



BRENNAND
energia

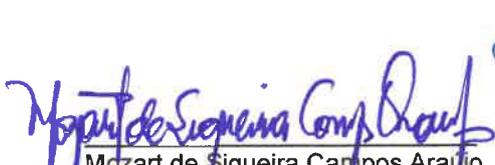
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS
PCH UNAÍ BAIXO



PROSENGE
projetos e engenharia

UNB-C-PAE-001-00-22

NOVEMBRO/2022


Mozart de Siqueira Campos Araujo
Unaí Baixo Energética S/A


Paulo de Tarso Costa
Unaí Baixo Energética S/A


Luiz Fernando F. Dias do Prado
Responsável Técnico Seg. Barragem

00	07/11/2022	Emissão inicial	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
Revisão	Data	Objeto da revisão	Redação	Empresa



1	INTRODUÇÃO	8
2	HISTÓRICO	9
2.1	Objetivo	9
2.2	Organização do Relatório	9
3	INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM	11
3.1.1	Localização e acessos.....	14
3.1.2	Reservatório	15
3.1.3	Barragem	15
3.1.4	Vertedouro.....	16
3.1.5	Circuito Hidráulico	17
3.2	Níveis Operacionais e Ficha Técnica.....	17
4	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	32
4.1	Avaliação do Risco	32
4.1.1	Risco Hidrológico.....	32
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural	33
4.2	Identificação das Emergências Potenciais.....	35
4.2.1	Classificação das Situações	36
5	ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM	38
5.1	Metodologia.....	38
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	38
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem	39
5.1.3	Causas de Rompimento	39
5.1.4	Formação da Brecha.....	41
5.1.5	Trecho do Cálculo	43
5.1.6	Modelagem Matemática	45
5.1.7	Identificação das áreas atingidas.....	46
5.1.8	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo	46
5.1.9	Zoneamento de Risco	46
5.2	Dados de entrada utilizados	49
5.2.1	Trecho da análise	49

5.2.2	Geografia da região e geometria do rio	49
5.2.3	Geometria da barragem.....	50
5.2.4	Hidrograma de Cheias.....	51
5.2.5	Calibração do modelo matemático	63
5.3	Cenários de Simulação.....	66
5.3.1	Cenários de não rompimento – Simulação 1	66
5.3.2	Cenário de rompimento – Simulação 2.....	66
5.3.3	Cenário de galgamento da barragem – Simulação 3	66
5.3.4	Cenário efeito cascata – Não simulado	66
5.4	Causa considerada para o rompimento	67
5.4.1	Dados utilizados para formação da brecha.....	67
5.5	Simulações Realizadas	67
5.5.1	Resultados Básicos Simulação 1.....	68
5.5.2	Resultados Básicos Simulação 2.....	68
5.5.3	Resultados Básicos Simulação 3.....	69
5.6	Altura Máxima da Onda.....	69
5.7	Limite Físico a Jusante da PCH Unai Baixo	88
5.8	Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse.....	88
5.8.1	SL-165 – Canal de Fuga da PCH Unai Baixo	90
5.8.2	SL-163 – Propriedades.....	90
5.8.3	SL-155 – Propriedades.....	91
5.8.4	SL-146 – Propriedades.....	92
5.8.5	SL-141 – Propriedades.....	92
5.8.6	SL-130 – Limite ZAS	93
5.8.7	SL-110 – Propriedades.....	94
5.8.8	SL-96 – Propriedades.....	94
5.8.9	SL-89/84 e 82 – Propriedades	95
5.8.10	SL-73 – Propriedades.....	96
5.8.11	SL-65/60 – Propriedades	97
5.8.12	SL-50 – Propriedades.....	98

5.8.13	SL-44 – Propriedades.....	99
5.8.14	SL-34 – Propriedades.....	99
5.8.15	SL-29 – Início cidade Unai.....	100
5.8.16	SL-25 – Ponte.....	101
5.8.17	SL-4 – Fim cidade Unai	101
5.8.18	SL-1 – Fim modelo e Limite ZSS	102
5.9	Resumo Geral das Seções de Interesse	103
6	AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS.....	106
6.1	Identificação do Empreendedor	106
6.2	Agentes Externos	107
6.3	Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação.....	107
7	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA	109
7.1	Condição Hidrológica	109
7.2	Condição Estrutural.....	109
7.2.1	Monitoramento da Instrumentação de Auscultação	109
7.2.2	Monitoramento das Estruturas.....	110
7.2.3	Revisão Periódica de Segurança.....	111
7.2.4	Tramitação das Informações	111
7.3	Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem.....	117
8	RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS.....	118
8.1	Agente Interno – UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S.A.	118
8.2	Agentes Externos	119
8.2.1	Sistema De Proteção E Defesa Civil.....	119
8.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos	123
8.3.1	1º Etapa - Protocolo PAE aos Agentes Externos	123
8.3.2	2º Etapa - Cadastro e mapeamento da população existente na ZAS.....	123
8.3.3	Próximas Etapas – Articulação com agentes externos após cadastro ZAS	123
9	PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS	124
9.1.1	Situação Normal (VERDE)	124

9.1.2	Situação Atenção (AMARELO).....	125
9.1.3	Situação de Alerta (LARANJA).....	125
9.1.4	Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO).....	126
9.1.5	Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO).....	126
10	PLANO DE EVACUAÇÃO.....	128
10.1	Estradas Atingidas.....	128
10.2	Propriedades Atingidas.....	128
10.3	Zona de Autossalvamento – ZAS.....	129
10.4	Risco Hidrodinâmico.....	130
10.5	Resumo Plano de Evacuação.....	133
11	FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO.....	135
11.1	Meios de Comunicação.....	135
11.2	Acionamento em Caso de Emergências.....	135
12	FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO.....	138
13	RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO.....	138
14	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	140
15	EQUIPE TÉCNICA.....	141
16	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
17	ANEXOS.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Arranjo Geral – PCH Unaí Baixo.....	12
Figura 2 – Foto geral da PCH Unaí Baixo	13
Figura 3 – Localização da PCH Unaí Baixo	14
Figura 4 – Curva de Descarga – Vertedouro.....	16
Figura 5 – Barragem Margem Direita– Planta Geral.....	19
Figura 6 – Barragem Margem Direita – Seções.....	20
Figura 7 – Barragem Margem Esquerda– Planta Geral.....	21
Figura 8 – Arranjo Geral – Planta.....	22
Figura 9 – Arranjo Geral – Seções	23
Figura 10 – Seção transversal do Vertedouro controlado.....	24
Figura 11 – Vertedouro – Planta	25
Figura 12 – Vertedouro – Vista.....	26
Figura 13 – Tomada de água – Planta e Seção.....	27
Figura 14 – Planta geral dos contudo forçados desde a TA até a CF	28
Figura 15 – Casa de Força – Planta.....	29
Figura 16 – Casa de Força – Seção Transversal.....	30
Figura 17 – Casa de Força – Seção Longitudinal	31
Figura 18 – Formação de brecha por galgamento	39
Figura 19 – Formação da brecha por infiltração	40
Figura 20 – Brechas resultantes de falhas nas fundações	41
Figura 21 – Tamanhos e tempo para formação da brecha.....	42
Figura 22 – Tempo de formação da brecha	43
Figura 23 – Seções lançadas no Hec-Ras.....	64
Figura 24 – Perfil do Rio Preto com Barramento com QTURB.....	65
Figura 25 – Dados do Barramento terra – Hec-Ras.....	67
Figura 26 – Localização Casa de Força Unaí Baixo - SL-165.....	90
Figura 27 – Localização propriedades - SL-163	91
Figura 28 – Localização propriedades - SL-155	91
Figura 29 – Localização propriedades - SL-146	92
Figura 30 – Localização propriedades - SL-141	93
Figura 31 – Localização Limite ZAS - SL-130.....	93
Figura 32 – Localização propriedades - SL-110	94
Figura 33 – Localização propriedades - SL-96	95
Figura 34 – Localização propriedades - SL-89/84 e 82	96
Figura 35 – Localização propriedades - SL-73	97
Figura 36 – Localização propriedades - SL-65/60	97
Figura 37 – Localização propriedades - SL-50	98
Figura 38 – Localização propriedades - SL-44	99
Figura 39 – Localização propriedades - SL-34	100
Figura 40 – Localização Início Cidade Unaí - SL-29.....	100
Figura 41 – Localização ponte - SL-25	101
Figura 42 – Localização propriedades - SL-4	102
Figura 43 – Localização Limite ZSS - SL-1.....	102
Figura 44 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.....	112

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Preto, próximos a PCH Unai Baixo.....	15
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%).....	32
Tabela 3 – Barragem ME- Resultados das análises de estabilidade (RPS-2022)	33
Tabela 4 – Resultado Análise de Estabilidade – Vertedouro - Projeto Executivo Intertechne (YPE-A-GEMC- VRT-C00-0001-0).....	34
Tabela 5 – Legenda para Risco Hidrodinâmico	48
Tabela 6 – Fontes da geometria do rio	50
Tabela 7 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I – Documentos De Referência)	50
Tabela 8 – Vazão Máxima Média Diária – PCH Unai Baixo	52
Tabela 9 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência e Parâmetros Cálculo	53
Tabela 10 – Vazão Máxima Instantânea para diferentes TR – PCH Unai Baixo	53
Tabela 11 – 18 maiores cheias no local da PCH Unai Baixo	54
Tabela 12 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma	54
Tabela 13 – Distribuição adimensional de vazões	55
Tabela 14 – Hidrograma de Cheias PCH Unai Baixo	56
Tabela 15 – Hidrogramas para PCH Unai Baixo	68
Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Unai Baixo sem rompimento da Barragem.....	68
Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Unai Baixo com rompimento da Barragem.....	69
Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Unai Baixo com rompimento da Barragem.....	69
Tabela 19 – Níveis na Casa de Força e Ponte – Natural e com rompimento Barragem Unai Baixo	70
Tabela 20 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Unai Baixo para Qturb e TR 100 anos (Simulação 1 e 2)	71
Tabela 21 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Unai Baixo para TR 10.000 anos (Simulação 1 e 2)	77
Tabela 22 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Unai Baixo para TR 10.000 anos (Simulação 1 e 3)	83
Tabela 23 – Localização das Seções de Interesse.....	88
Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-165 – Casa de Força Unai Baixo	90
Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-163 – Propriedades.....	91
Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-155 – Propriedades.....	91
Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-146 – Propriedades.....	92
Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-141 – Propriedades.....	93
Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-130 – Limite ZAS.....	94
Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-110 – Propriedades.....	94
Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-96 – Propriedades.....	95
Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-89 – Propriedades.....	96
Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-84 – Propriedades.....	96
Tabela 34 – Detalhe das simulações - SL-82 – Propriedades.....	96
Tabela 35 – Detalhe das simulações - SL-73 – Propriedades.....	97
Tabela 36 – Detalhe das simulações - SL-65 – Propriedades.....	98
Tabela 37 – Detalhe das simulações - SL-60 – Propriedades.....	98
Tabela 38 – Detalhe das simulações - SL-50 – Propriedades.....	98
Tabela 39 – Detalhe das simulações - SL-44 – Propriedades.....	99
Tabela 40 – Detalhe das simulações - SL-34 – Propriedades.....	100
Tabela 41 – Detalhe das simulações - SL-29 – Início cidade Unai	101
Tabela 42 – Detalhe das simulações - SL-25 – Ponte.....	101
Tabela 43 – Detalhe das simulações - SL-4 – Fim cidade Unai	102
Tabela 44 – Detalhe das simulações - SL-1 – Limite ZSS.....	103
Tabela 45 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para Sunny Day e TR 100 anos (Piping)	104
Tabela 46 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10.000 anos (Piping e Overtopping).....	105
Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura.....	113
Tabela 48 – Ações de resposta (Normal).....	124
Tabela 49 – Ações de resposta (Atenção)	125
Tabela 50 – Ações de resposta (Alerta)	125
Tabela 51 – Ações de resposta (Emergência 1)	126
Tabela 52 – Ações de resposta (Emergência 2)	126
Tabela 53 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 10.000 anos	129
Tabela 54 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem	130
Tabela 55 – Risco Hidrodinâmico para TR 10.000 anos	132

Tabela 56 – Resumo do Plano de Evacuação	134
Tabela 57 – Legenda para Risco Hidrodinâmico	134
Tabela 58 – Entidades que recebem Cópia PAE.....	138
Tabela 75 – Controle das Entidades que receberam uma cópia do PAE.....	139

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Unaí Baixo, no rio Preto, pertencente à **UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S.A.** do grupo Brennand Energia, localizada no estado de Minas Gerais.

