	8.86	-1.12	3.02	-	0.04	152.7	00:02:10	00:03:31	00:01:52	5

*NA refere-se às seções transversais em que a onda de ruptura não supera 0,61m em relação a profundidade máxima atingida pela vazão natural.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os hidrogramas correspondentes às seções analisadas estão apresentados da **Figura 17.27** à **Figura 17.32**.

Observa-se um abatimento progressivo do pico de ruptura nas seções iniciais, até aproximadamente 5,23 km (ST-06) de distância do eixo da barragem, atribuído à alta deposição de material proveniente do rompimento, que se acumula sobre o terreno natural antes do escoamento atingir o rio Tromaí.

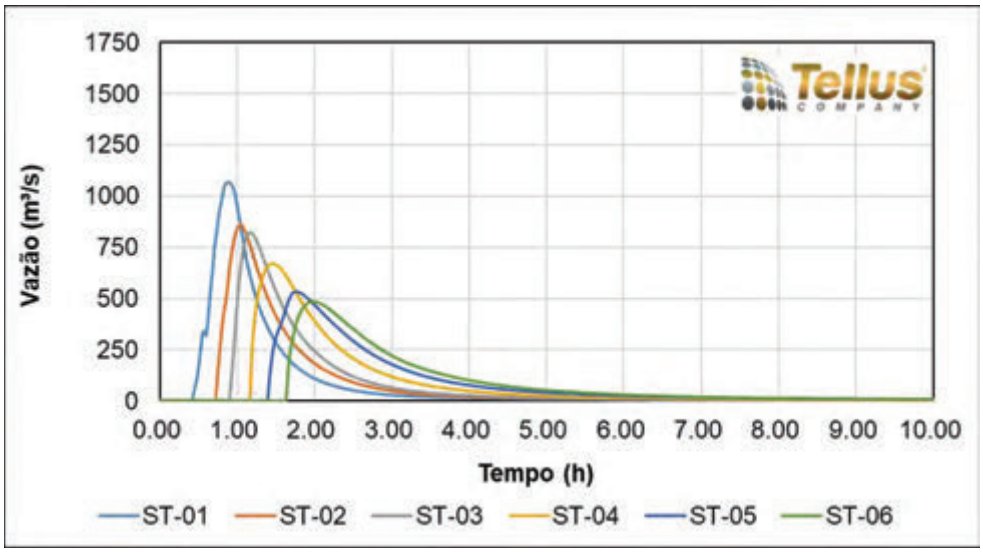


Figura 17.27 – Hidrogramass das seções transversais ST-01, ST-02, ST-03, ST-04, ST-05 e ST-06.

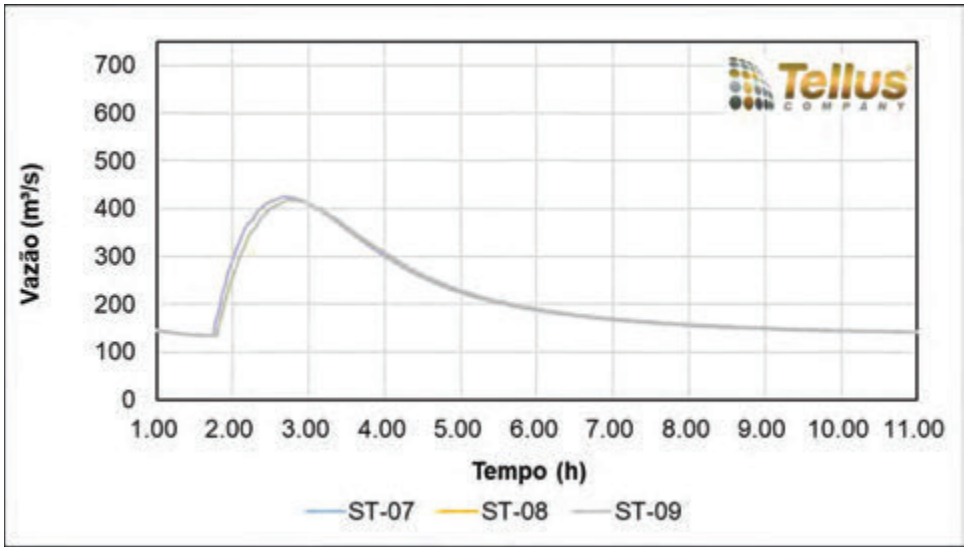


Figura 17.28 – Hidrogramas das seções transversais ST-07, ST-08 e ST-09.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

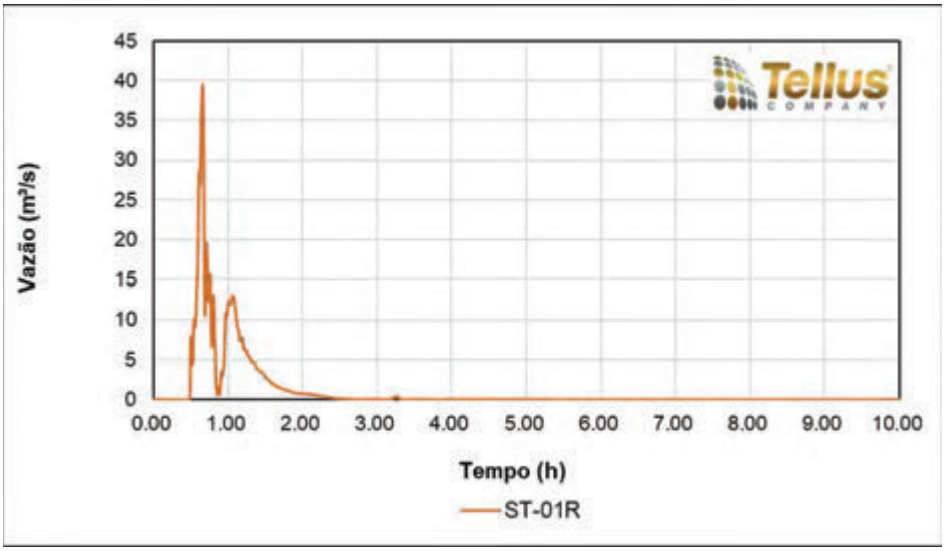


Figura 17.29 – Hidrograma da seção transversal ST-01R.

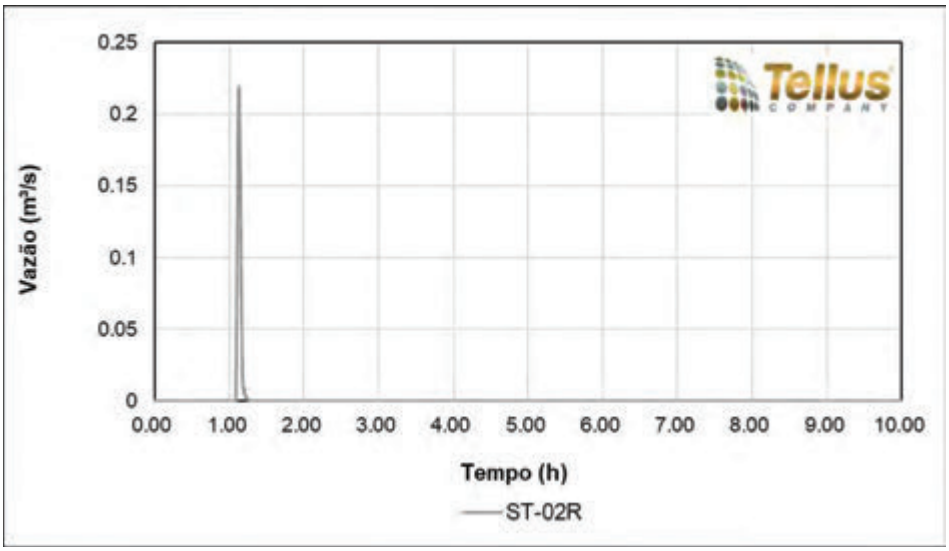


Figura 17.30 – Hidrograma da seção transversalST-02R.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

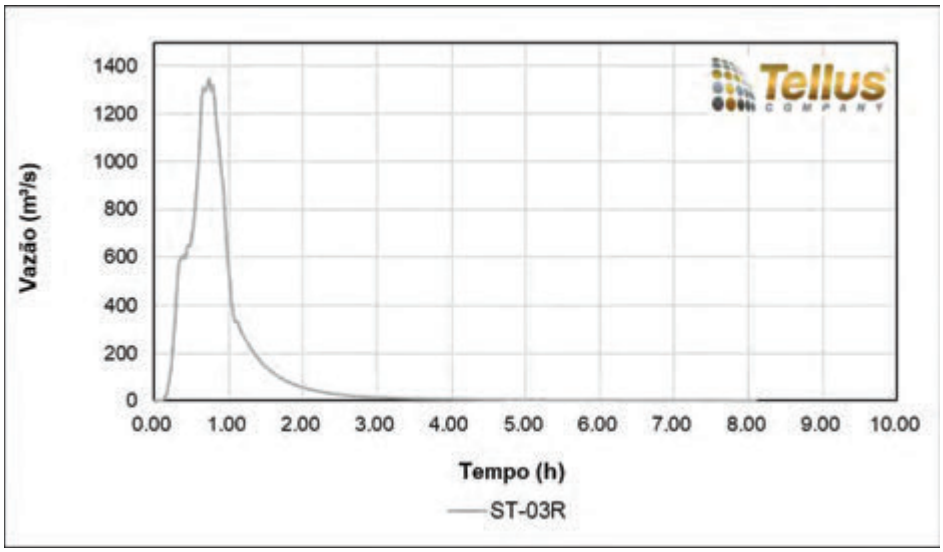


Figura 17.31 – Hidrograma da seção transversal ST-03R.

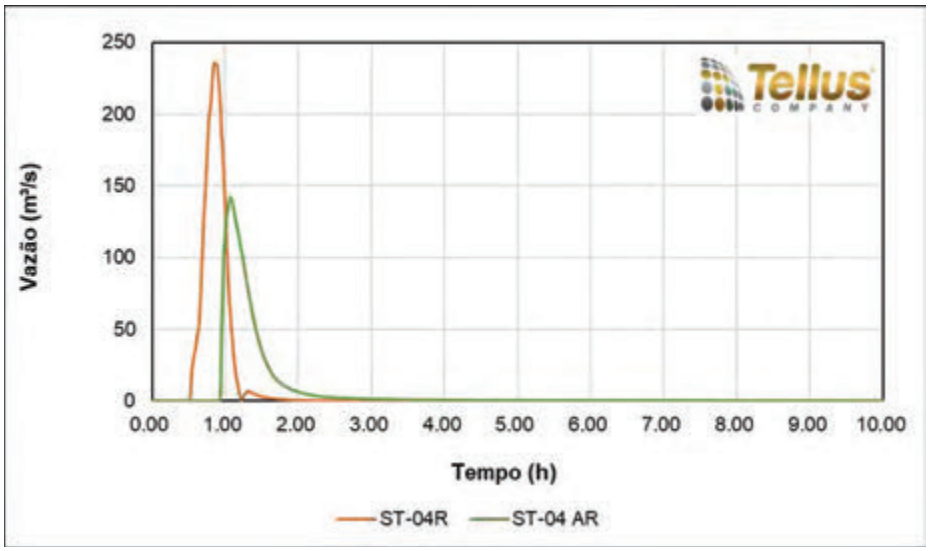


Figura 17.32 – Hidrograma da seção transversal ST-04R e ST-04 AR.

A evolução da vazão e da profundidade máxima observadas em cada seção estão apresentadas na **Figura 17.33** e na **Figura 17.34**.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

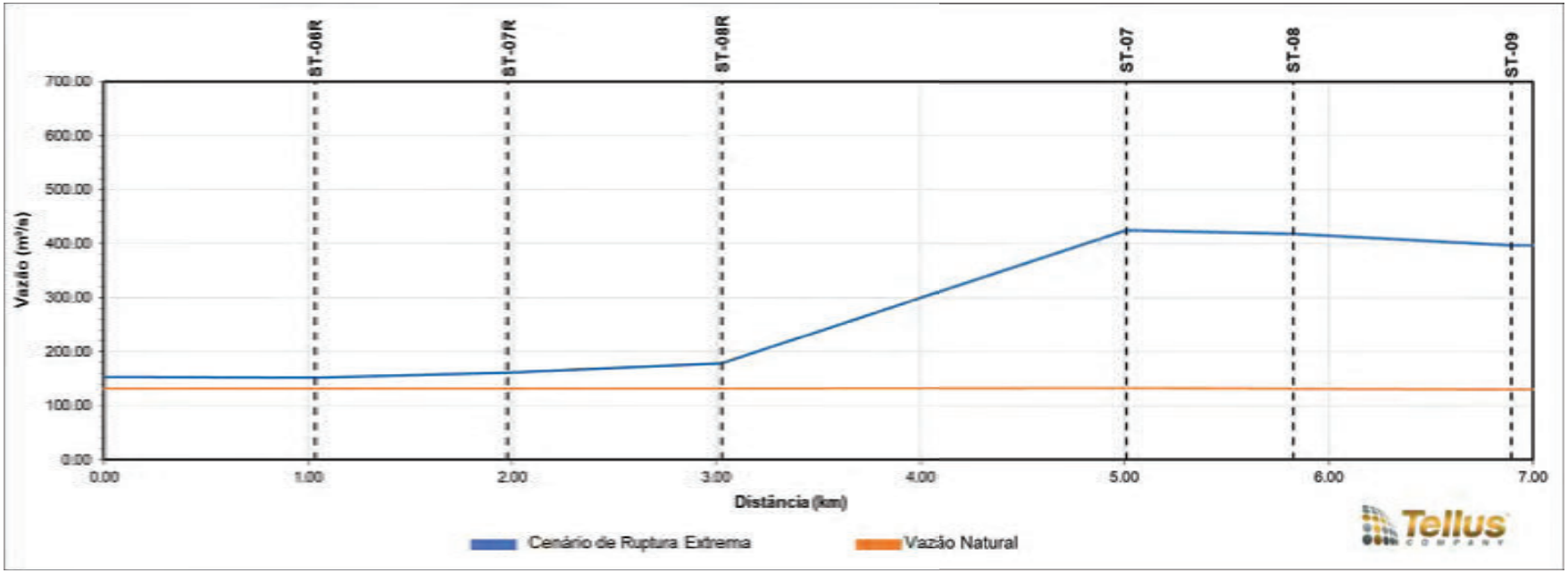


Figura 17.33 – Evolução da vazão máxima ao longo das seções transversais alocadas ao longo do rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

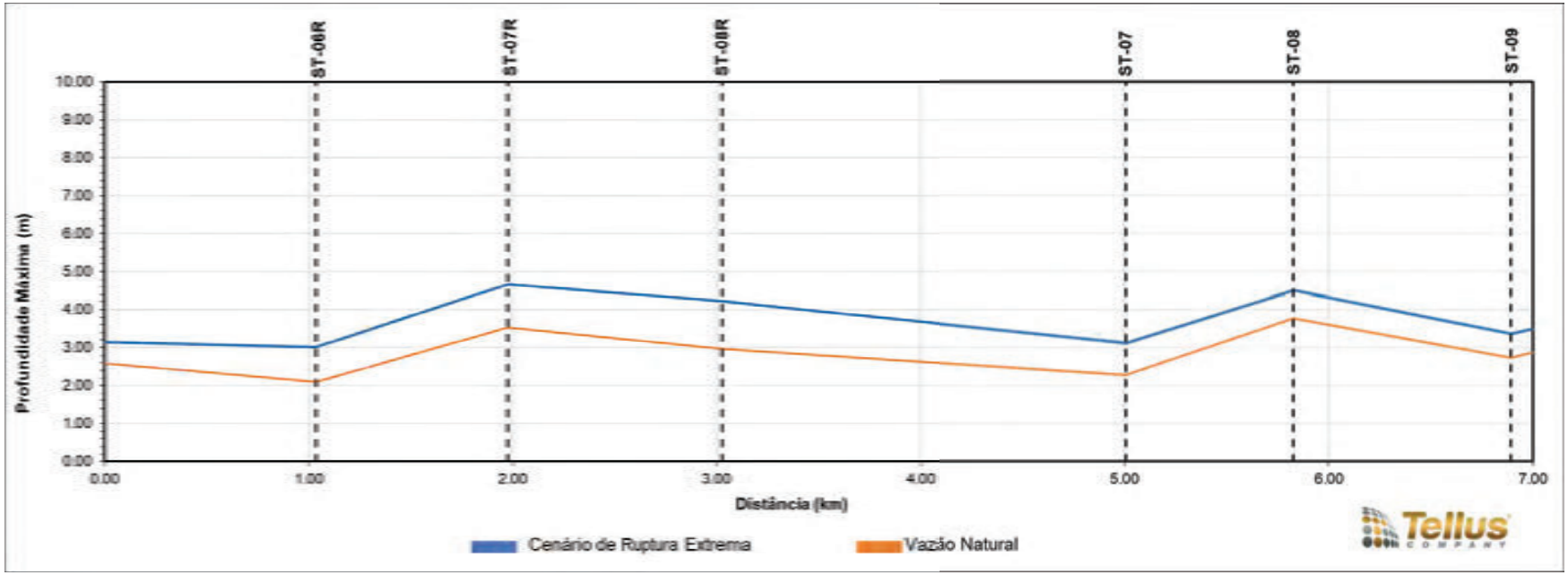


Figura 17.34 – Evolução da profundidade máxima ao longo das seções transversais alocadas ao longo do rio Tromaí.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

17.5 Cenário 5 - Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Para o Cenário 5, foram inseridas 07 seções transversais ao longo do trecho de propagação da onda de inundação a jusante do maciço sudeste da **Barragem do Vené II**, sentido o rio Maracaçumé, conforme ilustrado na **Figura 17.35**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

Observa-se a propagação da onda de cheia sofre redução de energia, de modo que, nos hidrogramas, as vazões resultantes tendem a diminuir e podem assumir valores inferiores à vazão natural observada no curso d'água.