O presente Plano de Ação de Emergências (PAE) possui o intuito de atender à Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 alterada Lei 14.066/2020 e a Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015, onde a barragem da PCH Unaí Baixo foi classificada como Barragem de categoria B, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Alto.

Conforme a lei citada uma barragem com classificação de Dano Potencial Alto necessita de um Plano de Ação de Emergências – PAE. Para obtenção dos dados foi realizada uma Inspeção Civil Regular, maio/2022, por uma equipe técnica multidisciplinar, com o objetivo de verificar todas as estruturas civis da usina, e percorrer o trecho de jusante do barramento para identificação dos pontos de risco. Da visita resultou o Relatório de Inspeção Civil UNB-C-ISR-001-00-22 – PCH Unaí Baixo apresentado no Anexo I – Item 7 do Plano de Segurança da Barragem UNB-C-PSB-001-00-22.

2 HISTÓRICO

A PCH Unai Baixo de potência instalada de 26,00 MW em operação comercial e com enchimento do reservatório em 09/04/2012.

Em fevereiro de 2017 a empresa Prosenge Projetos e Engenharia elaborou o primeiro Plano de Segurança de Barragens sendo última versão em março de 2021, através do documento: **UNB-C-PAE-001-00-17**, o qual será revisado e substituído pelo documento em questão.

2.1 Objetivo

De acordo com a Lei 12.334 de setembro de 2010 alterada Lei 14.066/2020 e da Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015, todas as barragens deverão ser classificadas conforme o risco e o dano potencial associado.

Após a classificação da barragem PCH Unai Baixo, verificou-se a necessidade de elaboração do Plano de Segurança da Barragem, pois a classificação indica categoria de risco Baixo e dano potencial Alto o que resulta em uma barragem **Classe B**, e conseqüentemente se fez necessário a elaboração do Plano de Ação de Emergências (PAE), documento em questão.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) contempla procedimentos tanto em situações de normalidade como de anormalidade, que deverão ser revistos continuamente, de modo a possibilitar uma ação rápida e segura quando da eminência de um desastre ou da efetivação dele. Deverá ser dada ampla divulgação aos órgãos e instituições envolvidas, principalmente as prefeituras das cidades afetadas.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) visa ainda estabelecer os procedimentos que contribuam para minimizar os danos causados nas áreas de jusante, decorrentes de situações críticas que possam vir a acontecer em virtude de riscos hidrológicos ou da ruptura da barragem. A atenção deste trabalho deverá ser voltada, principalmente, com as conseqüências à jusante com hipotética ruptura da barragem, com a indicação dos níveis e mapas das ondas de cheia normal e com a ruptura da barragem.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) define as responsabilidades, conforme as atribuições de cada órgão de Governo e Organizações de suporte, sendo que para o agente operador deve caber a tarefa de alertar os órgãos públicos sobre a possibilidade de ocorrências de eventos extremos, independente da origem dos mesmos, visando à minimização de danos causados por um eventual desastre.

2.2 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

Volume I - Texto

- Cap.1 – Introdução
- Cap.2 – Histórico
- Cap.3 – Informações Gerais da Barragem

- Cap.4 – Detecção, Avaliação e Classificação das Situações de Emergência
- Cap.5 – Estudo do Rompimento da Barragem
- Cap.6 – Agências e Entidades Envolvidas
- Cap.7 – Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura
- Cap.8 – Responsabilidades de todos os Agentes Envolvidos
- Cap.9 – Programa de Ações Preventivas, tão logo Identificadas Situações Emergenciais
- Cap.10 – Acessos, Mapas de Áreas Sujeitas a Inundações Potenciais
- Cap.11 – Fluxo de Informação e Acionamento
- Cap.12 – Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação
- Cap.13– Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do PAE com os respectivos protocolos de recebimento
- Cap.14 – Conclusões e Recomendações
- Cap.15 – Equipe Técnica
- Cap.16 – Bibliografia
- Cap.17 – Anexos
 - Anexo I – Dados (somente digital)
 - Anexo II – Área Resguardada e Acessos
 - Anexo III – Curva de Referência
 - Anexo IV – Seções Restituição
 - Anexo V – Mapas de Inundação
 - Anexo VI – Zona de Auto salvamento
 - Anexo VII – Risco Hidrodinâmico
 - Anexo VIII – Fluxograma de Acionamento
 - Anexo IX – Apresentação PAE
 - Anexo X – Formulários
 - Anexo XI – ART

3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

A PCH Unaí Baixo possui potência instalada de 26 MW e está localizada no rio Preto na bacia hidrográfica do São Francisco sub-bacia Paracatu. As coordenadas geográficas do barramento são 16°11'11.48"S de Latitude Sul e 47°1'41.84"O de Longitude Oeste. A montante do barramento está localizada a PCH Mata Velha em operação. A jusante localiza-se a o município de Unaí, distante 53,7 km ao longo do eixo do rio.

O aproveitamento localiza-se no município de Unaí e possui área de drenagem 4.771 km², conforme ficha da ANEEL.

Abaixo será apresentado arranjo geral das estruturas da PCH Unaí Baixo. Os documentos gerais da Usina estão apresentados no Anexo I – Documentos de Projeto – 1-Gerais, do plano de segurança da barragem (UNB-C-PSB-001-00-22).

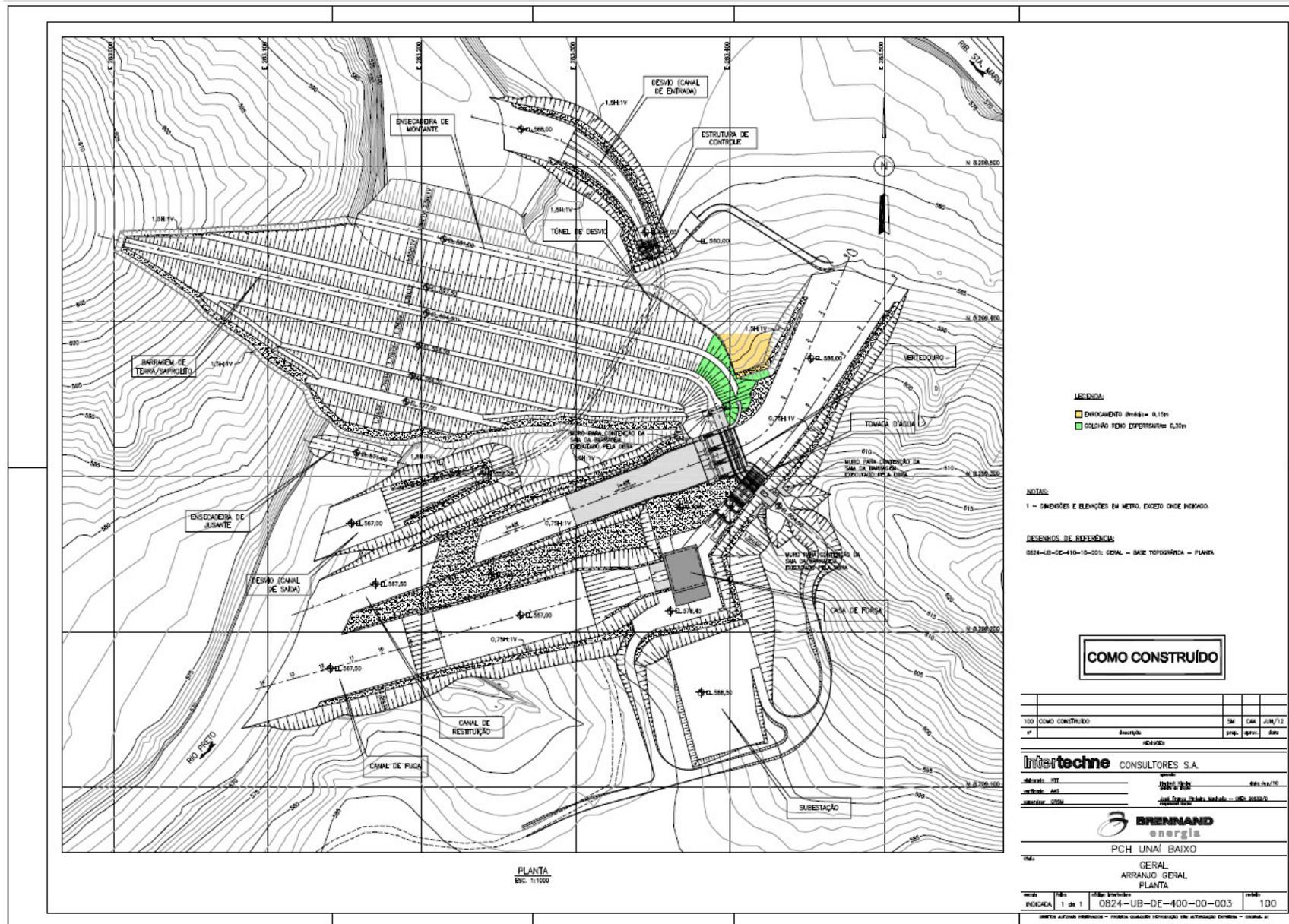


Figura 1 – Arranjo Geral – PCH Unai Baixo



Figura 2 – Foto geral da PCH Unaí Baixo

3.1.1 Localização e acessos

O acesso a usina faz-se partindo de Unaí pela MG 188 (Rodovia Alírio Herval) onde logo após a localidade de Mamoeiro pega-se a esquerda a Estrada da Fartura. Por essa estrada segue-se ao longo de 20 km até a portaria da usina. Na Figura 3 apresenta-se o desenho localização da PCH Unaí Baixo.