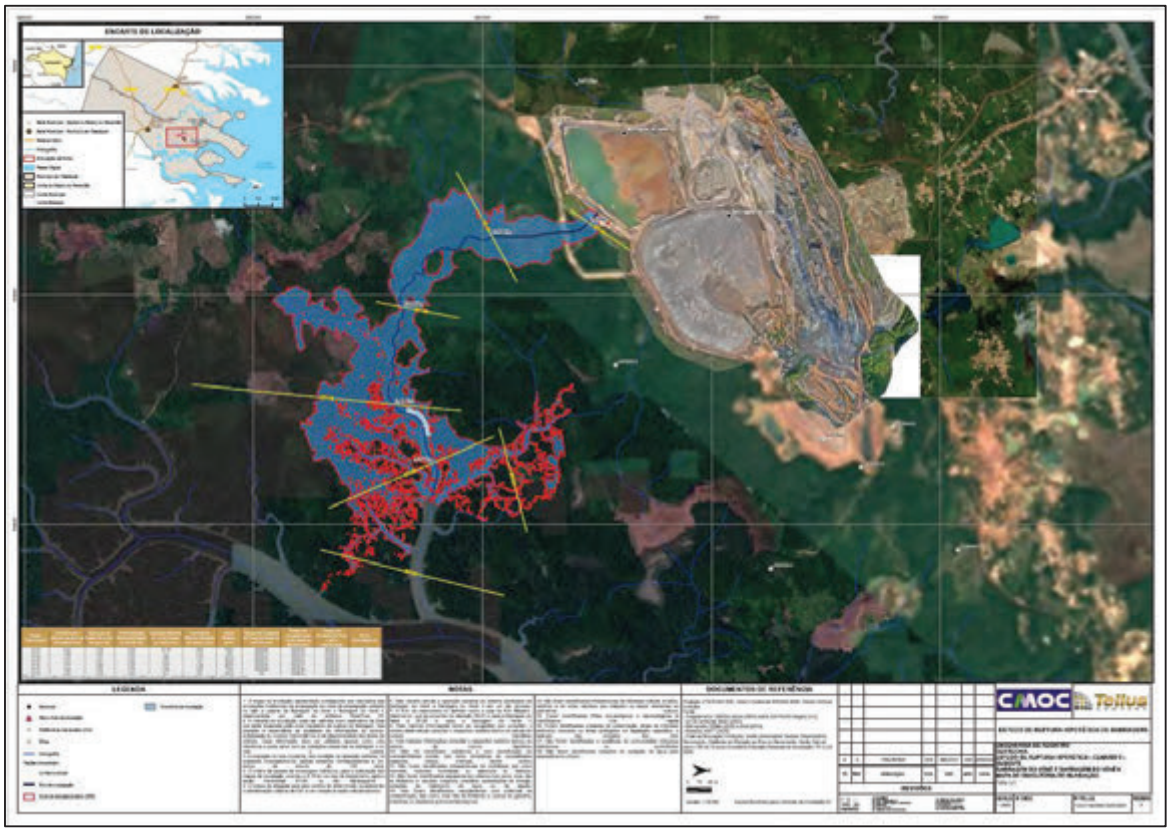


Figura 17.35 – Envoltória de inundação para o Cenário 5 (TL25-0149-0000-EG-DE-0020).

O Cenário 5 está associado a uma cheia severa com período de retorno de 100 anos (TR = 100 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos a jusante da **Barragem do Vené II** bem como a área potencialmente impactada. A **Tabela 17-5** reúne os resultados obtidos para cada seção transversal (ST) analisada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-5 – Resultado das seções transversais para o cenário 5 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené II.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m³/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-22	0.12	7.19	1.24	11.74	0.07	178.1	00:00:49	00:01:43	00:04:13	6
ST-17	1.08	3.49	0.75	4.4	1.22	169	00:01:27	00:01:54	01:04:13	4
ST-18	2.22	1.6	2.23	3.85	1.27	132.1	00:01:42	00:02:27	02:04:13	5
ST-19	3.11	1.41	1.82	3.25	1.8	96.83	00:02:17	00:03:34	03:04:13	5
ST-20	3.77	1.88	1.19	3.07	1.29	84.07	00:02:59	00:04:17	04:04:13	5
ST-21	4.48	1.36	1.09	2.98	0.45	7.561	00:04:09	00:04:46	05:04:13	3
ST-23	4.55	-2.41	2.61	0.2	0.3	131.7	NA	00:08:12	06:04:13	5
*NA refere-se às seções transversais em que a onda de ruptura não supera 0,61m em relação a profundidade máxima atingida pela vazão natural.										

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os hidrogramas correspondentes às seções analisadas estão apresentados da **Figura 17.36** à **Figura 17.38.** Observa-se um abatimento progressivo do pico de ruptura nas seções iniciais, até aproximadamente 4,55 km (ST-23) de distância do eixo da barragem, atribuído à alta deposição de material proveniente do rompimento, que se acumula sobre o terreno natural antes do escoamento atingir o rio Maracaçumé.

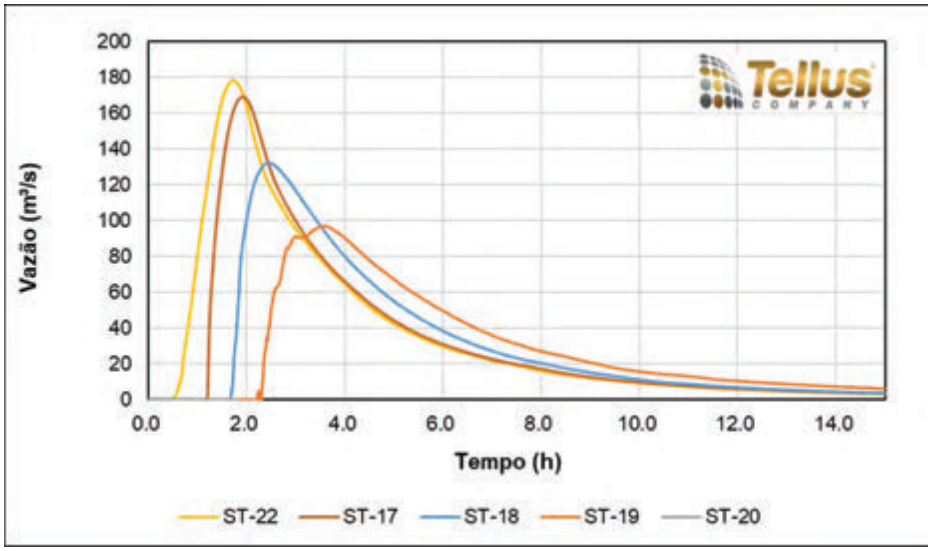


Figura 17.36 – Hidrogramas das seções transversais ST-22, ST-17, ST-18, ST-19 e ST-20.

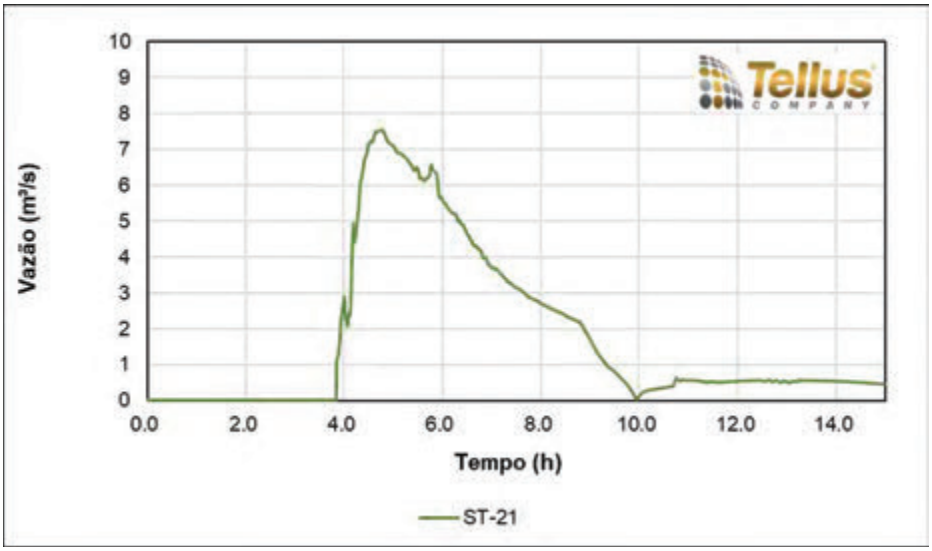


Figura 17.37 – Hidrograma da seção transversal ST-21.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

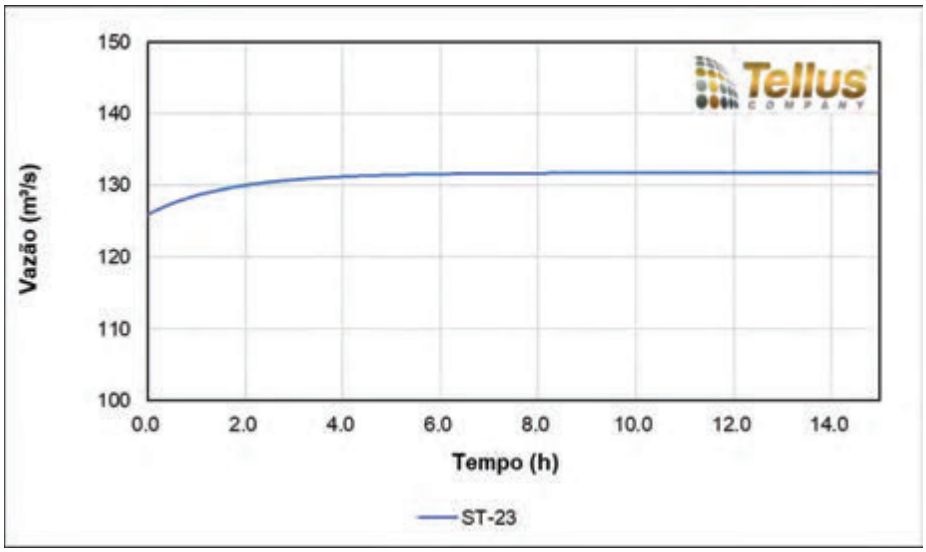


Figura 17.38 – Hidrograma da seção transversal ST-23.

17.6 Cenário 6 - Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Para o Cenário 6, foram inseridas 07 seções transversais ao longo do trecho de propagação da onda de inundação a jusante do maciço sul da **Barragem do Vené II**, a montante do Rio Maracaçumé, conforme ilustrado na **Figura 17.39**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

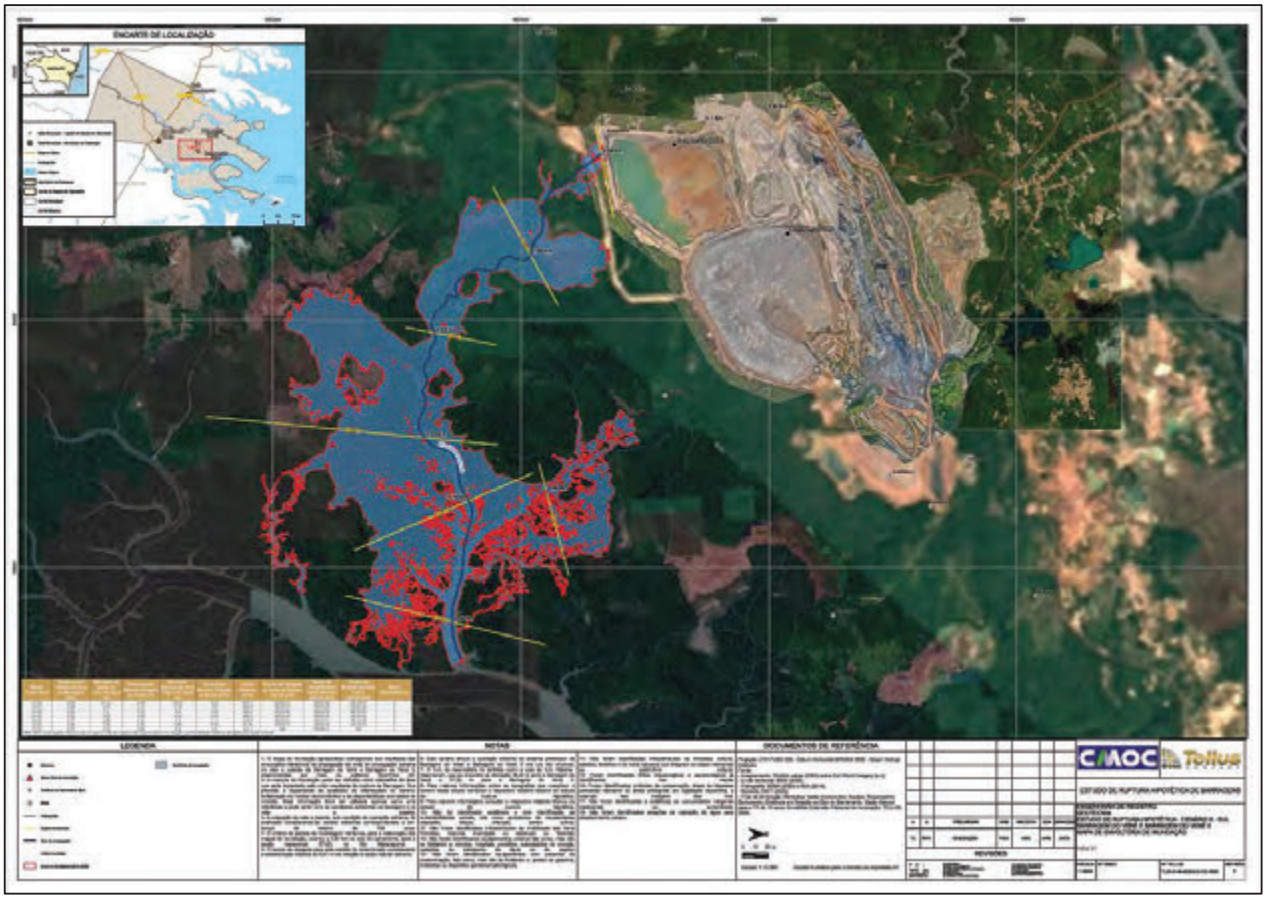


Figura 17.39 – Envoltória de inundação para o Cenário 6 (TL25-0149-0000-EG-DE-0026).

O Cenário 6 está associado a uma cheia severa com período de retorno de 100 anos (TR = 100 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos a jusante da **Barragem do Vené II** bem como a área potencialmente impactada. A **Tabela 17-6** reúne os resultados obtidos para cada seção transversal (ST) analisada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-6 – Resultado das seções transversais para o cenário 6 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené II.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m^3/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-16	0.04	17.21	6.69	24.51	6.03	475.1	00:00:12	00:01:26	00:14:47	6
ST-17	1.08	3.49	1.21	4.78	2.3	385.4	00:00:57	00:01:39	00:02:38	5
ST-18	2.22	1.6	2.74	4.4	1.87	334.2	00:01:09	00:01:59	00:13:51	5
ST-19	3.11	1.41	2.09	3.54	2.04	268.3	00:01:34	00:02:34	00:13:26	5
ST-20	3.77	1.88	1.42	3.3	1.71	254.9	00:02:01	00:02:57	00:12:58	5
ST-21	4.48	1.36	1.61	3.09	0.91	32.26	00:02:37	00:03:10	00:12:23	5
ST-23	4.55	-2.41	2.61	0.2	0.3	131.7	NA	00:08:12	NA	6
*NA refere-se às seções transversais em que a onda de ruptura não supera 0,61m em relação a profundidade máxima atingida pela vazão natural.										

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os hidrogramas correspondentes às seções analisadas estão apresentados da **Figura 17.40** à **Figura 17.41.**

Observa-se um abatimento progressivo do pico de ruptura nas seções iniciais, até aproximadamente 4,55 km (ST-23) de distância do eixo da barragem, atribuído à alta deposição de material proveniente do rompimento, que se acumula sobre o terreno natural antes do escoamento atingir o rio Maracaçumé.

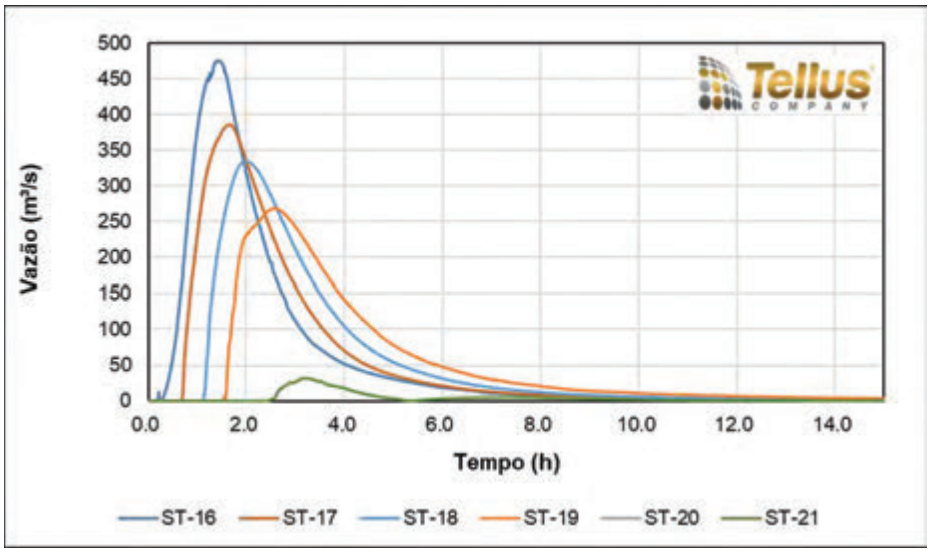


Figura 17.40 – Hidrogramas das seções transversais ST-16, ST-17, ST-18, ST-19, ST-20, ST-21.