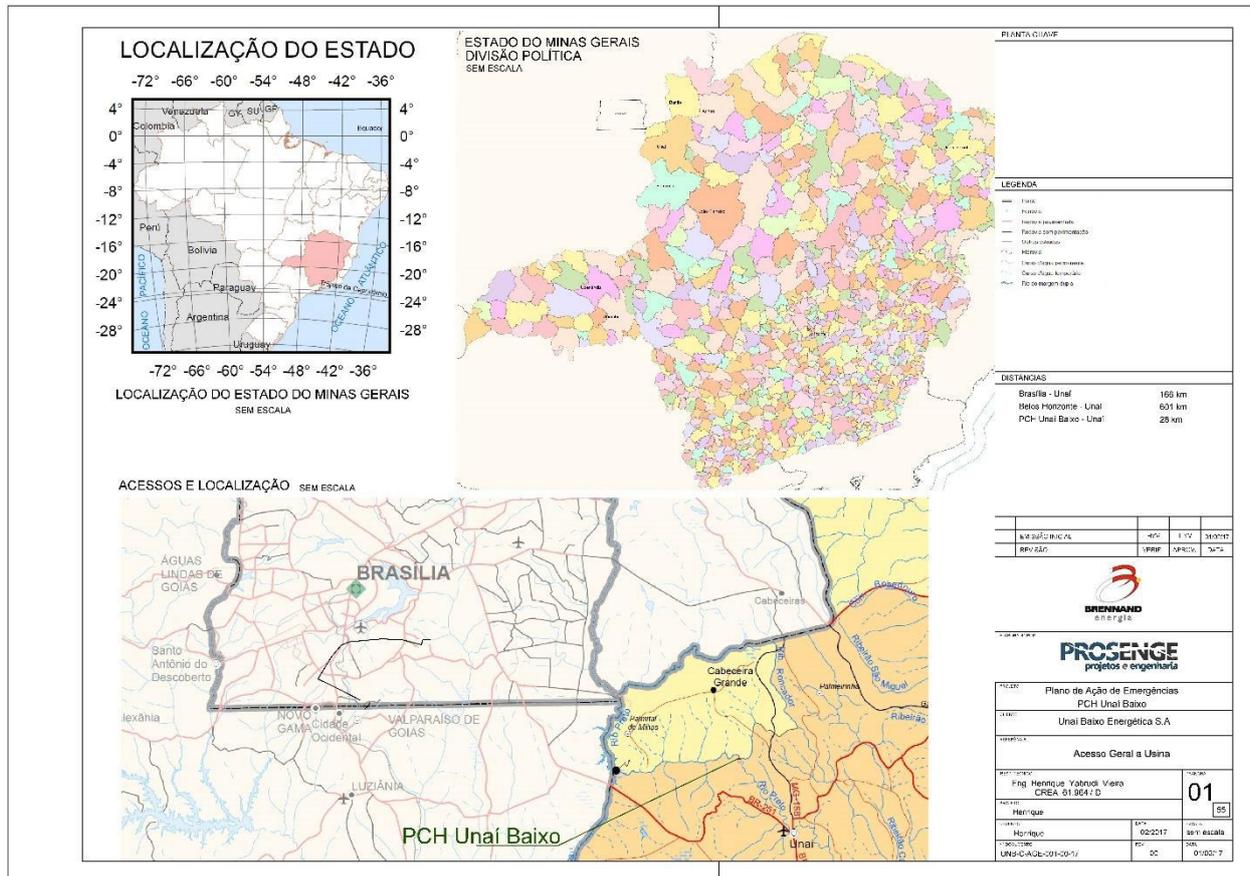


Figura 3 – Localização da PCH Unaí Baixo

O desenho UNB-C-AGE-001-00-17 no Anexo I – 5-Sítio Circunvizinho, apresenta o mapa de acesso a Usina. O desenho UNB-C-PRE-002-00-17– Área Resguardada apresenta mapa da área definida em campo com cercas e portões para preservar área da usina também no Anexo I – 5-Sítio Circunvizinho.

A Tabela abaixo apresenta a localização relativa da PCH Unaí Baixo na divisão de quedas do rio Preto, de acordo com ANEEL. Não existe usina em operação na jusante da PCH Unaí Baixo.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Preto, próximos a PCH Unai Baixo

Posição em relação à PCH Unai Baixo	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário
Montante	UHE Queimado	105,00	CEB Participações S.A., CEMIG Geração e Transmissão S.A.
	PCH Mata Velha	24,00	Mata Vermelha Energética S.A
PCH Unai Baixo		26,00	Unai Baixo Energética S.A.

Fonte (Aneel, 2022)

3.1.2 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH Unai Baixo está fixado na El 600,00 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 134,45 hm³ e ocupa uma área de 10,55 km².

Os dados abaixo apresentam a curva cota x área x volume do reservatório.

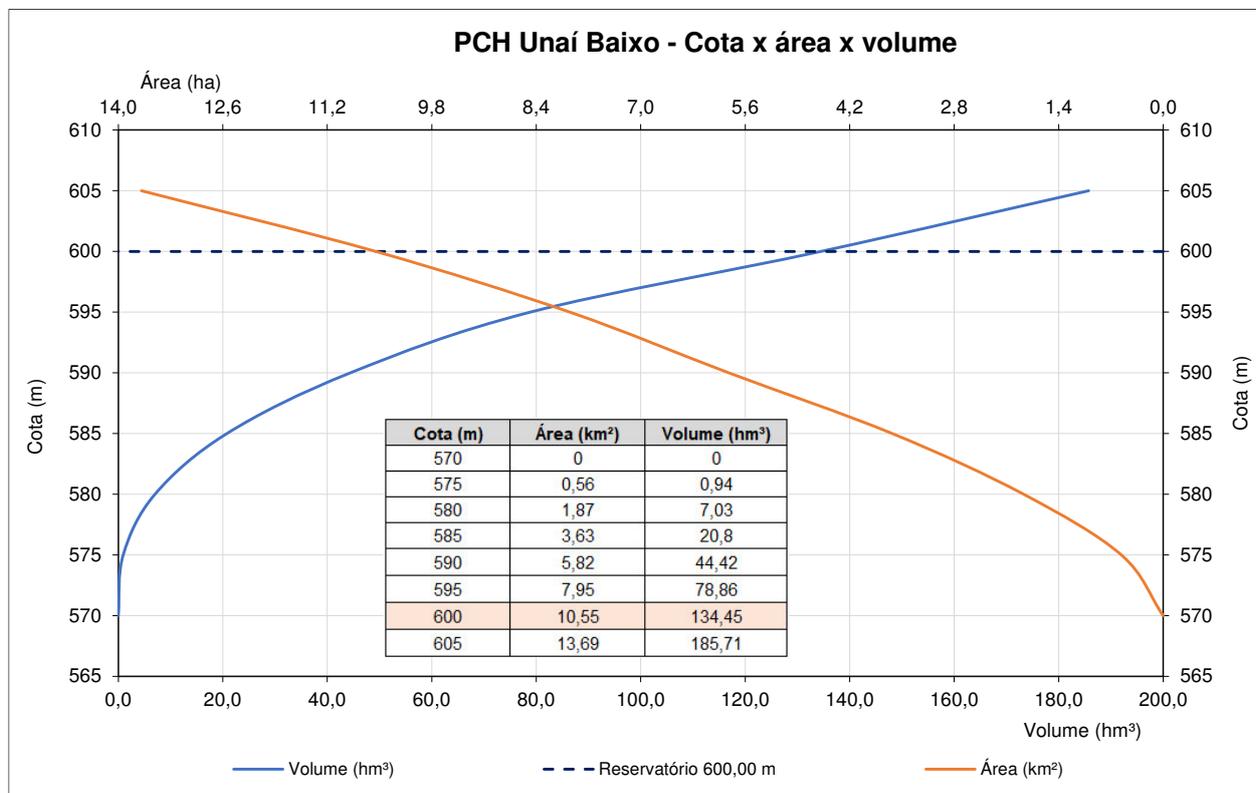


Gráfico 1 – Curva Cota x Volume do Reservatório

3.1.3 Barragem

A barragem principal possui 400,00 m de extensão, abrangendo a região da ombreira direita até o muro de abraço do vertedouro, a altura máxima é de 40,00 m e corresponde com a elevação 604,50 m. Sua seção transversal zoneada abrange uma zona central de solos argilosos plásticos avermelhados, obtidos de áreas de empréstimo, e espaldares de random, proveniente das escavações obrigatórias na margem esquerda. O sistema de drenagem interna é convencional sendo constituído por um filtro chaminé de areia natural e tapete drenante horizontal tipo sanduíche de 0,80 m de espessura total.

O documento UNB-C-PAE-001-00-22 – RPS PCH Unáí Baixo apresenta memória de cálculo da estabilidade da Barragem.

Os documentos do Projeto Executivo/Como Construído da Barragem estão apresentados no Anexo I – Dados – 2-Estruturas.

3.1.4 Vertedouro

O vertedouro PCH Unáí possui três comportas segmento, cada vão tem uma largura livre de 7,00 m e altura de 12,73 m, com ogiva vertente na El. 589,00 m, possui ainda uma calha revestida em concreto com 80,00 m de comprimento e declividade de 4,4 % e por um canal em rocha não revestido, a capacidade do vertedouro (1754 m³/s) é maior que a cheia decamilenar, onde o nível de água do reservatório poderá alcançar a cota 604,00 m, resultando-se uma borda livre de 0,50 m.

O vertedouro está projetado a vazão de 10.000 anos de recorrência ($Q_{10.000} = 1.265 \text{ m}^3/\text{s}$) atingindo NA Máx Max de 601,70 m, conforme a RPS, com sobrelevação de 1,80 m e soleira vertente na El. 589,00 m. Para manutenção das comportas segmento têm-se a ranhura para uma comporta ensecadeira na montante sendo uma mesma comporta utilizada em todos os vãos, sendo assim possível a manutenção de apenas uma comporta segmento por vez.

Os documentos do vertedouro estão apresentados no Anexo I – Dados – 2-Estruturas.

A curva abaixo apresenta curva de descarga do Vertedouro com todas comportas abertas.