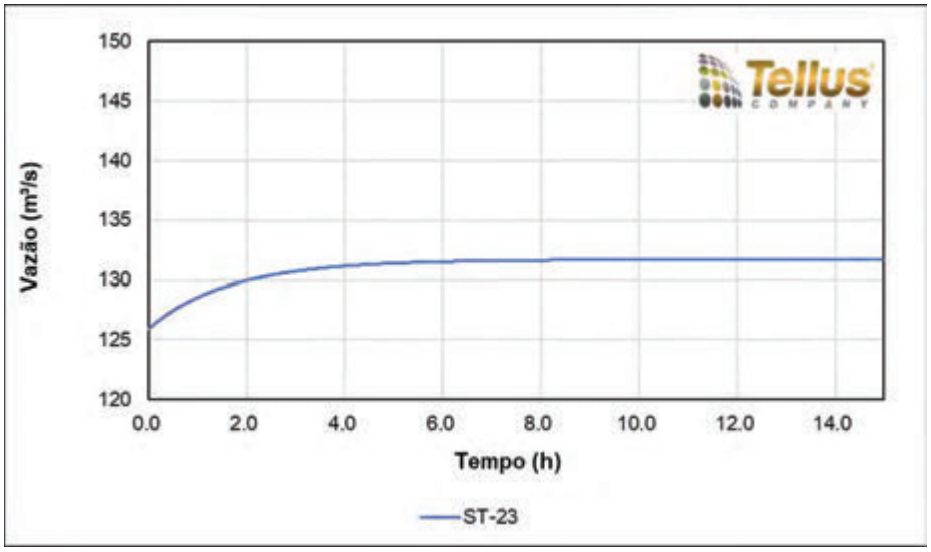


Figura 17.41 – Hidrograma da seção transversal ST-23.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

17.7 Cenário 7 - Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso

Para o Cenário 7, foram inseridas 09 seções transversais ao longo do trecho de propagação da onda de inundação a jusante do maciço sul da **Barragem do Vené**, a montante do Rio Maracaçumé, conforme ilustrado na **Figura 17.42**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

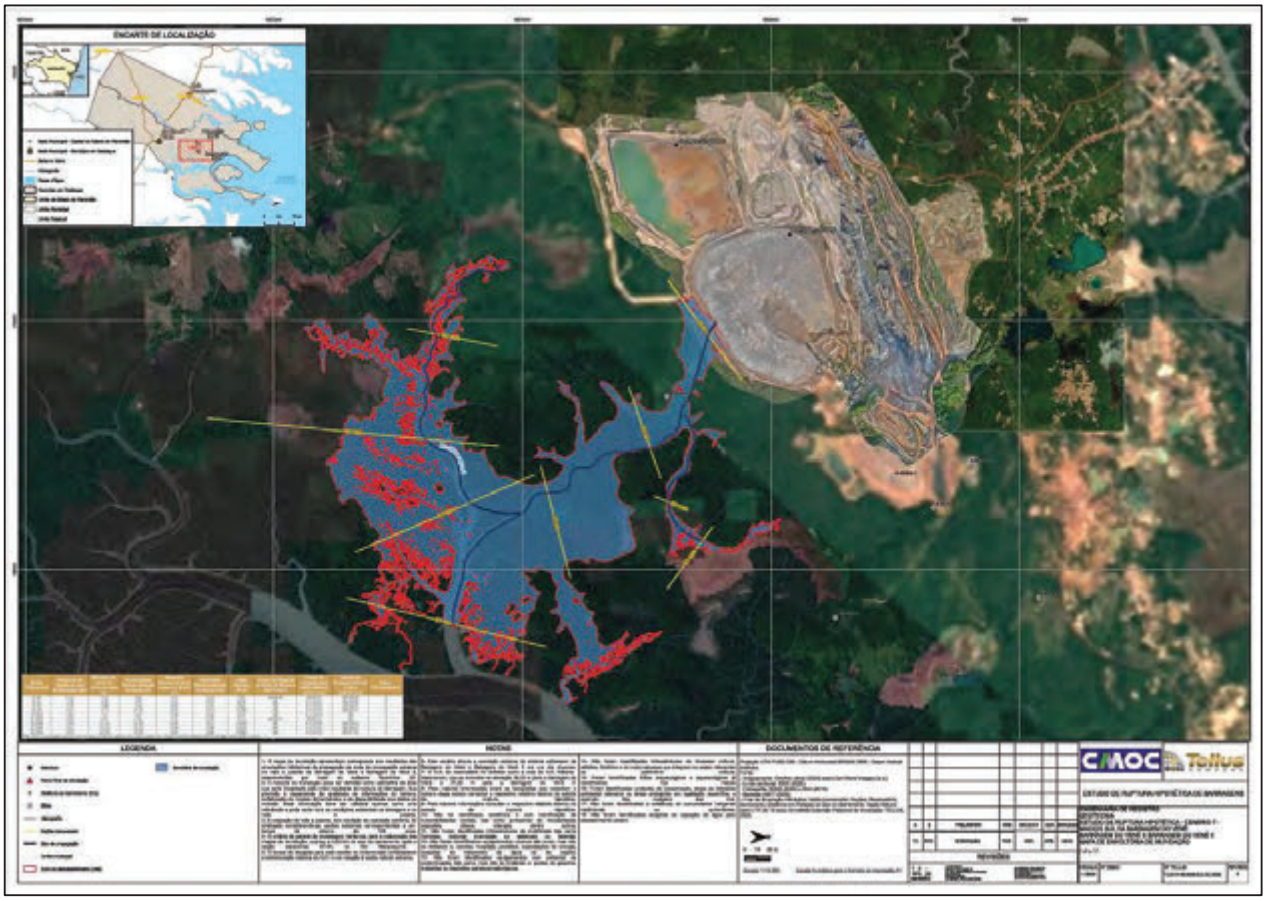


Figura 17.42 – Envoltória de inundação para o Cenário 7 (TL25-0149-0000-EG-DE-0032).

O Cenário 7 está associado a uma cheia severa com período de retorno de 100 anos (TR = 100 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos a jusante da **Barragem do Vené** bem como a área potencialmente impactada. A **Tabela 17-6** reúne os resultados obtidos para cada seção transversal (ST) analisada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-7 – Resultado das seções transversais para o cenário 7 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m^3/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-01	0.12	-2.12	3.02	3.11	3.24	570	00:00:46	00:00:57	00:38:58	6
ST-02	1.20	-4.82	4.93	0.12	0.63	1478	NA	0-1:14:57	00:00:54	6
ST-03	2.20	-4.88	4.96	0.09	0.45	2026	NA	0-1:13:15	00:38:31	6
ST-04	3.63	-17.3	17.34	0.05	0.14	11290	NA	0-1:13:55	00:00:21	6
ST-01R	1.65	-5.5	5.67	0.18	0.96	1151	NA	0-1:14:55	NA	3
ST-02R	2.09	1.45	1.96	3.53	0.59	123.5	00:00:47	00:00:51	NA	1
ST-03R	2.93	-12.35	12.39	0.04	0.12	14220	NA	0-1:13:43	00:38:26	5
ST-04R	3.61	-11.19	11.23	0.04	0.08	16120	NA	0-1:13:52	00:38:13	5
ST-05R	4.53	-12.56	12.59	0.04	0.06	16900	NA	0-1:13:51	00:37:30	4

*NA refere-se às seções transversais em que a onda de ruptura não supera 0,61m em relação a profundidade máxima atingida pela vazão natural.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os hidrogramas correspondentes às seções analisadas estão apresentados da **Figura 17.43** à **Figura 17.46.**

Observa-se um abatimento progressivo do pico de ruptura nas seções iniciais, até aproximadamente 3,63 km (ST-04) de distância do eixo da barragem, atribuído à alta deposição de material proveniente do rompimento, que se acumula sobre o terreno natural antes do escoamento atingir o rio Maracaçumé.

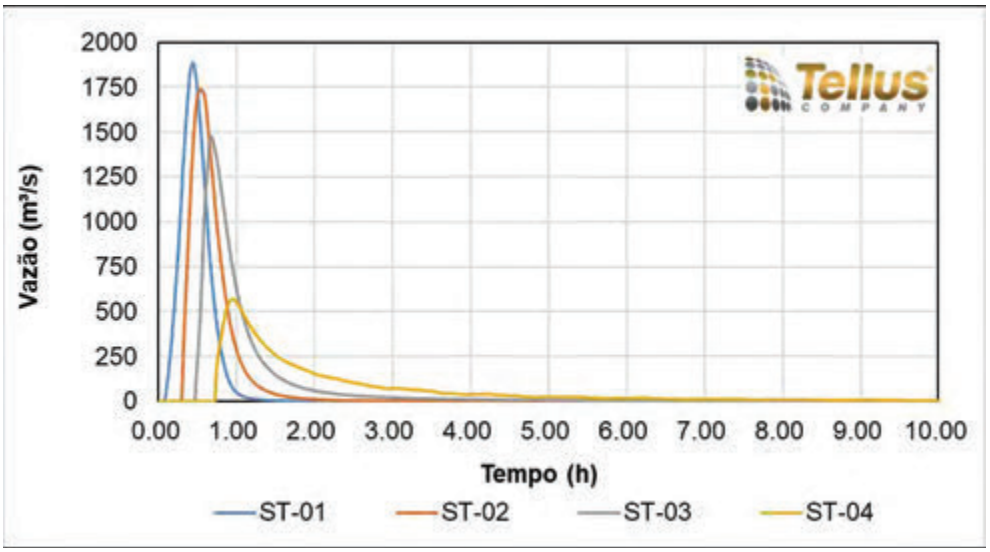


Figura 17.43 – Hidrogramas das seções transversais ST-01, ST-02, ST-03 e ST-04.

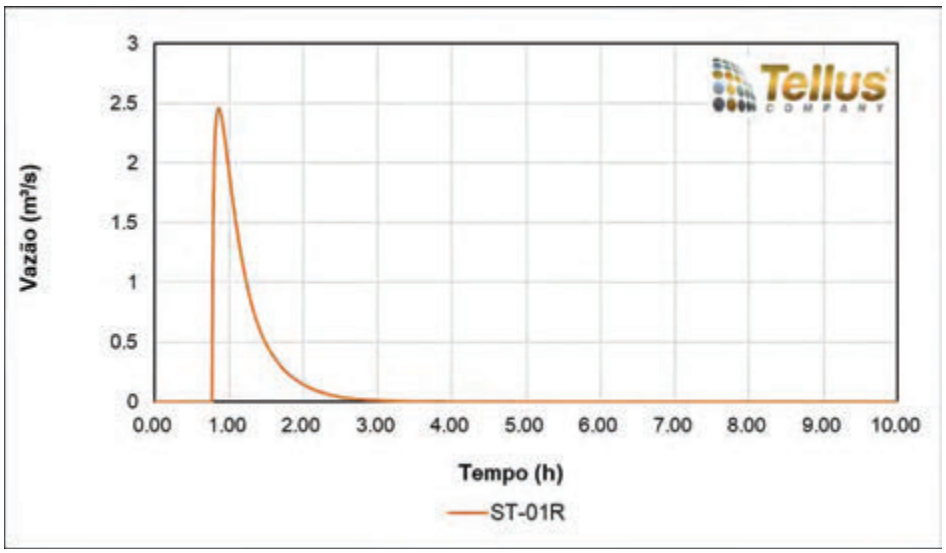


Figura 17.44 – Hidrograma da seção transversal ST-01R.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

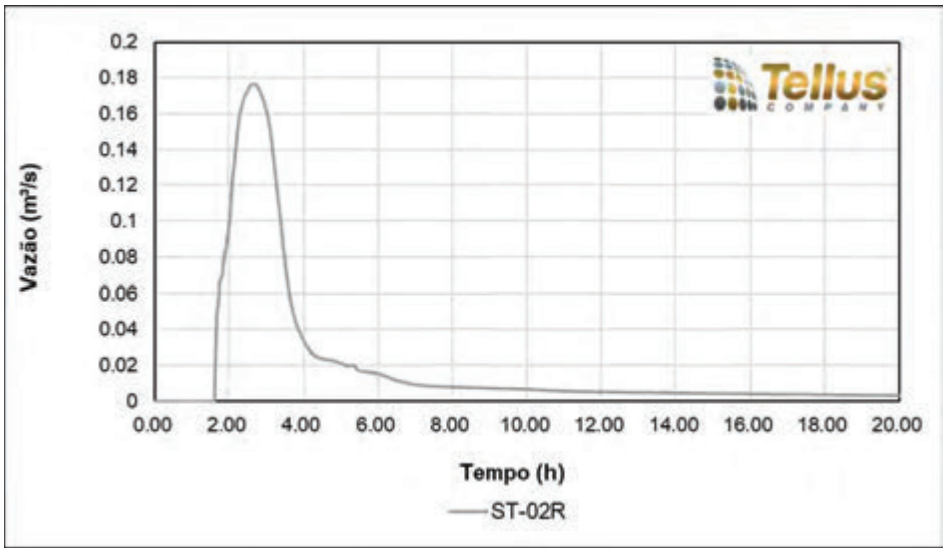


Figura 17.45 – Hidrograma da seção transversal ST-02R.

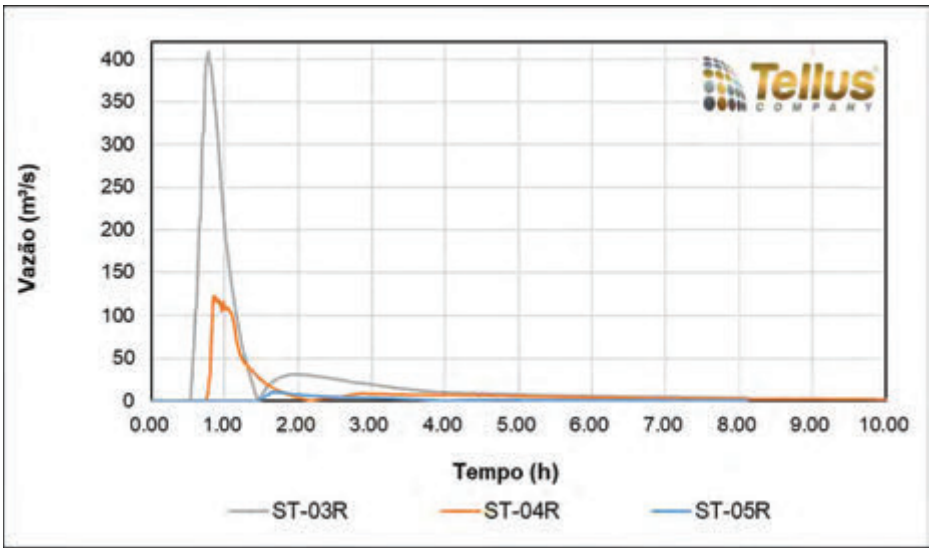


Figura 17.46 – Hidrogramas das seções transversais ST-03R, ST-04R e ST-05R.

17.8 Cenário 8 - Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené por *Piping* – Dia Seco

Para o Cenário 8, foram inseridas 07 seções transversais ao longo do trecho de propagação da onda de inundação a jusante do maciço sul da **Barragem do Vené**, a montante do Rio Maracaçumé, conforme ilustrado na **Figura 17.47**, para subsidiar a análise dos resultados hidrodinâmicos.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

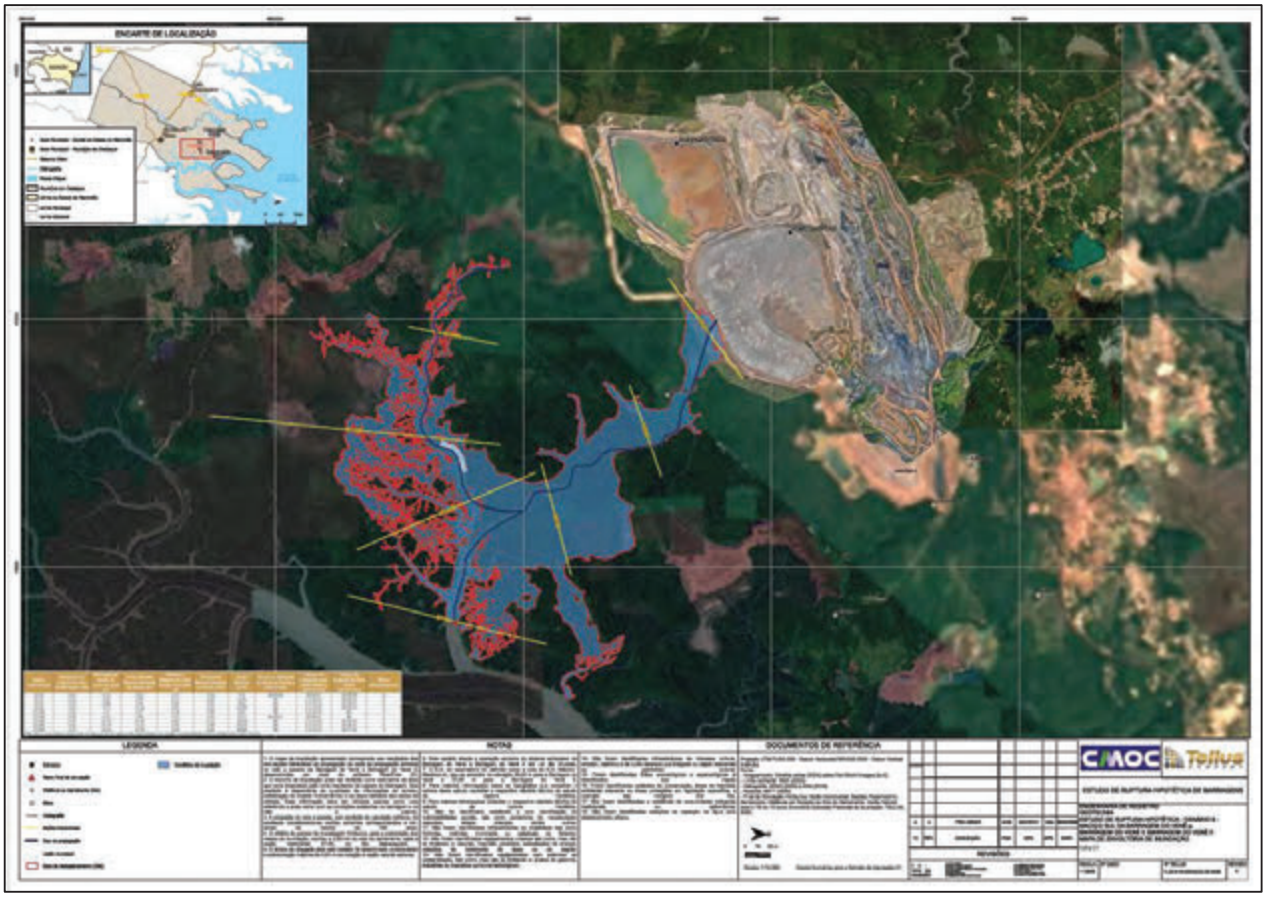


Figura 17.47 – Envoltória de inundação para o Cenário 8 (TL25-0149-0000-EG-DE-0038).

O Cenário 8 está associado a uma cheia provável com período de retorno de 2 anos (TR = 2 anos). A partir da mancha de inundação simulada, foram avaliados os possíveis impactos a jusante da **Barragem do Vené** bem como a área potencialmente impactada. A **Tabela 17-6** reúne os resultados obtidos para cada seção transversal (ST) analisada.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 17-8 – Resultado das seções transversais para o cenário 8 do estudo ruptura hipotética da Barragem do Vené.

Seção Transversal	Distância em relação ao eixo da Barragem (km)	Elevação de fundo do curso de água (m)	Profundidade Máxima Atingida na Seção (m)	Elevação Máxima do nível d'água na Seção (m)	Velocidade Máxima Atingida na Seção (m/s)	Vazão Máxima (m^3/s)	Tempo de Chegada da Onda de Ruptura (dd:hh:mm)	Tempo de chegada para vazão Máxima (dd:hh:mm)	Tempo de Duração da Fase Crítica (dd:hh:mm)	Risco Hidrodinâmico
ST-01	0.12	23.29	3.54	29.06	7.81	983.6	00:00:02	00:00:25	00:38:58	6
ST-02	1.20	3.21	1.69	4.98	3.33	909	00:00:22	00:00:32	00:38:38	6
ST-03	2.20	1.36	2.48	3.91	2.7	643	00:00:32	00:00:46	00:38:28	5
ST-04	3.63	-2.04	2.25	2.9	2.49	244	00:01:01	00:01:10	NA	6
ST-01R	1.65	3.94	0	-	0	0	NA	0-1:13:00	00:27:43	5
ST-02R	2.09	3.57	0	-	0	0	NA	0-1:13:00	00:38:00	5
ST-03R	2.93	1.88	1.48	3.53	1.4	130.2	00:00:40	00:00:58	00:36:49	3
*NA refere-se às seções transversais em que a onda de ruptura não supera 0,61m em relação a profundidade máxima atingida pela vazão natural.										

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Os hidrogramas correspondentes às seções analisadas estão apresentados da **Figura 17.48** à **Figura 17.49**. Observa-se um abatimento progressivo do pico de ruptura nas seções iniciais, até aproximadamente 3,63 km (ST-04) de distância do eixo da barragem, atribuído à alta deposição de material proveniente do rompimento, que se acumula sobre o terreno natural antes do escoamento atingir o rio Maracaçumé.

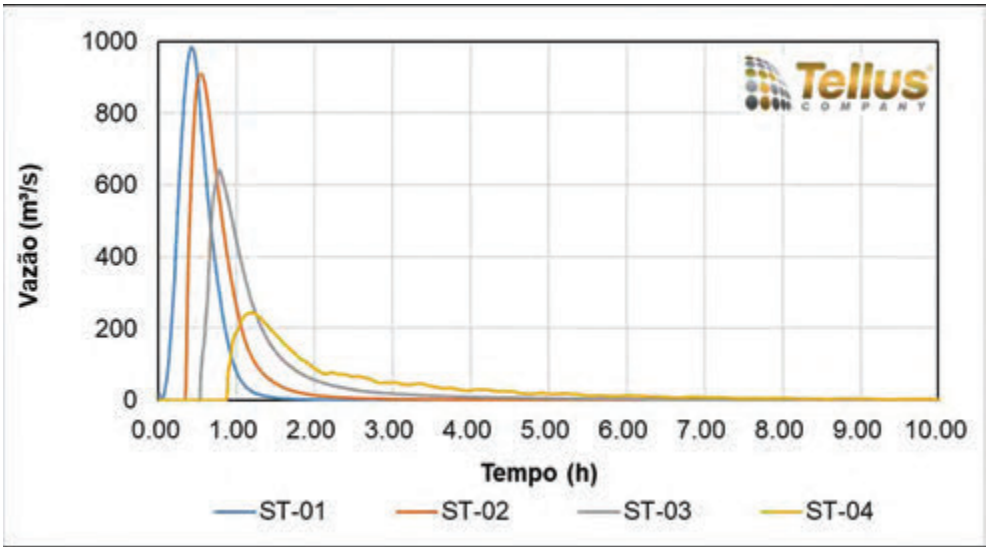


Figura 17.48 – Hidrogramas das seções transversais ST-01, ST-02, ST-03 e ST-04.

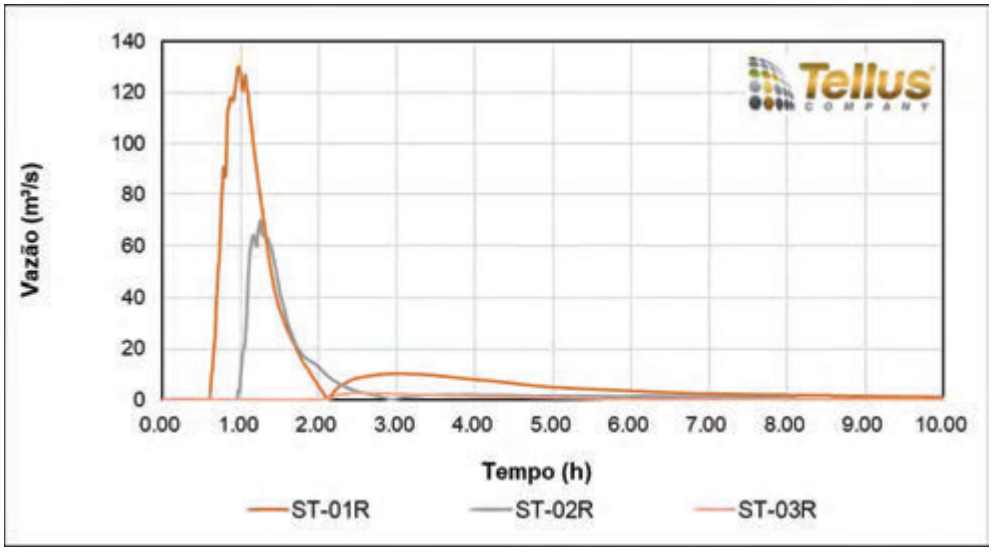


Figura 17.49 – Hidrogramas das seções transversais ST-01R, ST-02R, ST-03R.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

17.9 Resumo Geral dos Resultados

A **Tabela 17-9** apresenta a síntese dos cenários considerados no presente estudo de ruptura hipotética das **Barragens do Vené e do Vené II**, contemplando as respectivas descrições, modos de falha adotados e volumes mobilizáveis estimados para cada situação. Os cenários foram elaborados de forma a representar as condições mais críticas e plausíveis de instabilidade estrutural, tanto para períodos de chuvas intensas (dia chuvoso) quanto para condições de estiagem (dia seco), incluindo também as hipóteses de ruptura em cascata entre as estruturas.

Tabela 17-9 – Descrição de cada cenário, considerado no presente estudo de ruptura hipotética de barragem.

Cenário	Descrição	Modo de Falha	Volume Mobilizável
1	Rompimento da Barragem Vené em cascata com a Barragem do Vené II - Dia Chuvoso	Instabilização seguido de Galgamento	5.551.642,49
2	Rompimento do Maciço Norte da Barragem Vené, sentido Cava do Piaba - Dia Chuvoso	Instabilização seguido de Galgamento	13,030,417.87
3	Rompimento do Maciço Norte da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso	Instabilização seguido de Galgamento	3.922.246,07
4	Rompimento do Maciço Oeste da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso	Instabilização seguido de Galgamento	4,008,967.32
5	Rompimento do Maciço Sudeste da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso	Instabilização seguido de Galgamento	2,147,304.60
6	Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené II por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso	Instabilização seguido de Galgamento	3,350,458.67
7	Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené por instabilidade estrutural seguido de Galgamento – Dia Chuvoso	Instabilização seguido de Galgamento	1.990.629,04
8	Rompimento do Maciço Sul da Barragem Vené por *Piping* – Dia Seco	*Piping*	1.533.549,95

Maciço	Volumes das Ruptura	
	Individual	Cascata
Norte	3.922.246,07	3.446.409,00
Oeste	4.008.967,32	1.949.773,50
Sul	3.350.458,67	14.027,99
Sudeste	2.147.304,60	141.432,00

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

18 MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDÁVEIS

De acordo com a Resolução ANM nº 95/2022, alterada pelas Resoluções ANM nº 130/2023 e ANM nº 175/2024, a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como o trecho do vale a jusante da barragem onde o tempo de chegada da onda de inundação é insuficiente para permitir a atuação das autoridades competentes em situações de emergência. Nessa área, a responsabilidade pela emissão dos avisos e pela execução das ações de alerta à população recai integralmente sobre o empreendedor da barragem.

Para a delimitação da ZAS, deve-se adotar a maior entre as seguintes distâncias:

- Aquela correspondente a um tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos, ou
- A distância linear de 10 quilômetros a jusante da barragem, prevalecendo o critério que resultar na maior extensão de área abrangida.

Quanto a sensibilidade das áreas potencialmente afetadas, foi incorporado nos mapas de inundação o cadastro socioeconômico fornecido por MASA no documento STE-MZ006-EAE-CSO-PDF001-F2 atualizado em abril de 2026 pela empresa Sete.

19 MAPAS DE INUNDAÇÃO

Como resultado do Estudo de Ruptura Hipotética das estruturas da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**, foram elaborados diversos mapas hidrodinâmicos que representam as condições máximas obtidas nas simulações desenvolvidas no *software* RiverFlow 2D®. Esses produtos cartográficos incluem:

- Mapa de Envoltória Máxima de Inundação;
- Mapa de Profundidade Máxima;
- Mapa de Velocidade Máxima;
- Mapa de Elevação Máxima;
- Mapa de Tempo de Chegada da Frente e do Pico da Onda de Inundação;
- Mapa de Duração da Fase Crítica da Inundação; e
- Mapa de Risco Hidrodinâmico.

O risco hidrodinâmico, definido como o produto entre a profundidade (P) e a velocidade (V) da onda de inundação, expressa o nível de perigo e vulnerabilidade ao qual pessoas, veículos e edificações estão

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

expostos. Para a classificação deste risco, adotou-se a metodologia proposta pelo RESCDAM (2001) e consolidada por Smith *et al*. (2014), que estabelece curvas de vulnerabilidade combinadas entre profundidade e velocidade (**Figura 19.1**). Essa abordagem permite avaliar o potencial destrutivo da onda de ruptura e identificar as zonas críticas para planejamento de evacuação e resposta emergencial.

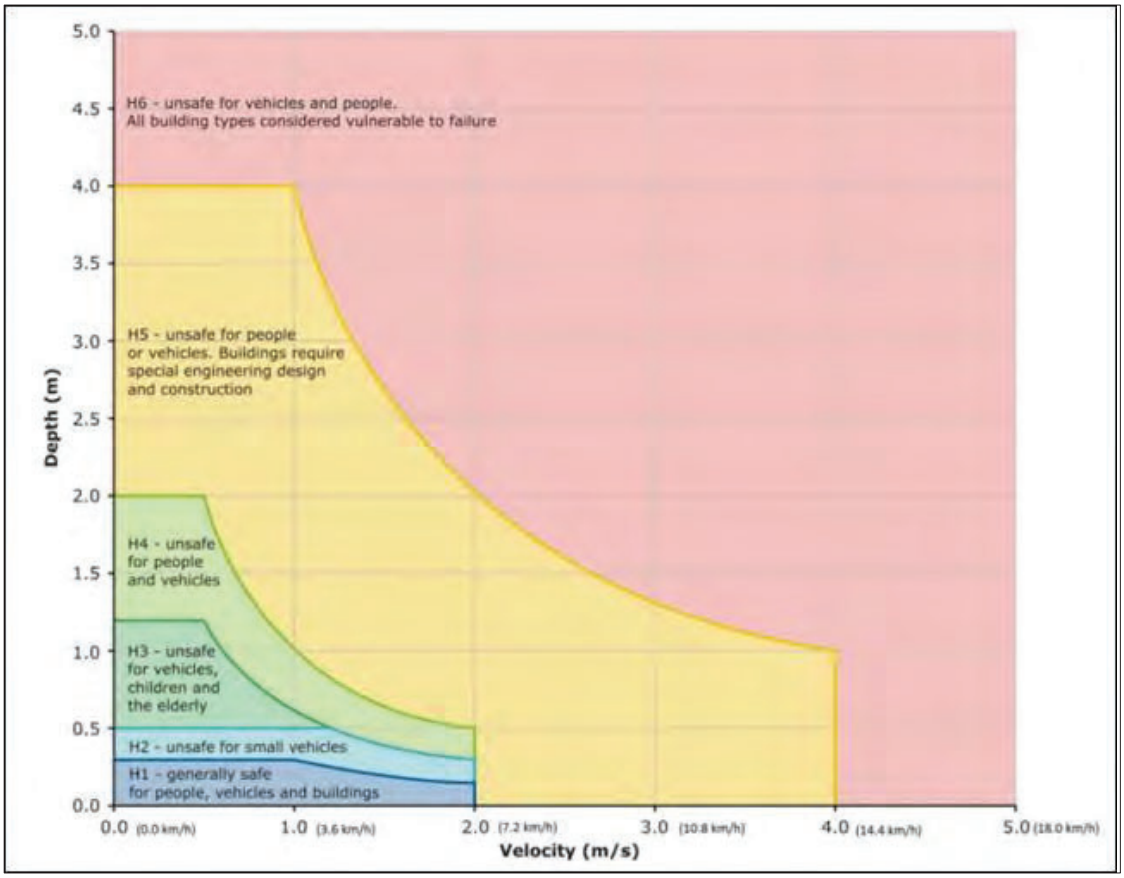


Figura 19.1 – Curvas combinadas de risco de inundação (Smith et al, 2014).

A **Tabela 19-1** apresenta os limites de classificação de risco hidrodinâmico e a **Tabela 19-2** descreve as consequências associadas a cada categoria de vulnerabilidade, abrangendo desde condições geralmente seguras até situações de colapso estrutural generalizado. Essa parametrização foi aplicada aos resultados obtidos nas simulações da **Barragem do Vené** e da **Barragem do Vené II**, permitindo o mapeamento detalhado das áreas críticas de inundação e impacto potencial sobre o entorno imediato, conforme indicado nos mapas de risco hidrodinâmico.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Tabela 19-1 – Curvas de riscos combinados – Limites de vulnerabilidade (Smith et al, 2014).

Classificação de vulnerabilidade de perigo	Limite de classificação (P e V em combinação)	Profundidade limite (P)	Velocidade limite (m/s)
R1	P*V <= 0,3	0,3	2,0
R2	P*V <= 0,6	0,5	2,0
R3	P*V <= 0,6	1,2	2,0
R4	P*V <= 1,0	2,0	2,0
R5	P*V <= 4,0	4,0	4,0
R6	P*V <= 4,0	-	-

Tabela 19-2 – Consequência do risco hidrodinâmico.

Classificação de vulnerabilidade de riscos	Descrição
R1	Geralmente seguro para veículos, pessoas e edifícios.
R2	Inseguro para veículos pequenos.
R3	Inseguro para veículos, crianças e idosos.
R4	Inseguro para veículos e pessoas.
R5	Inseguro para veículos e pessoas. Edifícios vulneráveis a danos estruturais. Alguns edifícios menos robustos sujeitos à falha.
R6	Inseguro para veículos e pessoas. Todos os tipos de edifícios considerados vulneráveis a falha.