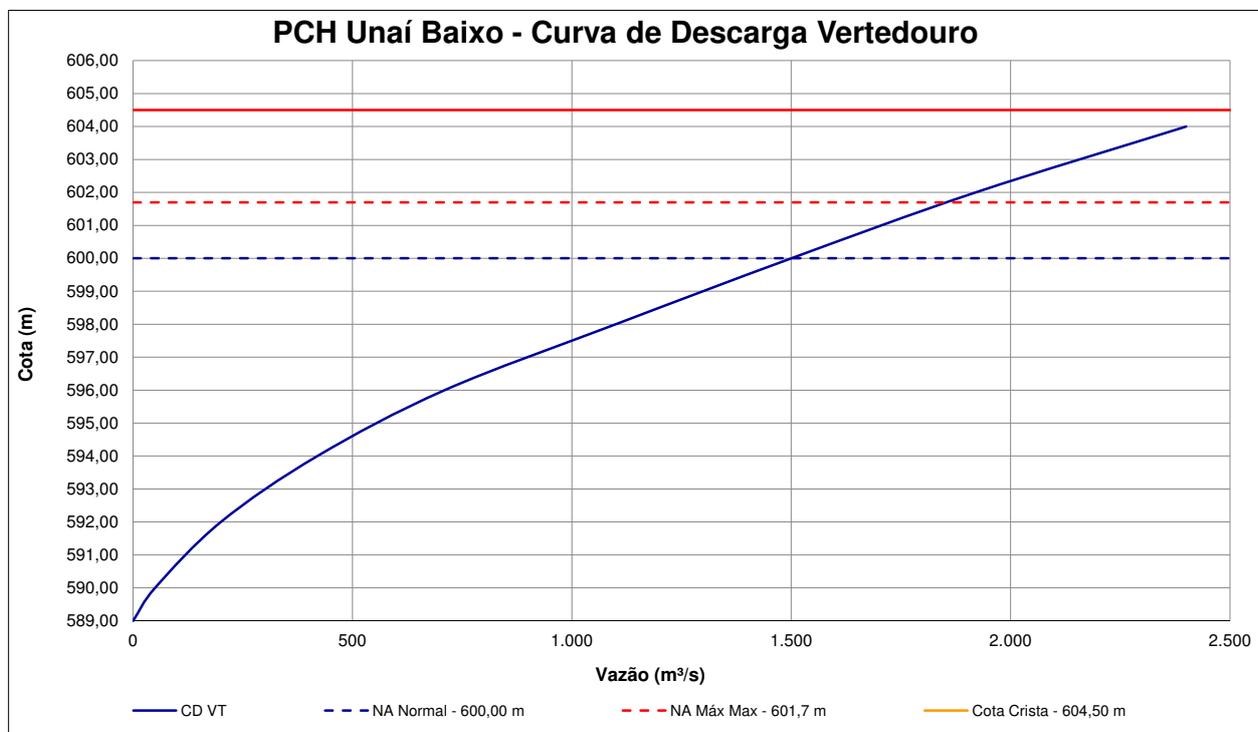


Figura 4 – Curva de Descarga – Vertedouro

3.1.5 Circuito Hidráulico

A tomada d'água acoplada ao barramento possui soleira de entrada na cota 586,50 m, tendo uma altura de 19,20 m e uma largura de 12,25 m, seu comprimento é de 16,40 m. A partir dela se inicia o circuito de geração com os condutos forçados, turbinas e geradores, a seguir pode ser visto corte típico desta estrutura.

Dois condutos forçados de 3,50 m de diâmetro e cerca de 63,00 m de comprimento interligam a tomada de água com as turbinas da casa de força.

A casa de força, equipada com duas unidades geradoras Kaplan de 13 MW cada uma, é alimentada por dois condutos forçados de superfície, conforme ilustrado pelas figuras seguintes. A casa de força, com 22,50 m de largura e 26,50 m de comprimento, é apoiada em rocha sã na El. 554,60 m sendo que a área de montagem está na El. 578,40 m. O canal de fuga tem uma extensão de 255 m.

A cota de proteção da casa de força encontra-se na El. 578,40 protegido para tempo de recorrência de 10.000 anos.

O nível de água normal no canal de fuga está na El. 570,14 m e o nível de água máximo maximorum de projeto encontra-se na El. 576,40 m.

Os documentos da Circuito de Geração estão apresentados no Anexo I – Documentos de Projeto – 4- Circuito de Geração do Plano de Segurança da Barragem (UNB-C-PSB-001-00-22).

3.2 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Unai Baixo são:

- NA Normal Montante = 600,00 m;
- NA Máximo Maximorum Montante = 601,70 m (>TR=10.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 604,50 m;
- NA Normal Jusante Principal = 570,14 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante Principal = 576,40 m
- Cota de Proteção Casa de Força Principal= 578,40 m.

A Ficha resumo dos itens de segurança da Barragem está apresentada abaixo. As figuras abaixo apresentam arranjo geral e estruturas civis da Usina. Os desenhos principais do Barramento e arranjo estão apresentados no Anexo I – Dados, 2 - Estruturas.

Todos os documentos da Usina estão apresentados no Anexo I do Plano de Segurança da Barragem (UNB-C-PSB-001-00-22).



BRENNAND
energia

FICHA TECNICA PCH UNAI BAIXO



CASCATA	
Usina Montante:	PCH Mata Velha
Usina Jusante:	-

ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO	
Tipo:	Controlado - Comportas Segmento
Comprimento (m):	31
Número Comportas	3,0
Dimensões Vão (LxA - m):	7,0 x 12,73
Cota da Soleira (m):	589
Capacidade (m ³ /s):	1.754,00 (>TR 10.000 anos)
Fundação:	siltito

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	
Nome:	PCH Unai Baixo
Municípios:	Unai/MG
Proprietário:	Unai Baixo Energética S/A

TOMADA D'ÁGUA		
Tipo:	Gravidade	
Comprimento (m):	16,40	
Comportas	Número:	2
	Altura (m):	5,00
	Largura (m):	4,00

DATAS	
Conclusão Barramento:	abril/2012
Início Operação:	abril/2012
Manutenção Barragem:	-----

CONDUTOS FORÇADO	
Unidades:	2
Diâmetro (m):	3,50
Comprimento Total (m):	63,10

BACIA HIDROGRÁFICA	
Curso d'Água:	Rio Preto
Bacia (ANEEL):	Paracatu- 42
Sub-Bacia (ANEEL):	São Francisco - 4

CASA DE FORÇA		
Tipo:	Abrigada	
Potência Instalada (MW)	26,00	
Unidades Geradoras:	2 Kaplan S montante	
Vazão Máxima (m ³ /s):	98,44	
Queda Bruta (m)	29,86	
Nível de água jusante (m):	Máx. Max.:	576,40
	Normal:	570,14
	Mínimo:	-

RESERVATÓRIO		
Área Drenagem - (km ²):	4771,00	
Área NA Normal - (km ²):	10,55	
Volume NA Normal (hm ³):	134,45	
Vazão Sanitária (m ³ /s):	-	
Vazão Média - QMLT(m ³ /s):	69,00	
Níveis de Água (m):	Máx. Max.:	601,70
	Normal:	600,00
	Mínimo:	599,00

TURBINA	
Potência Nominal [MW]	13,42 (2 Unid.)
Vazão Nominal [m ³ /s]	49,22
Rotação Nominal [rpm]	327

BARRAGEM	
Tipo:	Terra
Comprimento (m):	405,65
Altura Máxima (m):	36,50
Largura Crista (m):	6,00
Elevação da Crista (m):	604,50
Borda Livre NA Máx Max (m)	2,80
Fundação:	siltito

GERADOR	
Potência Nominal [kVA]	14600,00
Rotação Nominal [rpm]	327,27
Fator de Potência	0,9