A relação completa dos mapas elaborados para cada cenário, acompanhada das respectivas numerações e identificações, encontra-se apresentada **Tabela 22-1 (Apêndices)**, onde é possível consultar individualmente todos os produtos cartográficos gerados neste estudo.

20 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Estudo de Ruptura Hipotética das **Barragens do Vené e do Vené II** teve como objetivo principal avaliar o comportamento e a propagação da onda de inundação decorrente de cenários hipotéticos de falha, considerando diferentes mecanismos de ruptura e combinações possíveis entre as estruturas. O trabalho foi desenvolvido em conformidade com as diretrizes da ANM (Resoluções nº 95/2022, 130/2023 e 175/2024) e das normas ABNT NBR 17.188/2024 e ABNT NBR 13.028/2024, além de referências internacionais de segurança de barragens (FEMA, USBR e CDA).

O estudo foi embasado em levantamentos topográficos e batimétricos atualizados, que permitiram representar com precisão a geometria do vale a jusante e as condições reais de armazenamento. Foram executados levantamentos planialtimétricos e o cadastramento completo das calhas dos rios Tromaí e

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Maracaçumé, garantindo a correta reprodução das seções de escoamento utilizadas na modelagem. Os dados obtidos por GNSS RTK e ecobatímetro DGPS que atenderam aos critérios de Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC Classe A), garantindo precisão planimétrica e altimétrica compatível com os requisitos de modelagem hidrodinâmica. Essa base permitiu a geração de um modelo digital do terreno contínuo e integrado, empregado diretamente na construção do modelo no RiverFlow 2D®.

Todos os cenários avaliados abrangem a totalidade do requerido na NBR 17.188/2024, quanto a avaliação de cenários para dia seco e dia chuvoso, cenários complementares, nesse documento apresentado através dos rompimentos de cada maciço que compõem a estrutura e por fim rupturas sinérgicas, apresentada através da simulação em cascata. De forma análoga, a aplicação das vazões naturais ordinária e extrema, os cenários de dia chuvoso foram simulados com a incidência de chuvas extremas - PMP nos reservatórios de ambas as Barragens e na Cava do Piaba.

A caracterização reológica do material armazenado foi conduzida a partir de ensaios in situ e laboratoriais, realizados sobre amostras deformadas e indeformadas, com o objetivo de representar adequadamente o comportamento do fluxo de rejeitos em diferentes Concentrações Volumétricas (Cv). Os ensaios abrangeram reometria rotacional, slump test, determinação do ângulo de repouso, limites de consistência e densidade, entre outros. O ângulo de repouso foi obtido por meio de ensaios específicos e representativos das condições reais de disposição, assegurando a fidedignidade física e geométrica dos parâmetros utilizados.

Com base nos resultados experimentais, foram avaliadas e comparadas diferentes equações reológicas, levando-se em consideração as propriedades medidas e a coerência com o comportamento esperado dos rejeitos. As equações selecionadas apresentaram a melhor correspondência entre os parâmetros obtidos em ensaio e o comportamento observado. Essa validação experimental, considerando as características geotécnicas e hidrodinâmicas dos rejeitos conferiu maior confiabilidade aos resultados das simulações.

Foram analisados e justificados todos os mecanismos potenciais de falha, incluindo galgamento, *piping* e instabilidade estrutural, sendo adotado para as simulações o cenário considerado tecnicamente plausível, conforme avaliação conjunta da equipe técnica da MASA e da auditoria de Avaliação de Conformidade e Operacionalidade (ACO) e a Tellus Company.

Para os cenários de ruptura, foram consideradas duas condições representativas: a condição extrema, correspondente a um dia chuvoso, e a condição provável, correspondente a um dia seco. A partir da verificação e comparação dos hidrogramas de ruptura elaborados para ambas as condições, foi possível justificar a criticidade relativa de cada cenário. Dessa forma, os cenários identificados como menos danosos, por apresentarem volumes e picos de vazão significativamente inferiores, não demandaram a execução

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

completa da modelagem hidrodinâmica nem a elaboração de mapas de inundação específicos, mantendo-se o foco das simulações nos cenários com maior potencial de impacto.

A malha numérica não estruturada foi refinada ao longo das calhas fluviais, no entorno das cavas e nas regiões de maiores gradientes hidráulicos, utilizando *MeshBreakLines* para garantir a coerência hidráulica do modelo. As dimensões das células variaram entre aproximadamente 0,6 m e 35 m, assegurando o equilíbrio entre detalhamento local e desempenho computacional. O modelo operou com controle automático do passo de tempo, mantendo o número de Courant (CFL) igual a 1, condição ideal para estabilidade numérica e conservação de massa.

As simulações hidrodinâmicas foram realizadas para múltiplos cenários, incluindo rupturas independentes e combinadas das duas estruturas. Para cada caso, foram obtidos os hidrogramas de ruptura, as vazões e profundidades máximas, as velocidades de pico e os tempos de chegada. Os resultados indicaram amortecimento progressivo da onda de cheia ao longo do vale, coerente com o relevo e com a deposição de material sólido, e confirmaram a ausência de contribuição da mancha em direção à Cava do Piaba, em conformidade com as condições topográficas e hidrodinâmicas locais.

Com base nas simulações, foram atualizados os mapas de inundação, delimitadas as Zonas de Autossalvamento (ZAS) e Zonas de Salvamento Secundária (ZSS) e consolidados os parâmetros técnicos para o Plano de Ação de Emergência (PAEBM) e para a classificação do Dano Potencial Associado (DPA). O estudo integra dados de campo, caracterização reológica detalhada e modelagem numérica, configurando uma base técnica consistente, rastreável e compatível com as melhores práticas internacionais de engenharia de barragens. Adicionalmente, foram inseridos nos mapas de inundação o cadastro socioeconômico atualizado em 2026.

Destaca-se ainda que as conclusões e resultados apresentados neste estudo estão diretamente associados às premissas adotadas e às informações disponibilizadas até a data de sua elaboração, não contemplando eventuais condições não identificadas, alterações posteriores ou informações adicionais que possam modificar o comportamento das estruturas ou as condições de propagação da onda de ruptura. Assim, a utilização dos resultados aqui apresentados deve considerar as limitações inerentes aos dados empregados, sendo recomendada a revisão e atualização das análises sempre que houver modificações relevantes ou disponibilização de novas informações técnicas capazes de alterar as premissas inicialmente adotadas.

Por fim, ressalta-se que todos os dados e informações aqui apresentados foram disponibilizados pela **CMOC MASA** por e-mail e por meio dos PSBs de cada estrutura, consultados entre os meses de agosto e abril de 2026, sendo de sua responsabilidade a veracidade e a qualidade das informações fornecidas.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

21 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13028: Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17188: Barragens – Ruptura hipotética – Diretrizes. Rio de Janeiro, 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. Resolução nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. Brasília, DF, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. Resolução nº 130, de 24 de fevereiro de 2023. Brasília, DF, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. Resolução nº 175, de 01 de agosto de 2024. Brasília, DF, 2024.

BARNES, H. A.; HUTTON, J. F.; WALTERS, K. An Introduction to Rheology. Amsterdam: Elsevier Science, 1989.

BARNES, H. B. Roughness Characteristics of Natural Channels. Washington, DC: U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1849, 1967.

BLIGHT, G. Geotechnical Engineering for Mine Waste Storage Facilities. Boca Raton: CRC Press, 2010.

BUREAU OF RECLAMATION. Design of Small Dams. 3rd ed. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, 1987.

CDA – Canadian Dam Association. Technical Bulletin: Tailings Dam Breach Analysis. Canada, 2021.

CHOW, V. T. Open-Channel Hydraulics. Reprint Edition. New York: McGraw-Hill, 1988.

CIGB – COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES. Dam Safety Management: Operational Phase of the Dam Life Cycle. Bulletin 154. Paris, 2016.

COSTA, J. E.; SCHUSTER, R. L. The Formation and Failure of Natural Dams. Geological Society of America Bulletin, v. 100, p. 1054–1068, 1988.

FEMA – Federal Emergency Management Agency. Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risks Associated with Dam Incidents and Failures (FEMA P-946). Washington, DC, 2013.

FREAD, D. L. BREACH: An Erosion Model for Earthen Dam Failures. U.S. National Weather Service, Silver Spring, MD, 1988.

FROEHLICH, D. C. Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties. Journal of Hydraulic Engineering, v. 134, n. 12, p. 1708-1721, 2008.

FROEHLICH, D. C. Empirical Model of Embankment Dam Breaching. Journal of Hydraulic Engineering (ASCE), 2016

ICOLD – INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. Internal Erosion of Existing Dams, Levees and Dikes, and their Foundations. Bulletin 164. Paris, 2015.

ICOLD – INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. Selecting Seismic Parameters for Large Dams. Bulletin 148. Paris, 2016.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

MACDONALD, T. C.; LANGRIDGE-MONOPOLIS, J. Breaching Characteristics of Dam Failures. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, v. 110, n. 5, p. 567–586, 1984.

RICO, M. *et al*. Floods from Tailings Dam Failures. Journal of Hazardous Materials, v. 154, p. 79–87, 2008.

Silva, A. M., Glover, H. E., Josten, M. E., Gomes, V. J., Ogston, A. S., & Asp, N. E. (2023). Implications of a large river discharge on the dynamics of a tide-dominated Amazonian estuary. Water, 15(5), 849.

SILVA, G. P. Estabilidade de Barragens de Terra e Enrocamento. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

SILVA, M. A. Mecanismos de Ruptura e Segurança de Barragens de Mineração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

SINGH, V. P.; SNORRASON, Á. Sensitivity of Outflow Parameters to Breach Parameters in Dam Failure Analysis. Journal of Hydrology, v. 57, p. 373–385, 1982.

SMITH, G. P. et al. Combined Flood Hazard Curves for Vulnerability Assessment. Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 14, p. 2369-2382, 2014.

USACE – U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Engineering and Design – Evaluation and Monitoring of Seepage and Internal Erosion in Embankment Dams. Manual EM 1110-2-1901. Washington, D.C., 2017.

USACE – U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Stability of Earth and Rockfill Dams. Manual EM 1110-2-1902. Washington, D.C., 2017.

WALDER, J. S.; O'CONNOR, J. E. Methods for Predicting Peak Discharge from Breaching of Earthfill Dams. Water Resources Research, v. 33, n. 10, p. 2337–2348, 1997.

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

22 APÊNDICES

22.1 A - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20254433619

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

GERMANO SILVA DE ARAUJO
Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**
RNP: **2706864494**
Registro: **43218MG**

Empresa contratada: **TELLUS COMPANY ENGENHARIA LTDA**
Registro Nacional: **0000023946-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **Mineração Aurizona S/A**
CPF/CNPJ: **42.422.048/0002-19**
VILA DE AURIZONA
Nº: **S/N**
Complemento:
Bairro:
Cidade: **GODOFREDO VIANA**
UF: **MA**
CEP: **65285000**

Contrato: **4256**
Celebrado em: **06/08/2025**
Valor: **R$ 239.855,80**
Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outras**

3. Dados da Obra/Serviço

VILA DE AURIZONA
Nº: **S/N**
Complemento:
Bairro:
Cidade: **GODOFREDO VIANA**
UF: **MA**
CEP: **65285000**
Data do Início: **08/08/2025**
Previsão de término: **08/08/2026**
Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **OUTROS**
Código: **Não Especificado**
Proprietário: **Mineração Aurizona S/A**
CPF/CNPJ: **42.422.048/0002-19**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração 40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração de Estudos de Ruptura Hipotética para a Barragem do Vené e Barragem do Vené II, localizadas na Mina de Aurizona, no Município de Godofredo Viana / MA (nº Tellus: TL25-0149)

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

SENGE-MG - Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais

WILLISON CARDOSO DOS SANTOS
Coord Geotecnia Barragem
Mineração Aurizona S.A

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: sZ91C
Impresso em: 08/11/2025 às 12:16:36 por: , ip: 200.165.88.171

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20254433619

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Conselheiro Vilas, 19 de Novembro de 2025
Local data

GERMANO SILVA DE ARAUJO:94732167500

GERMANO SILVA DE ARAÚJO - CPF: 947.321.675-00

Mineração Aurizona S/A - CNPJ: 42.422.048/0002-19

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 271,47** Registrada em: **07/11/2025** Valor pago: **R$ 271,47** Nosso Número: **8609611360**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: https://crea-mg.sitac.com.br/publico/, com a chave: a291C
Impresso em: 08/11/2025 às 12:15:28 por: , ip: 200.165.86.171

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

22.2 B - RELAÇÃO DOS MAPAS ELABORADOS

A relação completa dos mapas elaborados para cada cenário, acompanhada das respectivas numerações e identificações, pode ser observado na **Tabela 22-1**.

Tabela 22-1 – Relação dos Mapas elaborados para o presente estudo de ruptura hipotética da Barragem do Vené e da Barragem do Vené II.

MAPA DAS VAZÕES NATURAIS – RIO THOMAÍ / RIO MARACAÇUMÉ	-
Cenário 1 – Cascata – Todos os maciços de Vené II	
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO – Geral	TL25-0149-0000-EG-DE-0000
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0001
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0002
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0003
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0004
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0005
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0006
MAPA DE TEMPO DE PICO	TL25-0149-0000-EG-DE-0049
MAPA DE TEMPO DE DURAÇÃO DA FASE CRÍTICA	TL25-0149-0000-EG-DE-0055
Cenário 2 - Cava	
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO – Geral	TL25-0149-0000-EG-DE-0007
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0044
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0045
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0046
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0047
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0048
MAPA DE TEMPO DE PICO	TL25-0149-0000-EG-DE-0050
Cenário 3 – Maciço Norte de Vené II	
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0008
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0009
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0010
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0011
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0012
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0013
MAPA DE TEMPO DE PICO	TL25-0149-0000-EG-DE-0051
Cenário 4 – Maciço Oeste de Vené II	

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0014
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0015
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0010
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0011
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0012
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0013
MAPA DE TEMPO DE PICO	TL25-0149-0000-EG-DE-0052
Cenário 5 – Maciço Sudeste de Vené II	
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0014
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0015
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0016
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0017
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0018
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0019
MAPA DE TEMPO DE PICO	TL25-0149-0000-EG-DE-0053
Cenário 6 – Maciço Sul de Vené II	
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0020
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0021
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0022
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0023
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0024
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0025
MAPA DE TEMPO DE PICO	TL25-0149-0000-EG-DE-0054
Cenário 7 – Maciço Sul de Vené I	
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0026
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0027
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0028
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0029
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0030
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0031
Cenário 8 – Maciço Sul de Vené I	
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO	TL25-0149-0000-EG-DE-0032
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0033
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0034

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

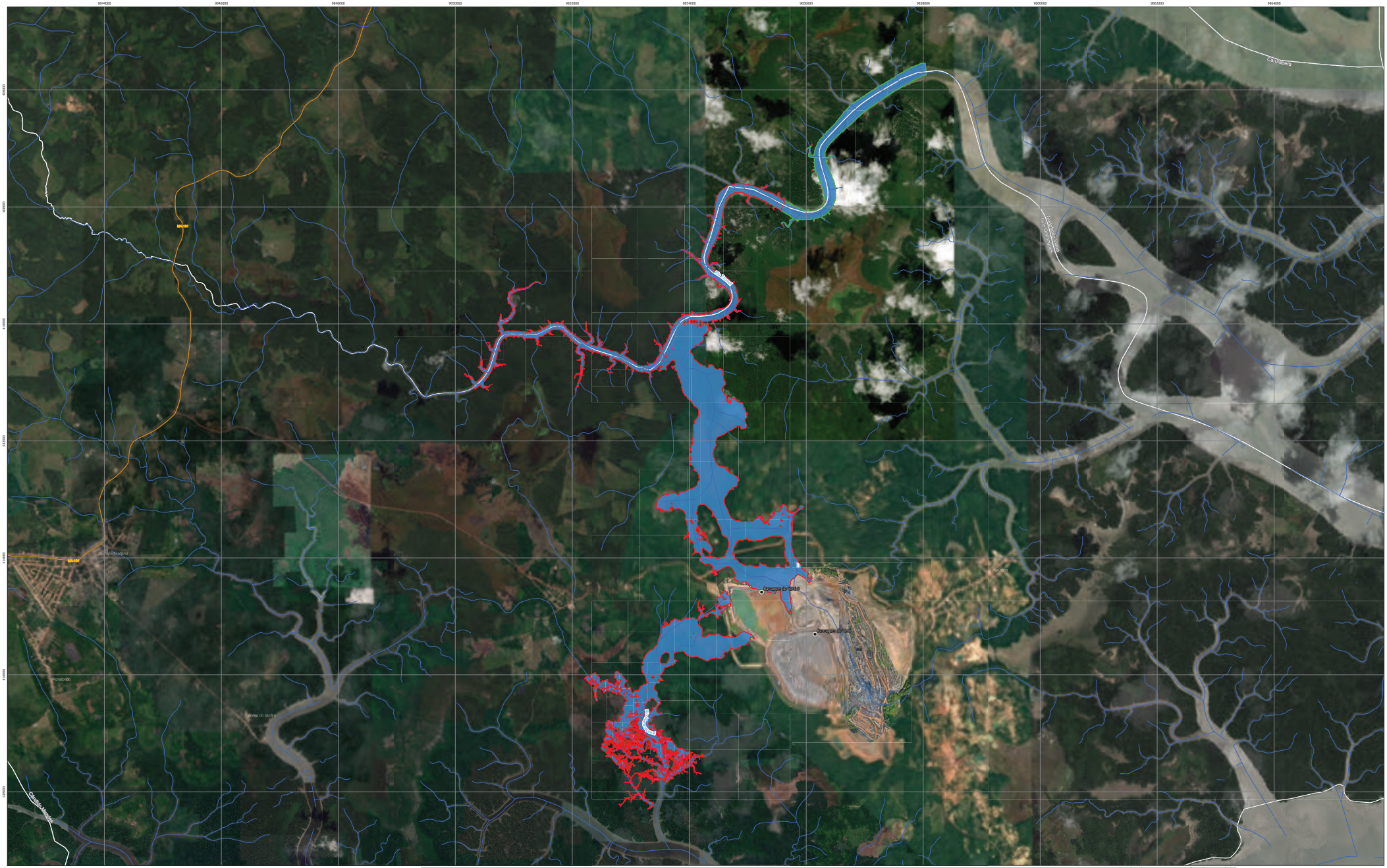
MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO CLASSIFICADO	TL25-0149-0000-EG-DE-0035
MAPA DE VELOCIDADADE MÁXIMA	TL25-0149-0000-EG-DE-0036
MAPA DE TEMPO DE CHEGADA	TL25-0149-0000-EG-DE-0037

22.3 C – GRÁFICOS DOS RESULTADOS

GRÁFICOS DOS RESULTADOS.pdf	**Apêndice C** Apresentação gráfica dos resultados das simulações - .PDF 77 páginas

Restricted ® Tellus Company 2026 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

Barão Homem de Melo, 4554, 2º andar, Sala 202.
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30.494-270
www.telluscompany.com.br



LEGENDA

- Estrutura
- Hidrografia
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Envoltória de inundação

NOTAS

1 - Para mais detalhes analisar os seguintes documentos:

a)TL25-0149-0000-ES-DE-0001
b)TL25-0149-0000-EG-DE-0002
c)TL25-0149-0000-EG-DE-0003
d)TL25-0149-0000-EG-DE-0004
e)TL25-0149-0000-EG-DE-0005
f)TL25-0149-0000-EG-DE-0006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fontes:
- Imageamento: Ortofoto aéreo (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025);
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019);
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:20.000 — Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES

TE	REV	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	30/04/2026

T - E - TIPO DE EMISSÃO

E1 PRELIMINAR
E2 PARA ENDOSSO/APROVAÇÃO
E3 PARA CONSTRUÇÃO
E4 PARA CONSTRUÇÃO
E5 AS BUILT

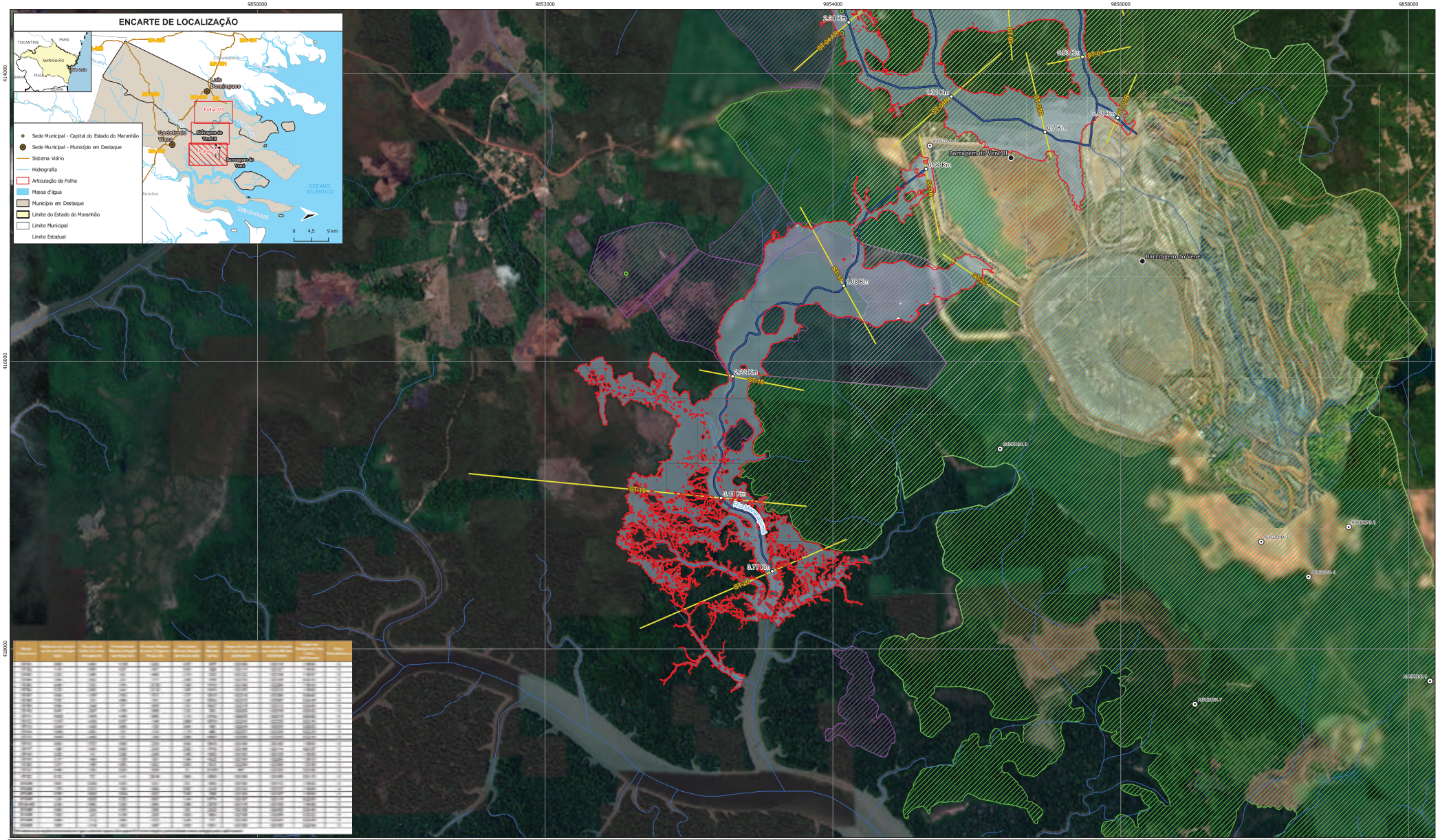
C1 CARACTERÍSTICA CRÍTICA
C2 CARACTERÍSTICA SIGNIFICATIVA
C3 CARACTERÍSTICA COMUM
C4 CARACTERÍSTICA COMUM

CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÉ E BARRAGEM DO VENÉ II
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO - GERAL

ESCALA	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:20000		TL25-0149-0000-EG-DE-0000	0



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais
- Envoltória de inundação

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromai. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
B	1.	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

REVISÕES

TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR; (B) PARA CONHECIMENTO; (C) PARA ANÁLISE E APROVAÇÃO; (D) APROVADO; (E) PARA LICITAÇÃO; (F) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO; (G) LIBERADO PARA COMPRA; (H) CONFORME COMPRADO; (I) AS BUILT; (J) COMPLEMENTAR CONSTRUÍDO; (K) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

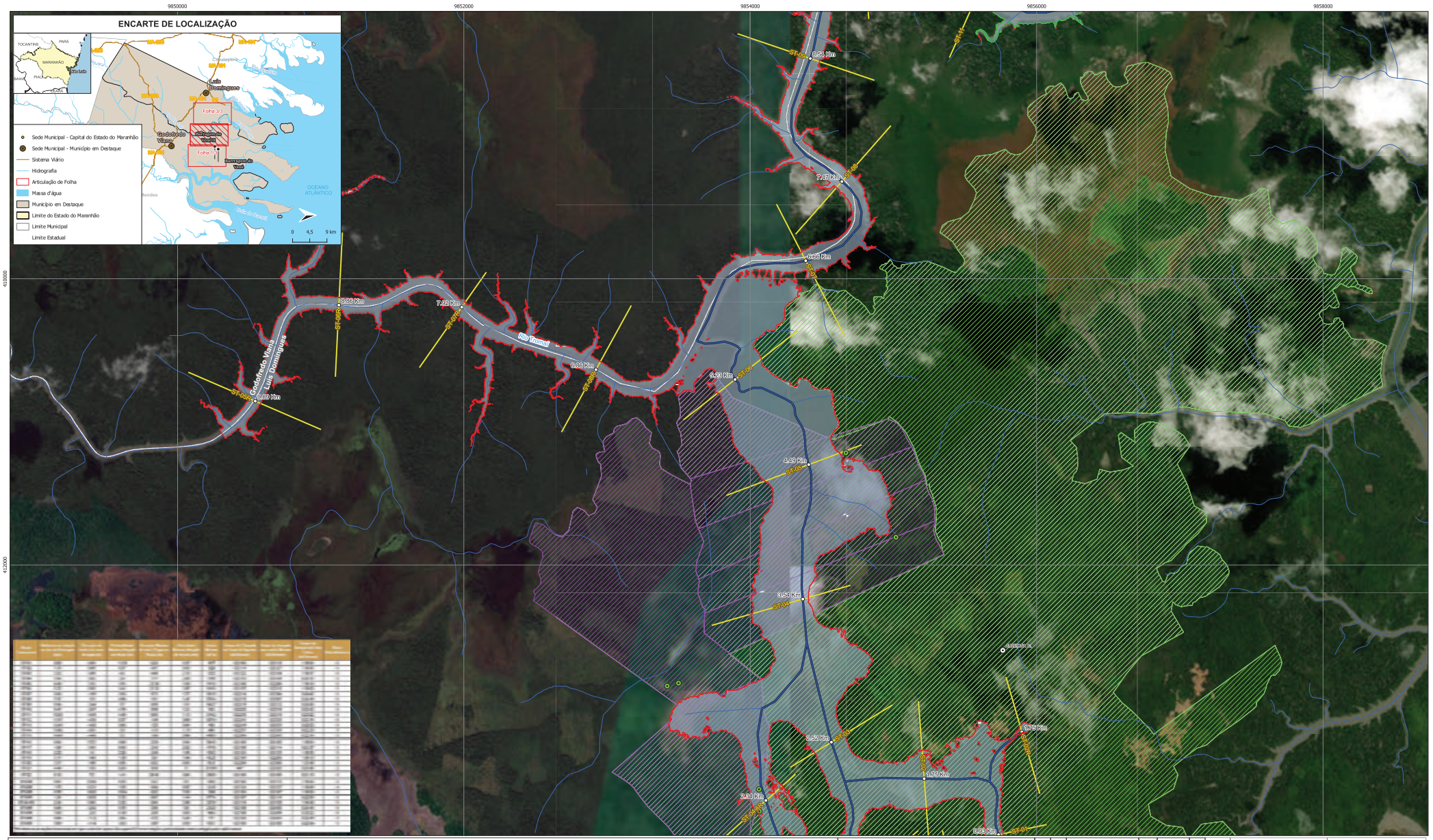
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO

Folha 1/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0001	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais
- Envoltória de inundação

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromaí. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000 Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES

TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
B	1.	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR; (B) PARA CONHECIMENTO; (C) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO; (D) APROVADO; (E) PARA CONSULTA; (F) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO; (G) LIBERADO PARA COMPRA; (H) CONFORME COMPRADO; (I) AS BUILT; (J) COMPLEMENTAR CONSTRUÍDO; (K) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

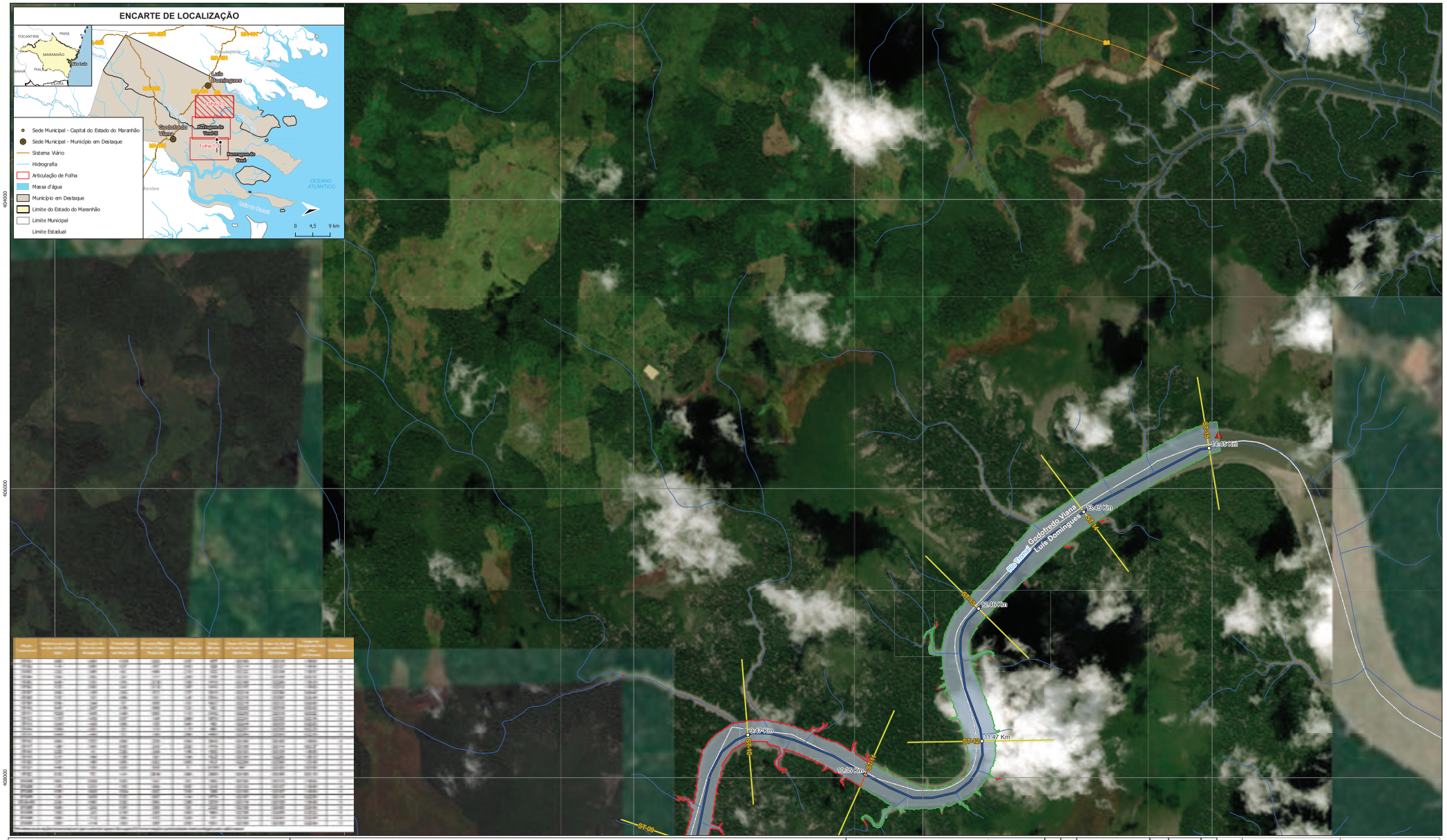
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO

Folha 2/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0001	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais
- Envoltória de inundação

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromai. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

B	1	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026
TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA

REVISÕES

TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA ESCLARECIMENTO (C) PARA CONFERÊNCIA E APROVAÇÃO (D) APROVADO (E) PARA CONSULTA (F) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO (G) COMPRA (H) CONFORME COMPRADO (I) CONSULTA (J) CONFORME CONSTRUÍDO (K) CANCELADO/OBSOLETO