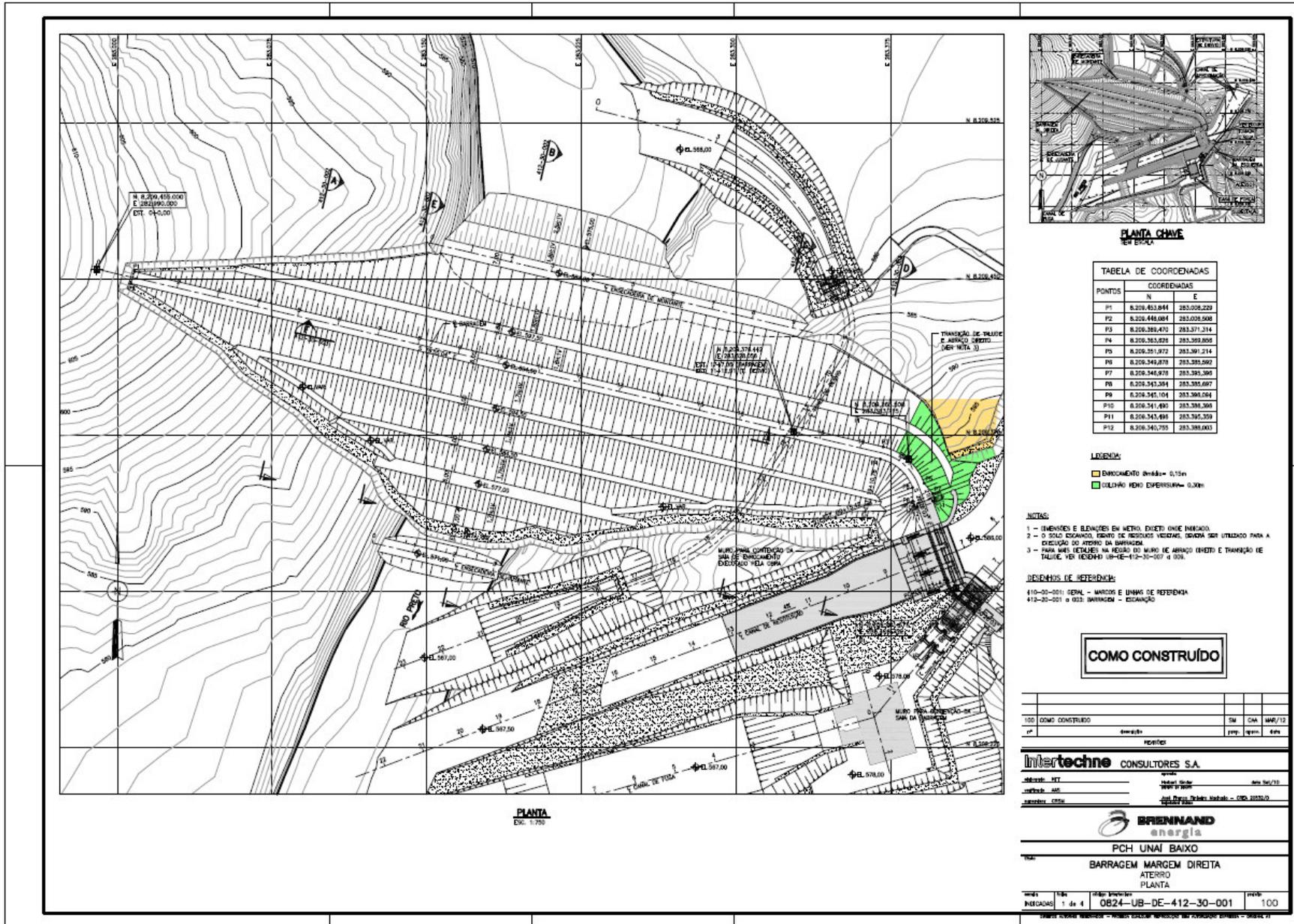


Figura 5 – Barragem Margem Direita– Planta Geral

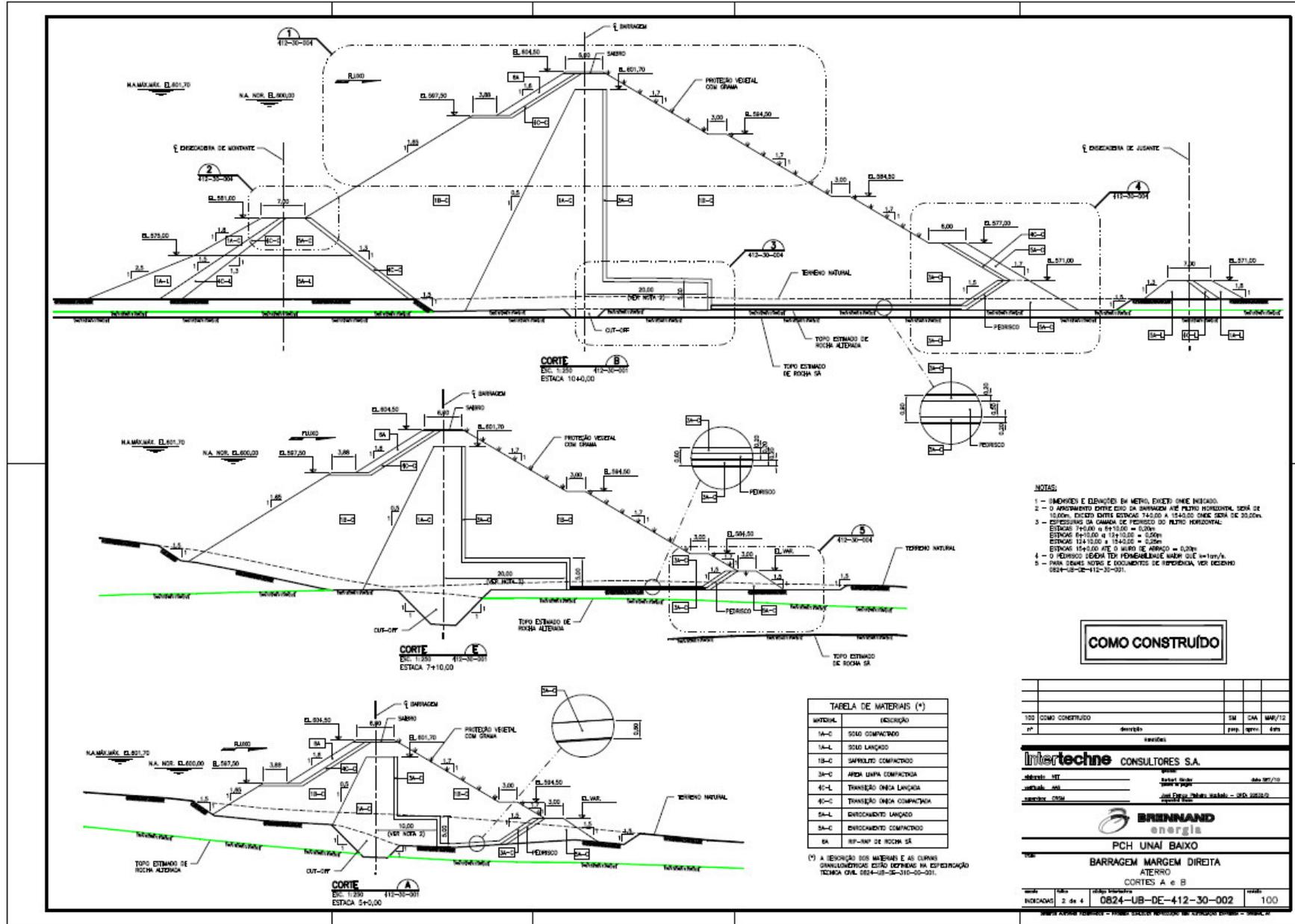


Figura 6 – Barragem Margem Direita – Seções

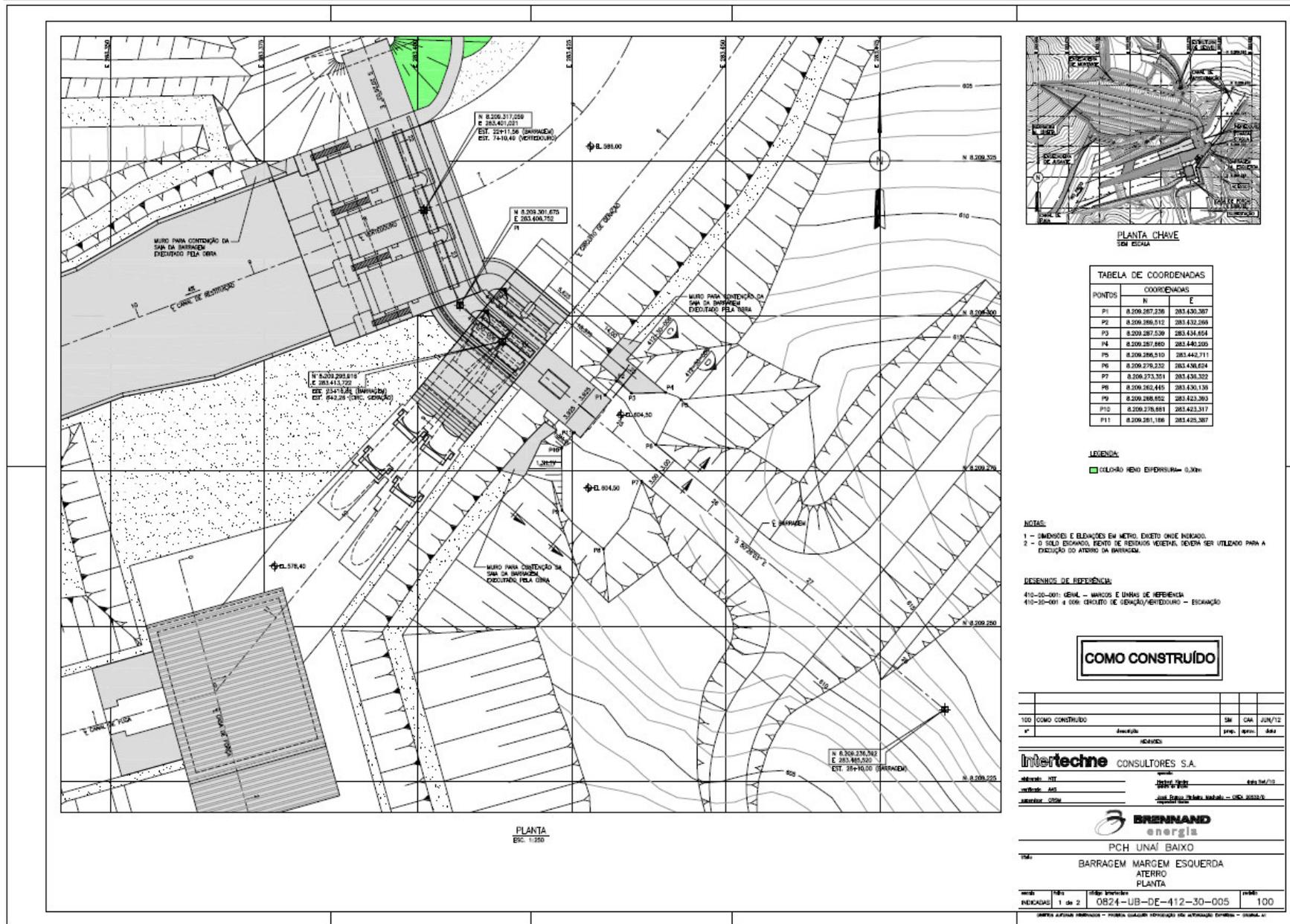


Figura 7 – Barragem Margem Esquerda– Planta Geral

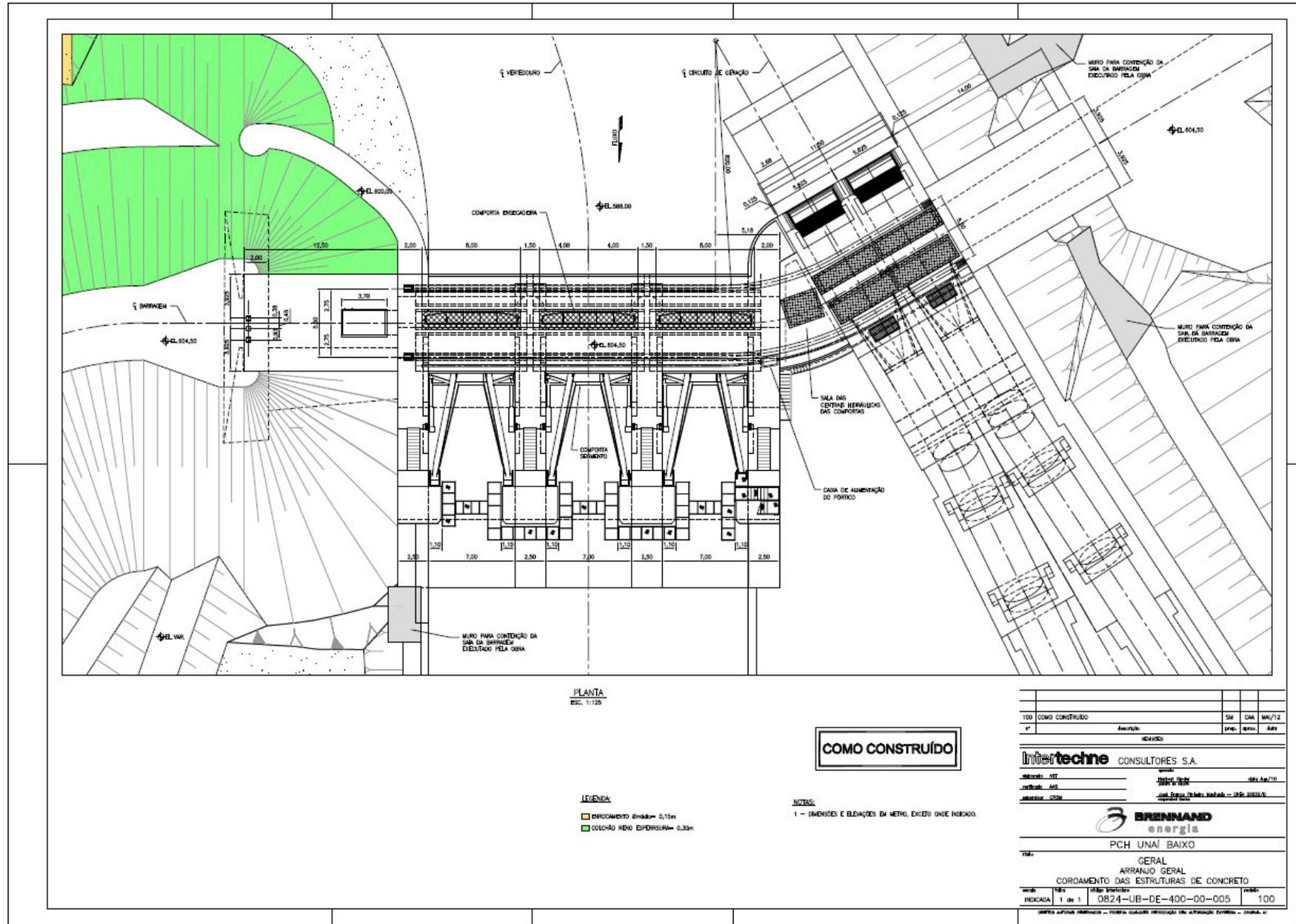


Figura 8 – Arranjo Geral – Planta

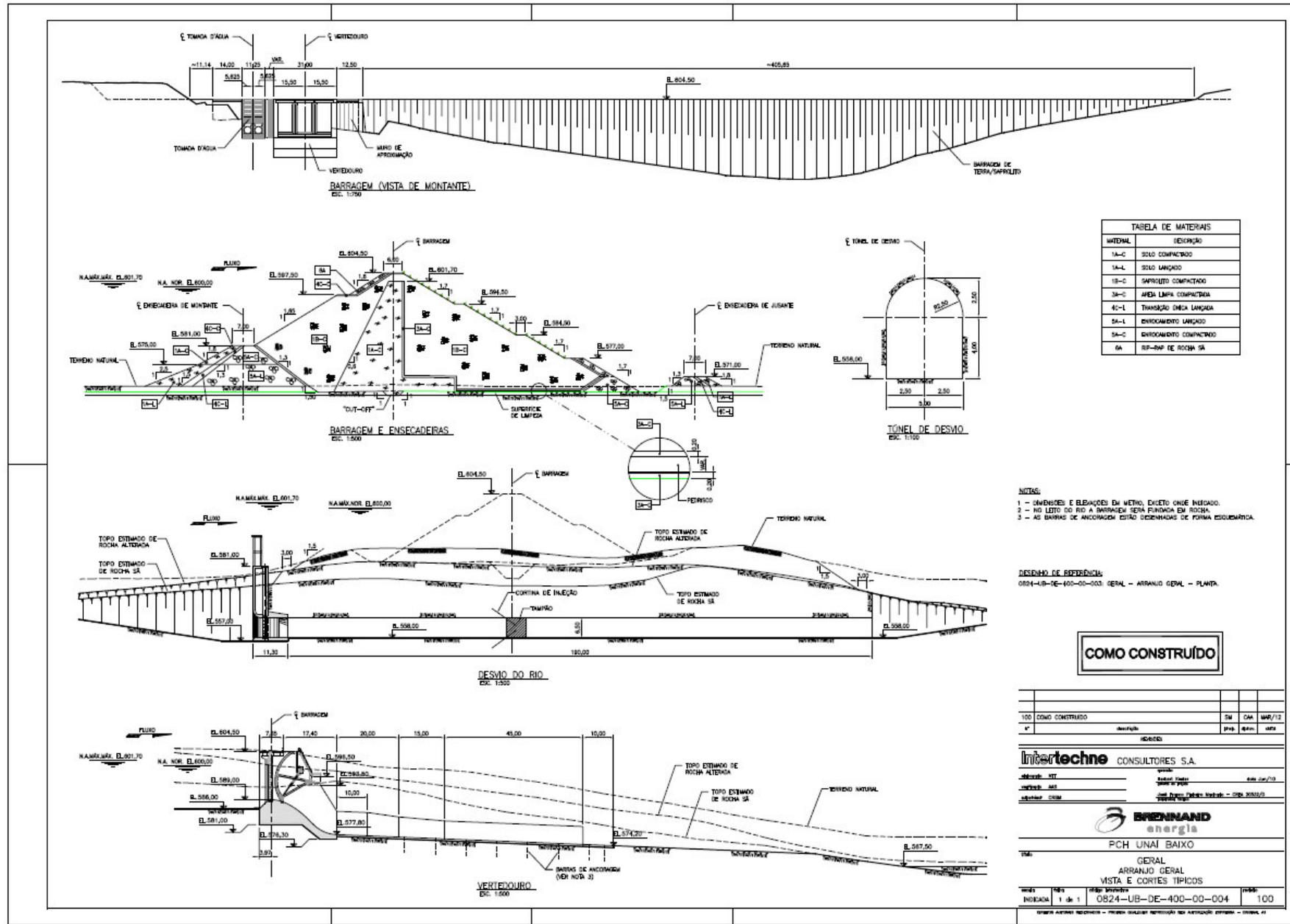


Figura 9 – Arranjo Geral – Seções

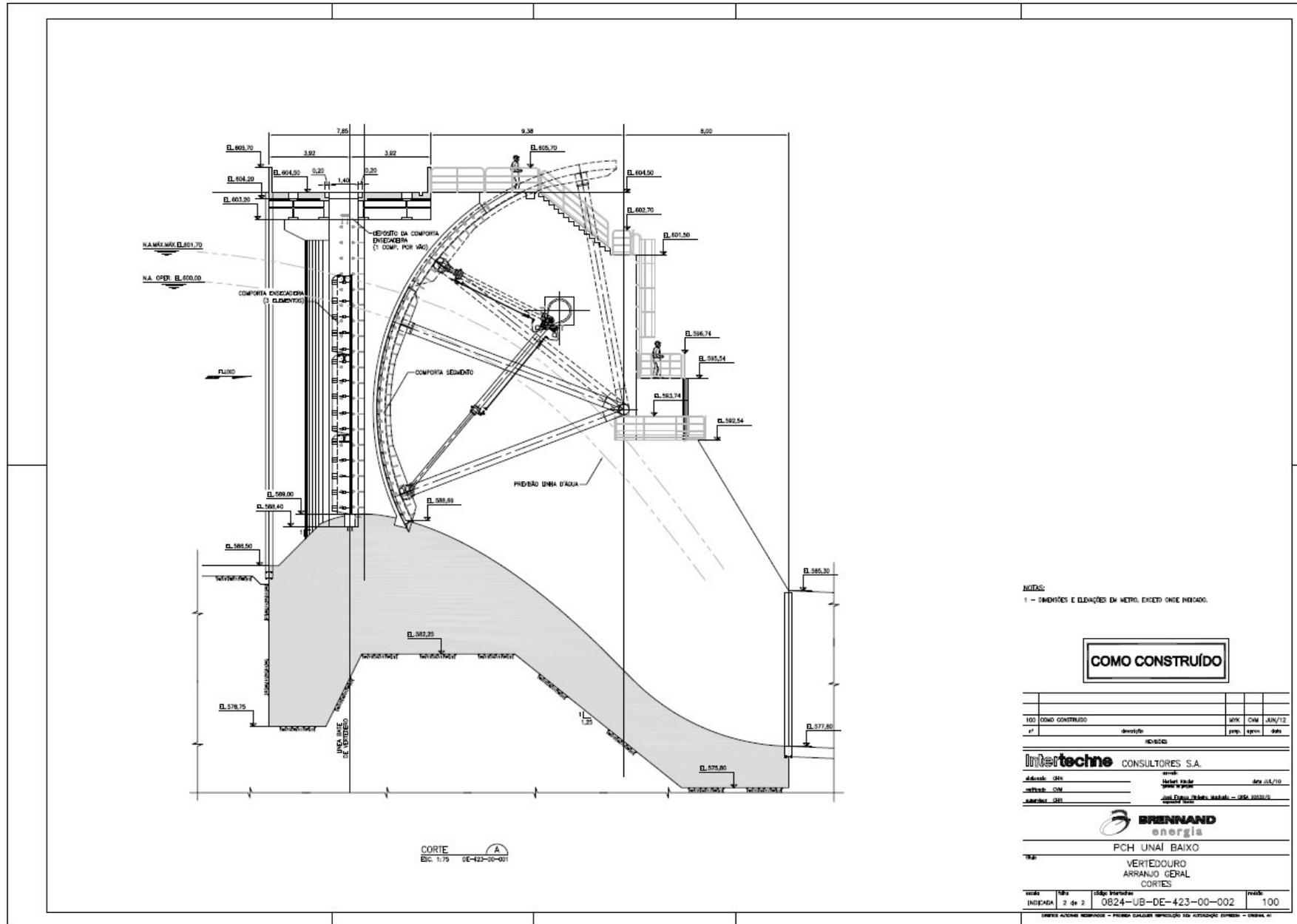


Figura 10 – Seção transversal do Vertedouro controlado

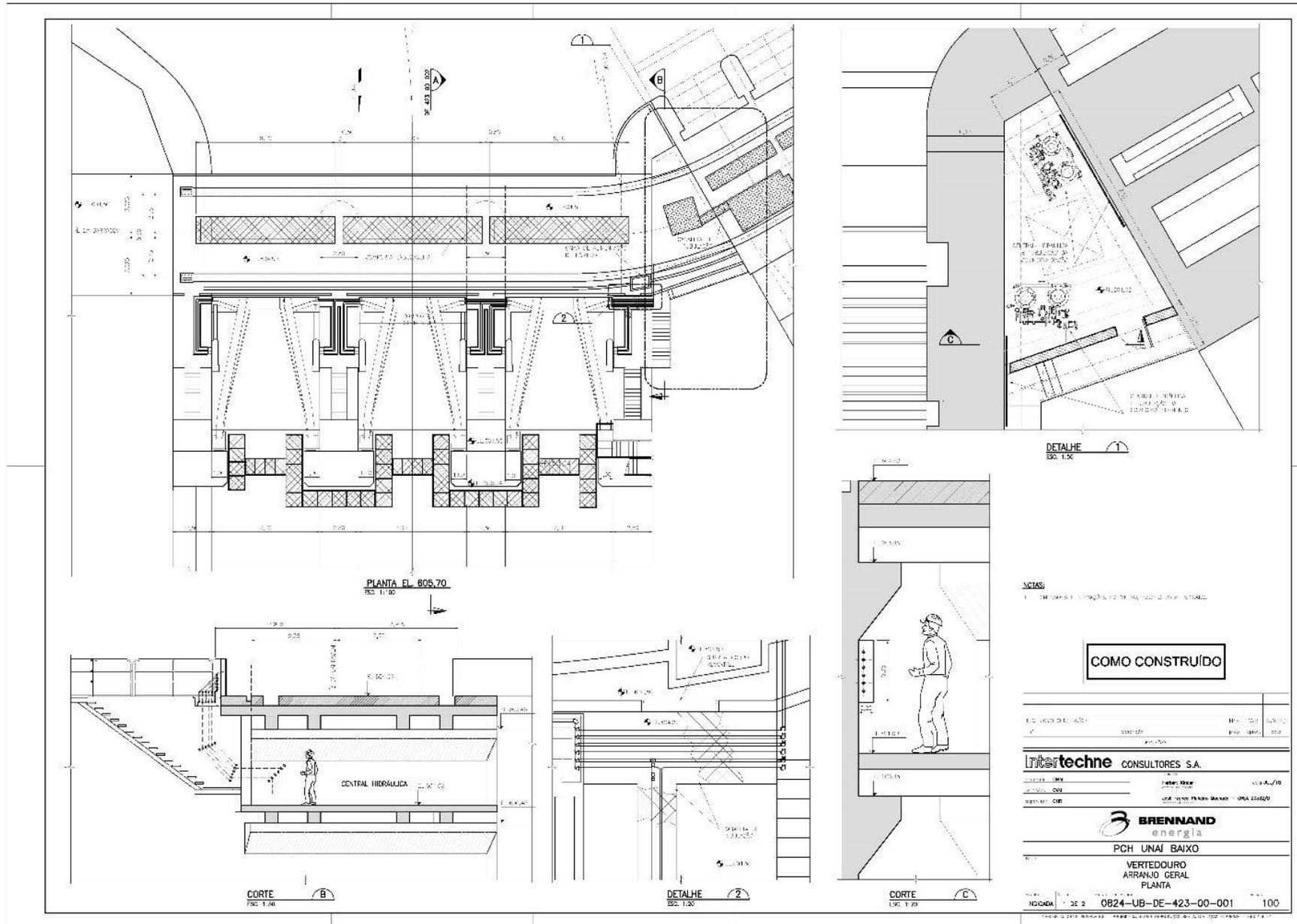
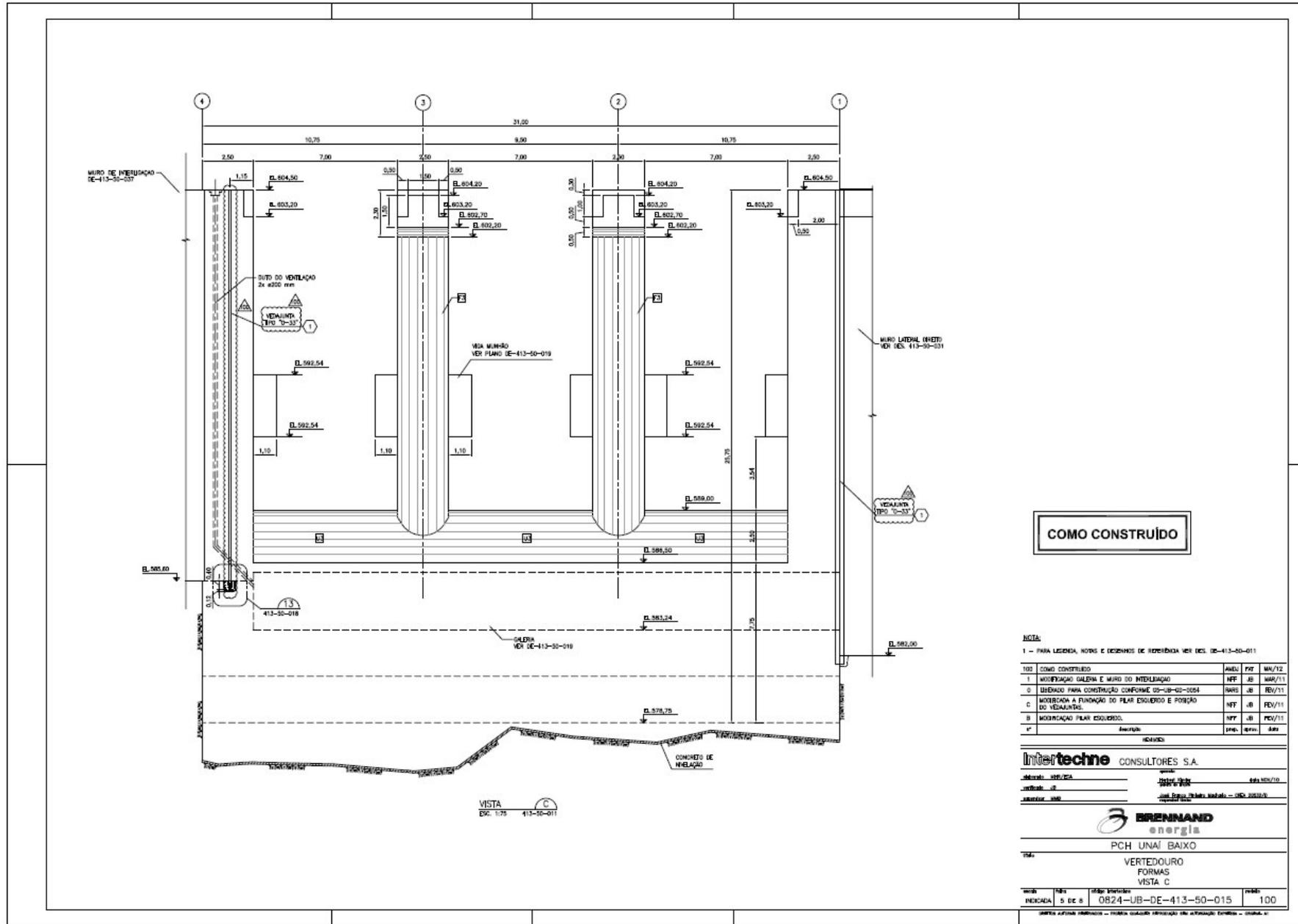


Figura 11 – Vertedouro – Planta



COMO CONSTRUÍDO

NOTA:
1 - PARA LEGENDA, NOMES E DESENHOS DE REFERÊNCIA VER DES. 08-413-50-011

100	COMO CONSTRUÍDO	ANEX	PROJ	MAI/12
1	MODIFICAÇÃO GALERIA E MURO DO INTERLUÇÃO	NFF	JB	MAR/11
0	DESENHO PARA CONSTRUÇÃO CONFORME 02-UB-02-0054	NARS	JB	FEV/11
C	MODIFICADA A FUNDAÇÃO DO PILAR EXTERNO E FORÇA DO VEDANTO.	NFF	JB	FEV/11
B	MODIFICAÇÃO PILAR EXTERNO.	NFF	JB	FEV/11
1*	Assinatura	ENR	ENR	Ass

Intertechno CONSULTORES S.A.
 Avenida: BR/124
 Rua: 124
 CEP: 91100-000
 Fone: (51) 3091-1000
 E-mail: contato@intertechno.com.br