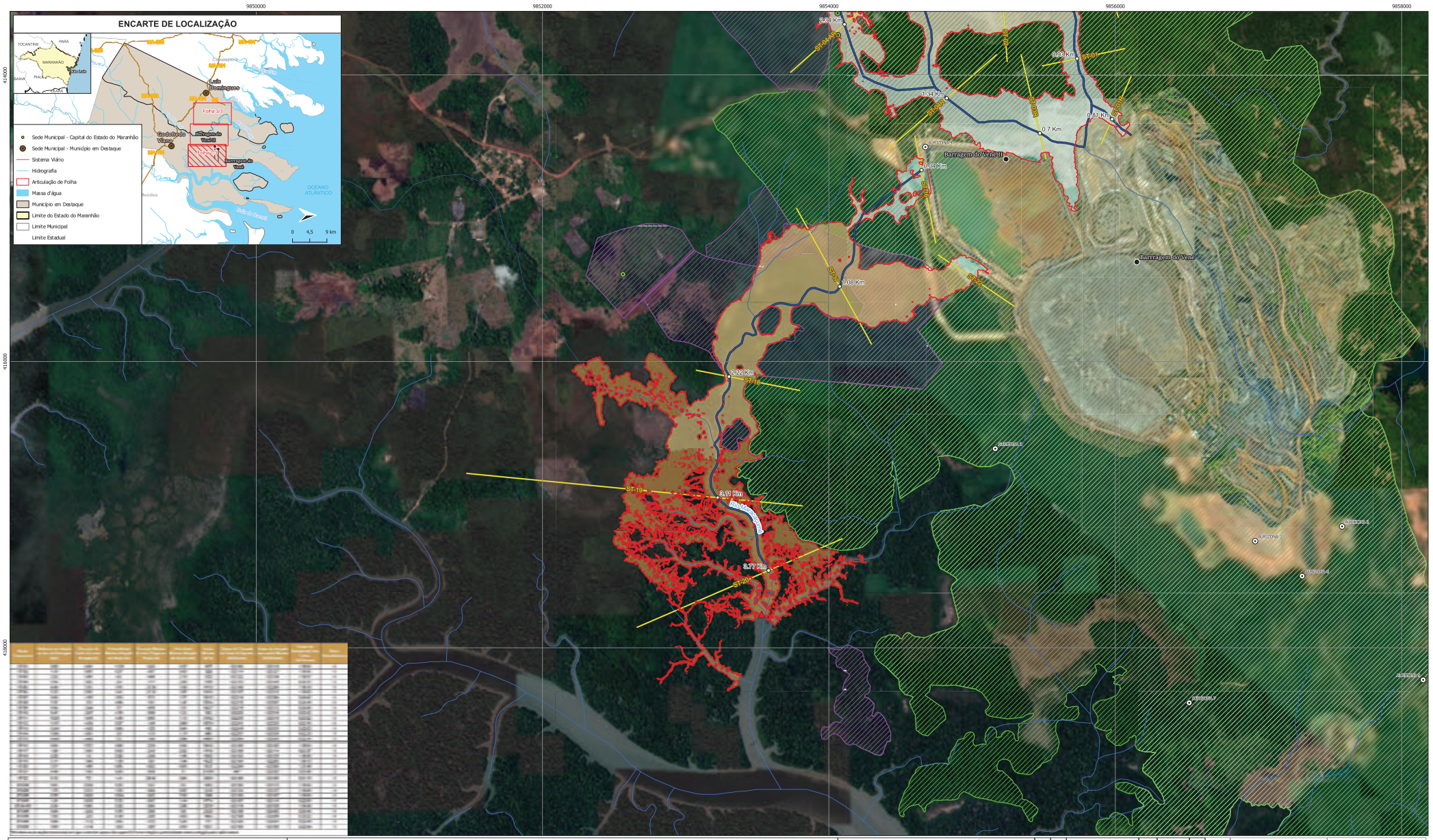
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE ENVOLTÓRIA DE INUNDAÇÃO

Folha 3/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0001	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Sítios Arqueológicos
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

Elevação máxima (metros):

- 0m <= Elev Máx < 3m
- 3m <= Elev Máx < 8m
- 8m <= Elev Máx < 15m
- 15m <= Elev Máx < 21m
- 21m <= Elev Máx < 27m
- Elev Máx >= 27

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromai. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025)
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000 Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
B	1. PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0 PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

TIPO DE EMISSÃO: (0) PRELIMINAR; (1) PARA CONHECIMENTO; (2) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO; (3) APROVADO; (4) PARA CONSULTA; (5) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO; (6) LIBERADO PARA COMPRA; (7) CONFORME COMPRADO; (8) AS BUILT; (9) COMPLEMENTO CONSTRUÍDO; (X) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

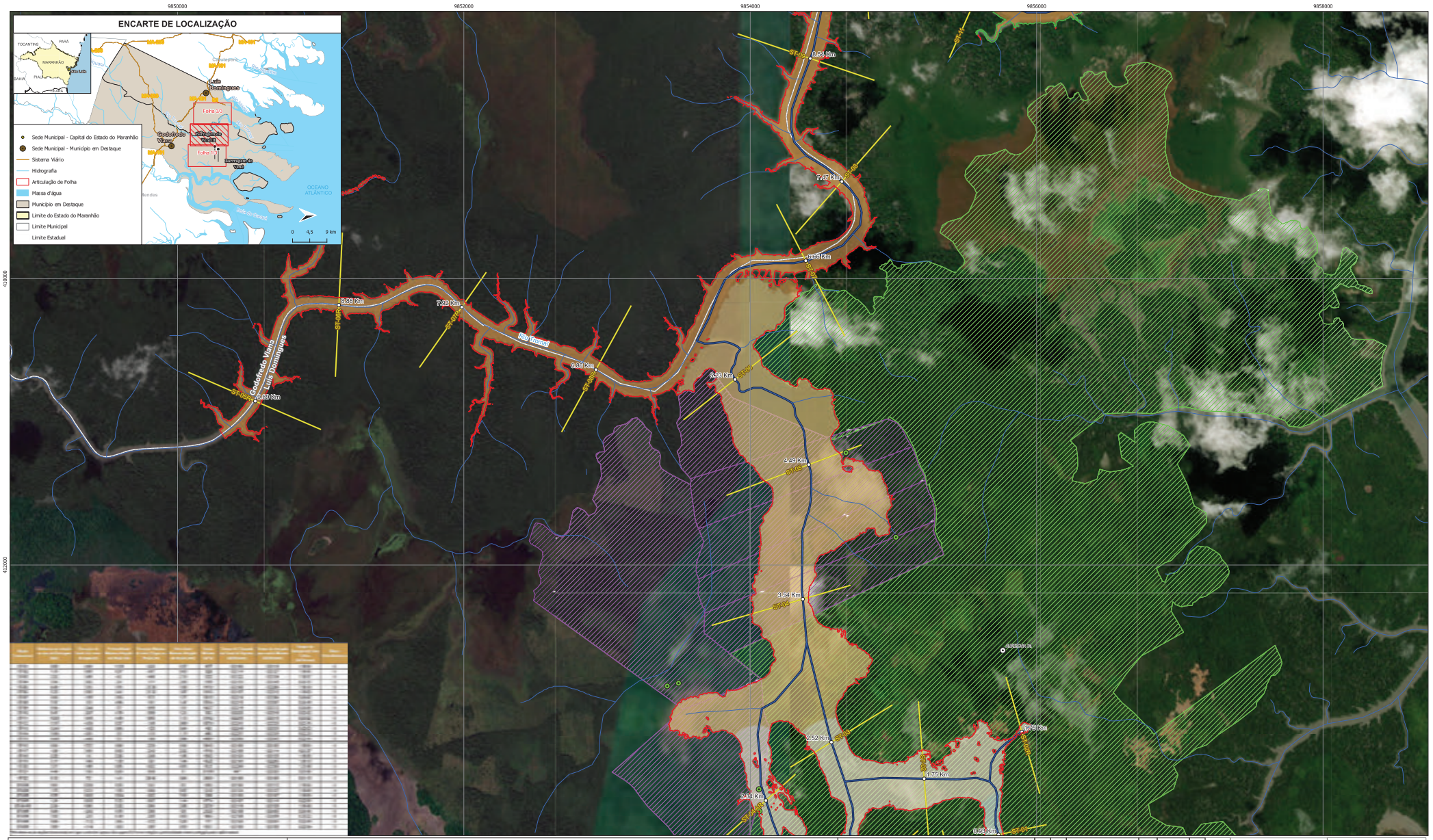
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA

Folha 1/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0002	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Sítios Arqueológicos
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

Elevação máxima (metros):

- 0m <= Elev Máx < 3m
- 3m <= Elev Máx < 8m
- 8m <= Elev Máx < 15m
- 15m <= Elev Máx < 21m
- 21m <= Elev Máx < 27m
- Elev Máx >= 27

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromai. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação; TELLUS, 2026.

Escala: 1:12.000 — Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES						
TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
B	1	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

TIPO DE EMISSÃO: (1) PRELIMINAR; (2) PARA CONHECIMENTO; (3) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO; (4) APROVADO; (5) PARA CONSULTA; (6) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO; (7) LIBERADO PARA COMPRA; (8) CONFORME COMPRADO; (9) AS BUILT; (10) COMPLEMENTO CONSTRUÍDO; (11) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

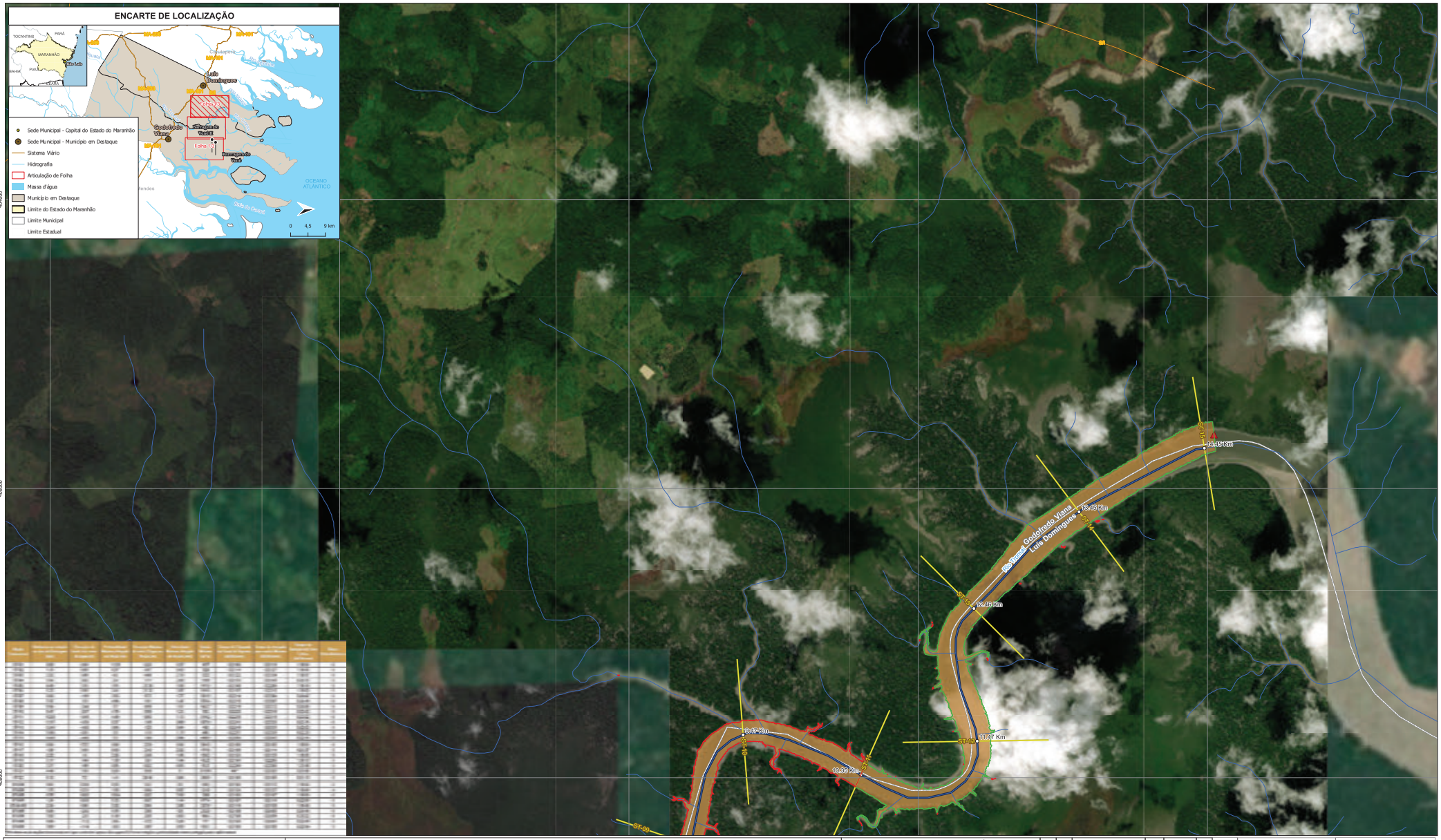
CMOC — Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA

Folha 2/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0002	1



Elevação máxima (metros):	
0m <= Elev Máx < 3m	
3m <= Elev Máx < 8m	
8m <= Elev Máx < 15m	
15m <= Elev Máx < 21m	
21m <= Elev Máx < 27m	
Elev Máx >= 27	

LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Sítios Arqueológicos
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromai. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES

B	1	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026
TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA

TIPO DE EMISSÃO: (0) PRELIMINAR; (1) PARA CONHECIMENTO; (2) PARA CONHECIMENTO E APROVAÇÃO; (3) APROVADO; (4) PARA CONSULTA; (5) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO; (6) LIBERADO COMPRA; (7) CONFORME COMPRADO; (8) AS BUILT; (9) COMPLEMENTO CONSTRUÍDO; (X) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

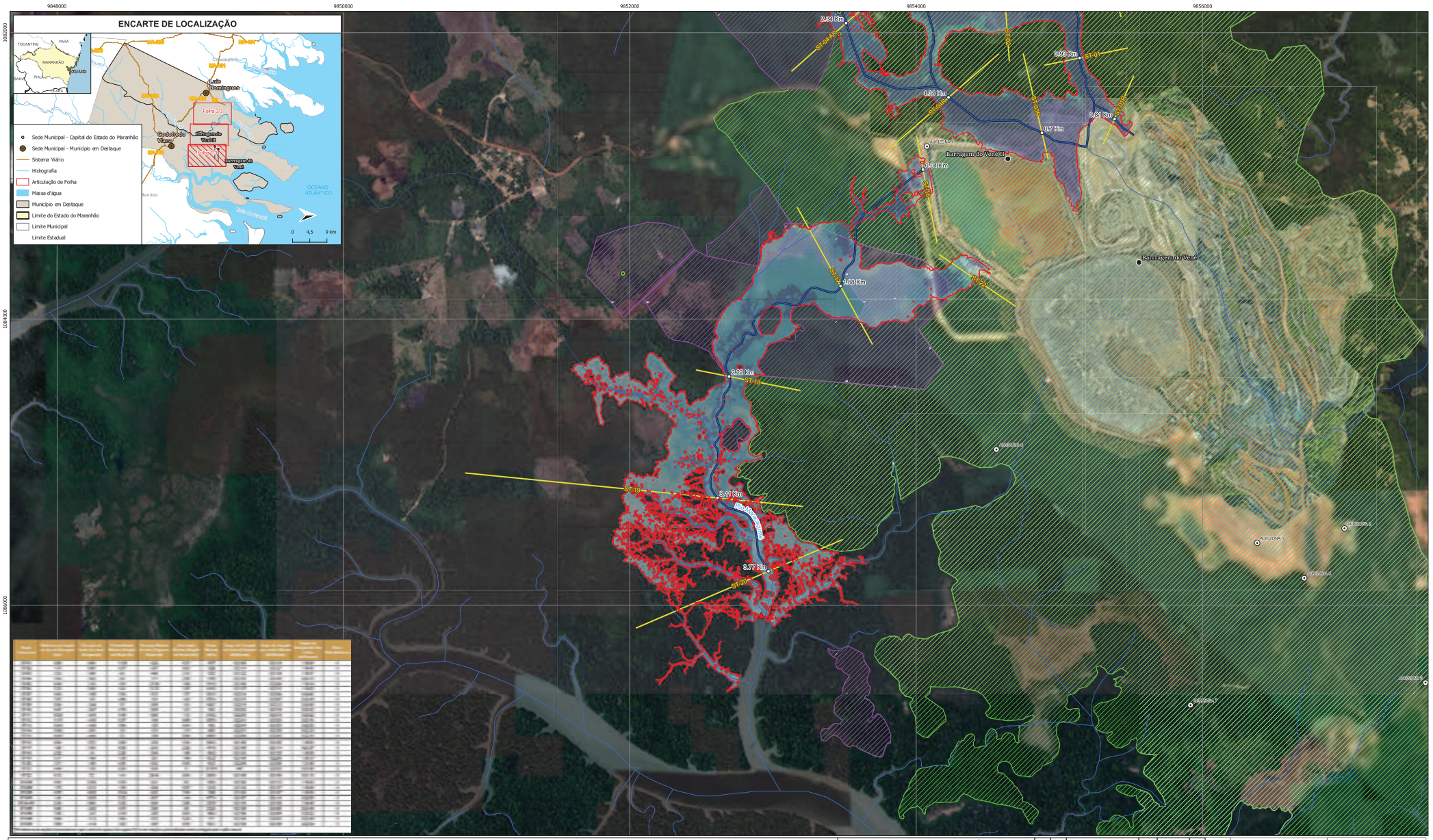
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE ELEVAÇÃO MÁXIMA

Folha 3/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0002	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

Profundidade máxima

- 0m <= Profundidade < 0,3m
- 0,3m <= Profundidade < 0,5m
- 0,5m <= Profundidade < 1,2m
- 1,2m <= Profundidade < 2m
- 2m <= Profundidade < 4m
- Profundidade >= 4m

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromai. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação; TELLUS, 2026.

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES

B	1.	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026
TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA

TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR; (B) PARA CONHECIMENTO; (C) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO; (D) APROVADO; (E) PARA CONSULTA; (F) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO; (G) LIBERADO PARA COMPRA; (H) CONFORME COMPRADO; (I) AS BUILT; (J) COMPLEXO CONSTRUÍDO; (K) CANCELADO/OBSOLETO/EXCLUÍDO

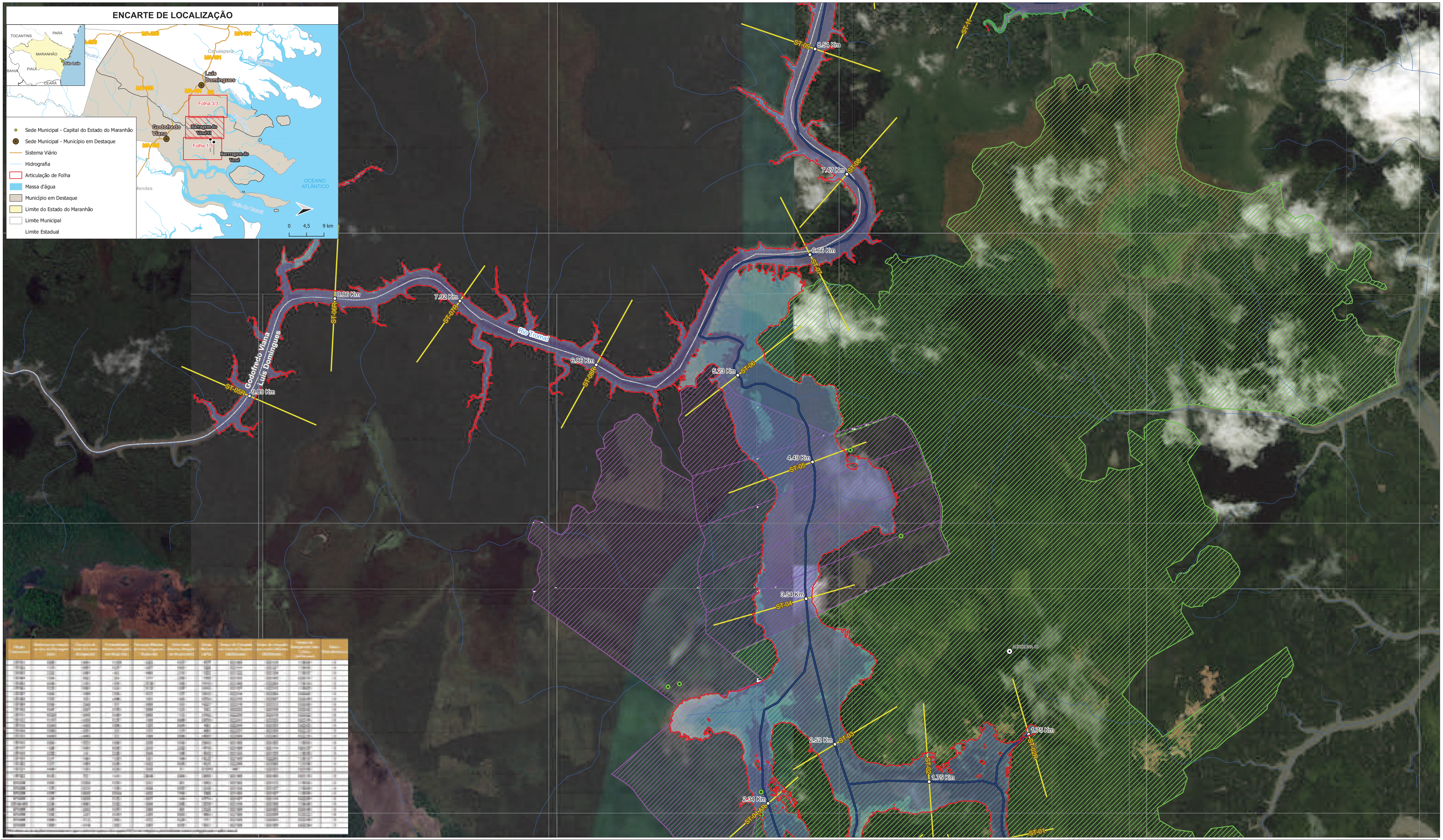
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA

Folha 1/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0003	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

Profundidade máxima

- 0m <= Profundidade < 0,3m
- 0,3m <= Profundidade < 0,5m
- 0,5m <= Profundidade < 1,2m
- 1,2m <= Profundidade < 2m
- 2m <= Profundidade < 4m
- Profundidade >= 4m

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Vené e Barragem do Vené II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromaí. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Vené e Barragem do Vené II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Vené e 27,20 m para a Barragem do Vené II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

N
0 10 20 m

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
B	1	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

REVISÕES

T E : TIPO DE EMISSÃO
(A) PRELIMINAR (B) PARA CONHECIMENTO (C) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO (D) APROVADO (E) PARA COTAÇÃO (F) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO
(G) LIBERADO PARA COMPRA (H) CONFORME COMPRADO (I) CERTIFICADO (J) CONFORME CONSTRUÍDO (X) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

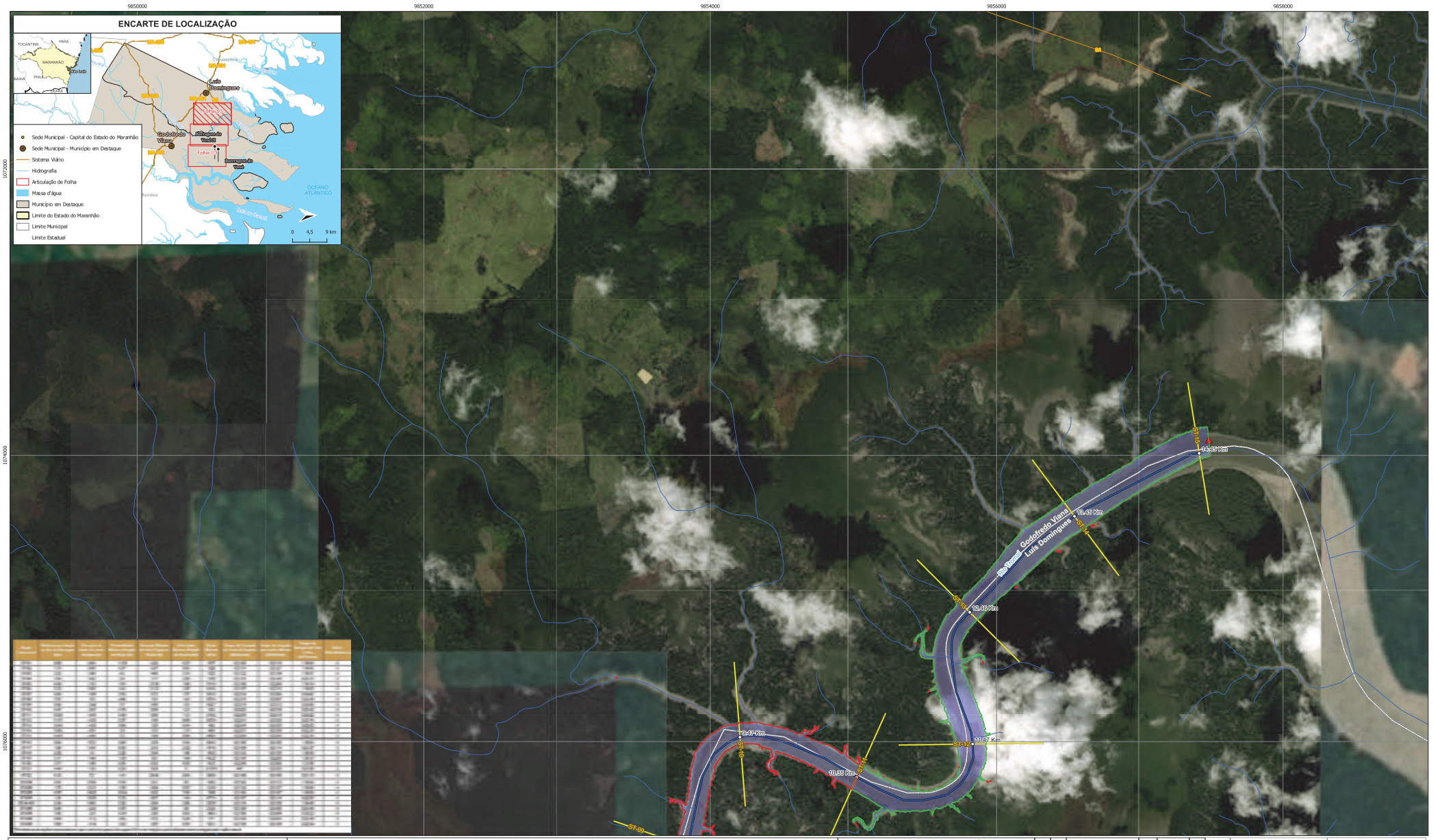
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÉ E BARRAGEM DO VENÉ II
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA

Folha 2/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0003	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

Profundidade máxima

- 0m <= Profundidade < 0,3m
- 0,3m <= Profundidade < 0,5m
- 0,5m <= Profundidade < 1,2m
- 1,2m <= Profundidade < 2m
- 2m <= Profundidade < 4m
- Profundidade >= 4m

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromaí. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação: TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES

TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
B	1	PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/06/2026
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR; (B) PARA CONHECIMENTO; (C) PARA ANÁLISE E APROVAÇÃO; (D) APROVADO; (E) PARA CONSULTA; (F) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO; (G) LIBERADO PARA COMPRA; (H) CONFORME COMPRADO; (I) AS BUILT; (J) COMPLEMENTO CONSTRUÍDO; (K) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

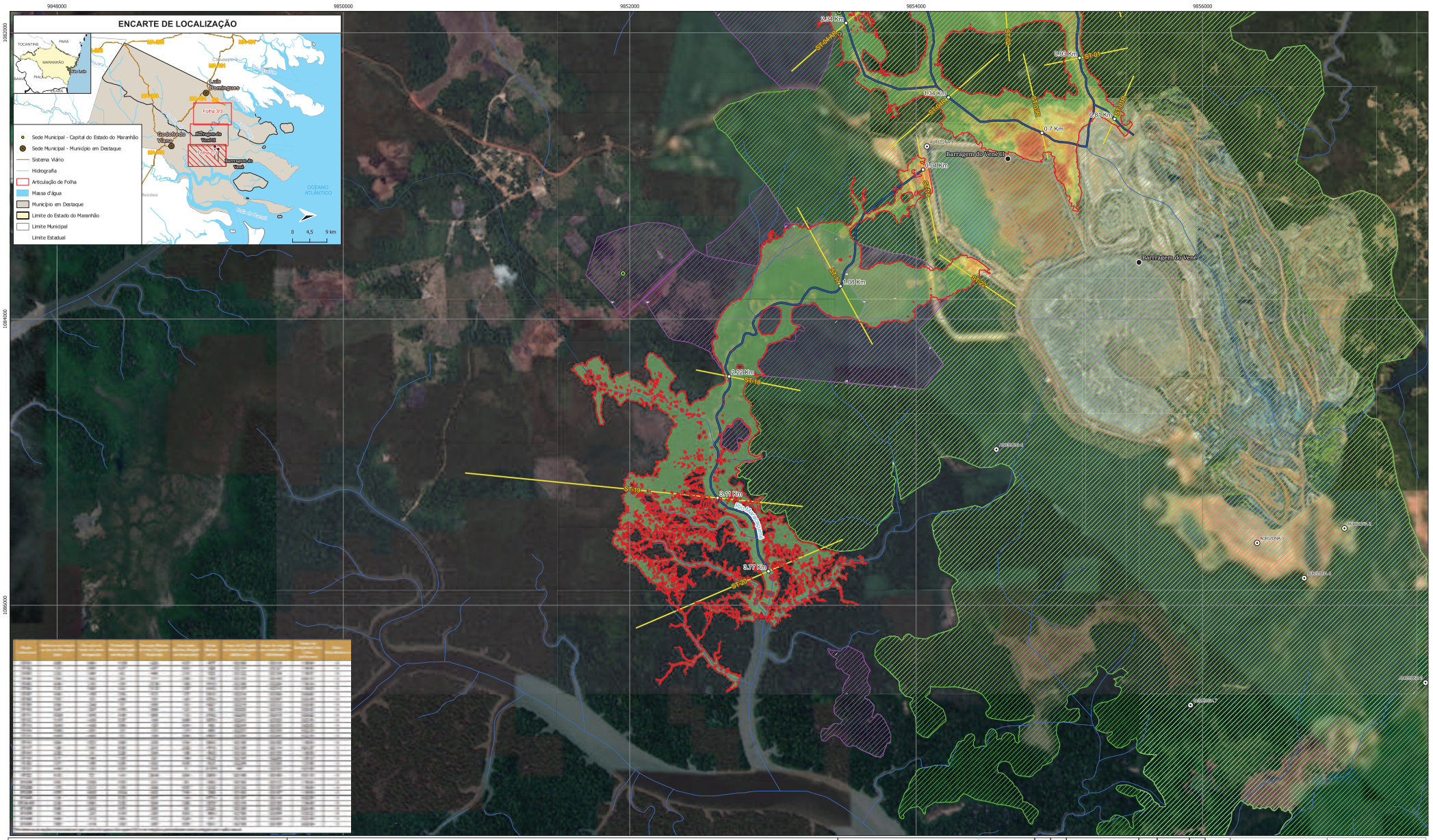
CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE PROFUNDIDADE MÁXIMA

Folha 3/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0003	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

Velocidade máxima (m/s)

- 0m/s <= Velocidade < 2m/s
- 2m/s <= velocidade < 4m/s
- 4m/s <= Velocidade < 6m/s
- 6m/s <= Velocidade < 10m/s
- Velocidade >= 10 m/s

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D.
2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromai. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.
7- O N.A. do reservatório foi definido como a cota do N.A. Máximo Maximorum, que se encontra na elevação 38,22 m para a Barragem do Venê e 27,20 m para a Barragem do Venê II.
8- Para maiores informações sobre as topografias que compõem o terreno deste estudo consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
9- Para maiores informações consultar o respectivo relatório técnico do estudo de ruptura hipotética.
10- Não foi identificado existência e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;
11- Não foram identificadas infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, rodovias municipais ou estaduais ou federais;
12- Não foram identificados equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;
13- Não foram identificados equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;
14- Não foram identificadas infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;
15- Foram identificadas Sítios arqueológicos e espeleológicos já identificados nos mapas
16- Foram identificadas unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, a exemplo das margens dos rios.
17- Não foram identificadas a existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas;
18- Não foram identificadas estações de captação de água para abastecimento urbano.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação; TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
B	1. PARA APROVAÇÃO	MHB	MAC/DCV	GSA	22/05/2026
A	0 PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

T E - TIPO DE EMISSÃO
(1) PRELIMINAR
(2) PARA CONHECIMENTO
(3) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO
(4) APROVADO
(5) PARA CONSULTA
(6) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO
(7) LIBERADO PARA COMPRA
(8) CONFORME COMPRADO
(9) CANCELADO
(10) CONFORME CONSTRUÍDO
(11) CANCELADO/OBSOLETO/FIM DE USO

CMOC
Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE VELOCIDADE MÁXIMA

Folha 1/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0005	1



LEGENDA

- Estrutura
- Marco final de simulação
- Distância ao barramento (Km)
- Benfeitorias
- Hidrografia
- Seções transversais
- Eixo de propagação
- Limite municipal
- Zona de autossalvamento (ZAS)
- Zona de segurança secundária (ZSS)
- Propriedade MASA
- Propriedades Rurais

Velocidade máxima (m/s)

- 0m/s <= Velocidade < 2m/s
- 2m/s <= velocidade < 4m/s
- 4m/s <= Velocidade < 6m/s
- 6m/s <= Velocidade < 10m/s
- Velocidade >= 10 m/s

NOTAS

1- O mapa de inundação apresentado corresponde aos resultados das simulações hidráulicas da propagação da onda de propagação extrema no vale a jusante da Barragem do Venê e Barragem do Venê II, desenvolvidas por meio do software RiverFlow 2D. 2- A mancha de inundação pode ser definida como estimativa da área que seria impactada pela onda resultante da ruptura de Barragem. Sua precisão é dependente da qualidade de informações do terreno, sofisticação do modelo hidrodinâmico e da disponibilidade dos dados de entrada. Essa informação deve ser utilizada apenas como uma referência e pode variar com as condições existentes na barragem e no vale a jusante.
3- A ocupação do vale a jusante, sob condição de operação extrema, foi analisada considerando-se vazões extremas correspondentes a um tempo de retorno de 100 anos.
4- O critério de parada da modelagem hidráulica, para a elaboração dos mapas de inundação, ocorreu a 14,45 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-15, no Rio Tromaí. E a 4,48 km do eixo do barramento, na seção transversal ST-21, no Rio Maracaçumé.
5- O tempo de chegada para este cenário foi determinado considerando a sobrelevação máxima de 0,61 m em relação à vazão natural extrema.
6- Este cenário simula a operação extrema do sistema extravasor da Barragem do Venê e Barragem do Venê II em um dia chuvoso.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeção UTM FUSO 23S - Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Datum Vertical Imbituba
Fonte:
- Imageamento: Ortofoto aérea (2024) sobre Esri World Imagery [s.d.]
- Limite territorial: IBGE (2025).
- Hidrografia: SEMA (2025) e ANA (2019).
- Rodovia: ANTT (2025)
- Final da Simulação Hidráulica; Vazão incremental; Seções; Reservatório; Barramento; Distância em Relação ao Eixo do Barramento; Vazão Natural para o TR de 10 anos; Envoltória Extensão Potencial de Inundação; TELLUS, 2026.

0 10 20 m

Escala: 1:12.000

Escala Numérica para o formato de impressão A1

TE.	REV.	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	DATA
A	0	PRELIMINAR	MHB	MAC/DCV	GSA	20/04/2026

REVISÕES

TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA CONHECIMENTO (C) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO (D) APROVADO (E) PARA CONCORRÊNCIA (F) LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO (G) LIBERADO PARA COMPRA (H) CONFORME COMPRADO (I) AS BUILT (J) COMPONENTE CONSTRUÍDO (K) CANCELADO/SUBSTITUÍDO

CMOC | Tellus COMPANY

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS

ENGENHARIA DE REGISTRO
GEOTECNIA
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - CENÁRIO 1 - CASCATA
BARRAGEM DO VENÊ E BARRAGEM DO VENÊ II
MAPA DE VELOCIDADE MÁXIMA

Folha 2/3

ESCALA:	Nº CMOC	Nº TELLUS	REVISÃO
1:12000		TL25-0149-0000-EG-DE-0005	1