BRENAND energia
 PCH UNÁI BAIXO
 VERTEDOURO FORMAS
 VISTA C

PROJETO: 0824-UB-DE-413-50-015
 DATA: 5 DE 8
 ESCALA: 100

Figura 12 – Vertedouro – Vista

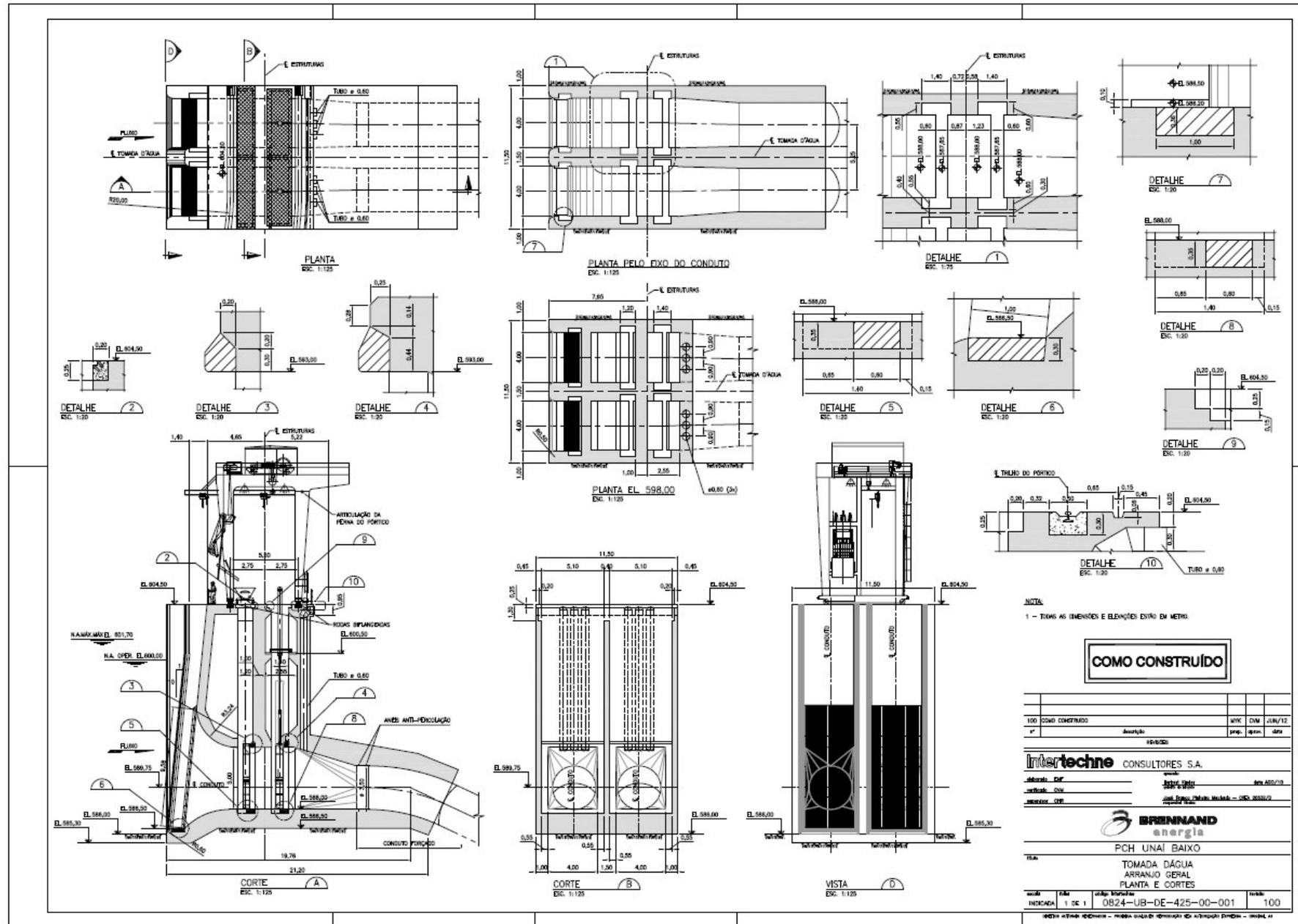


Figura 13 – Tomada de água – Planta e Seção

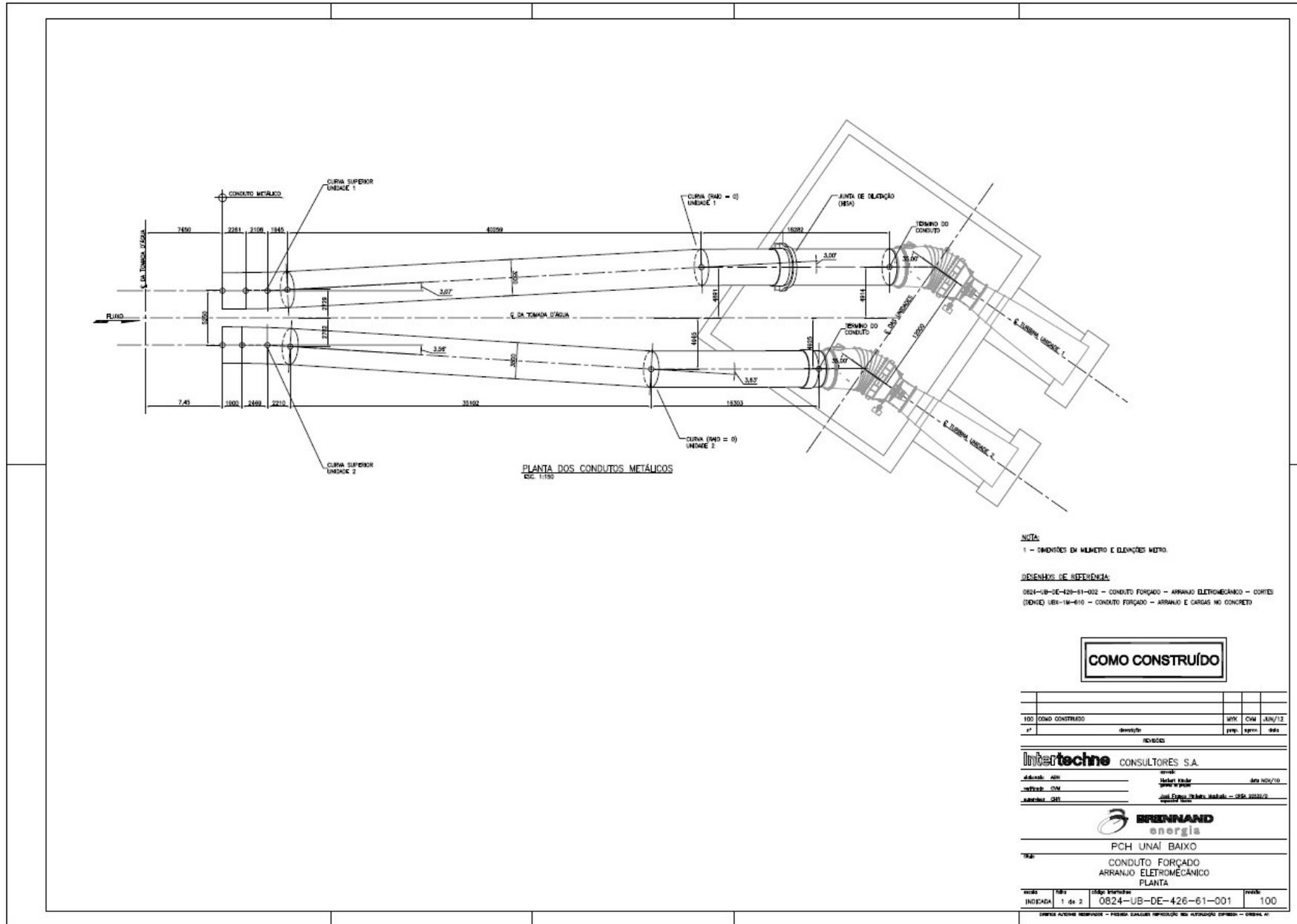


Figura 14 – Planta geral dos contudo forçados desde a TA até a CF

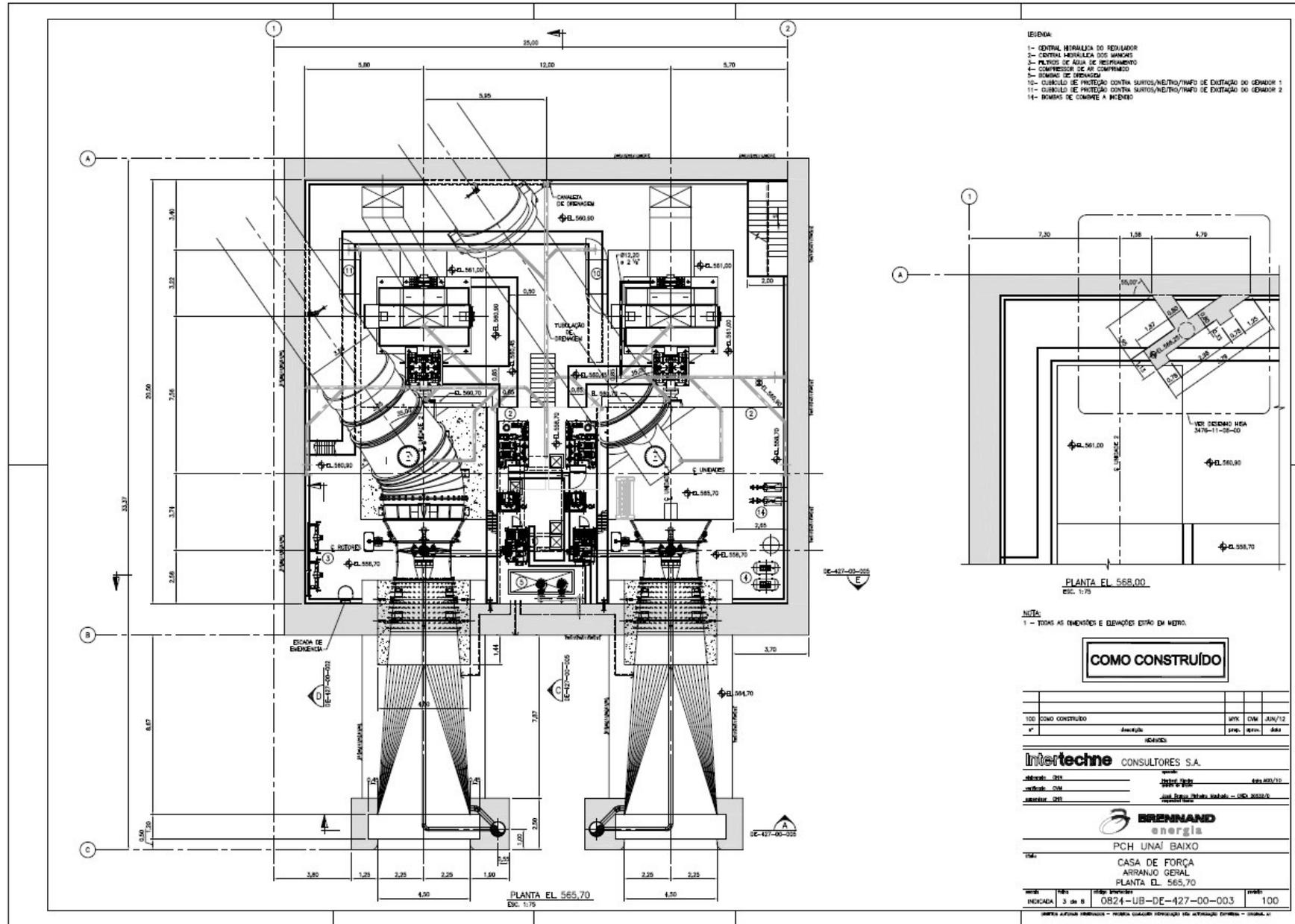


Figura 15 – Casa de Força – Planta

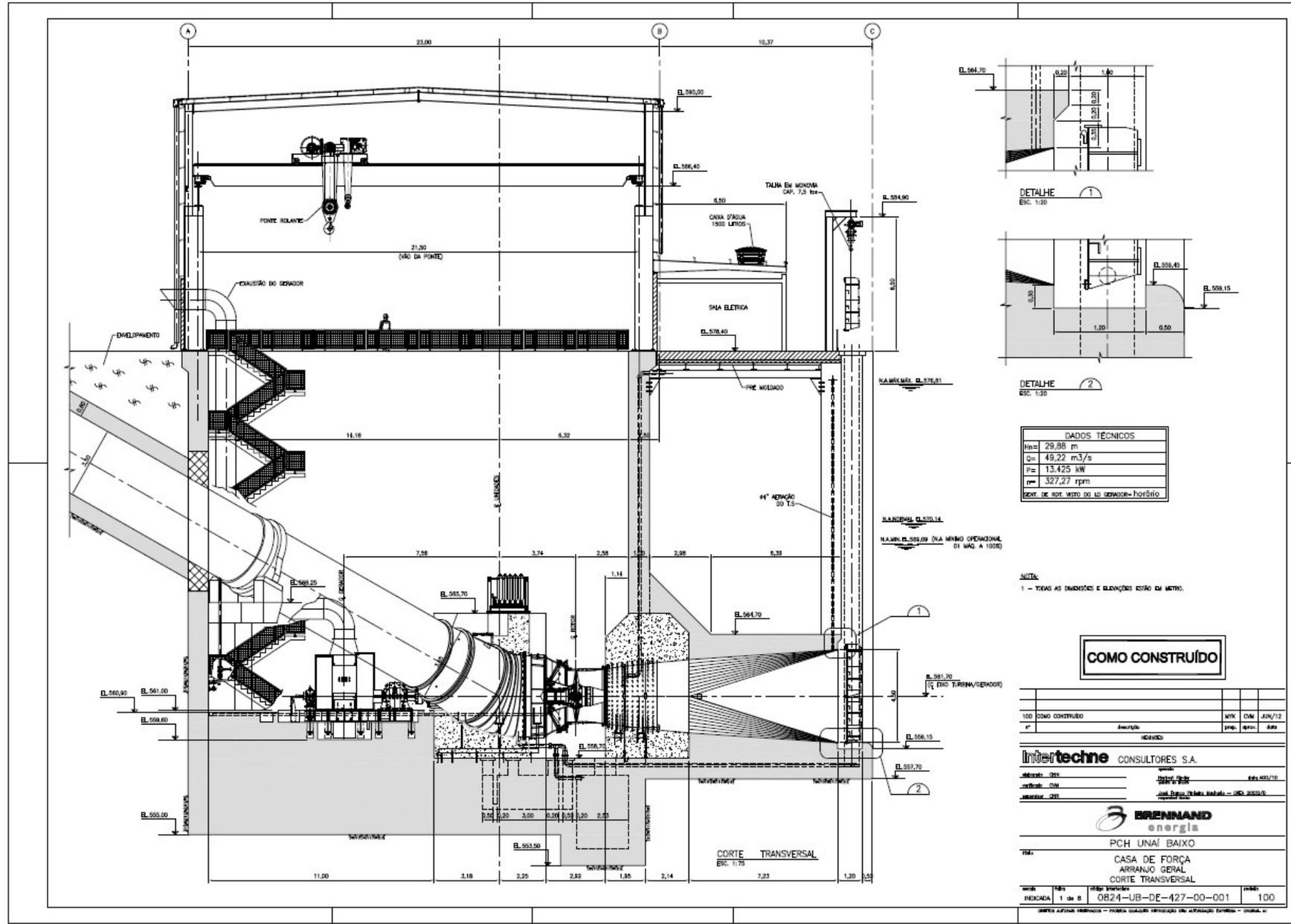


Figura 16 – Casa de Força – Seção Transversal

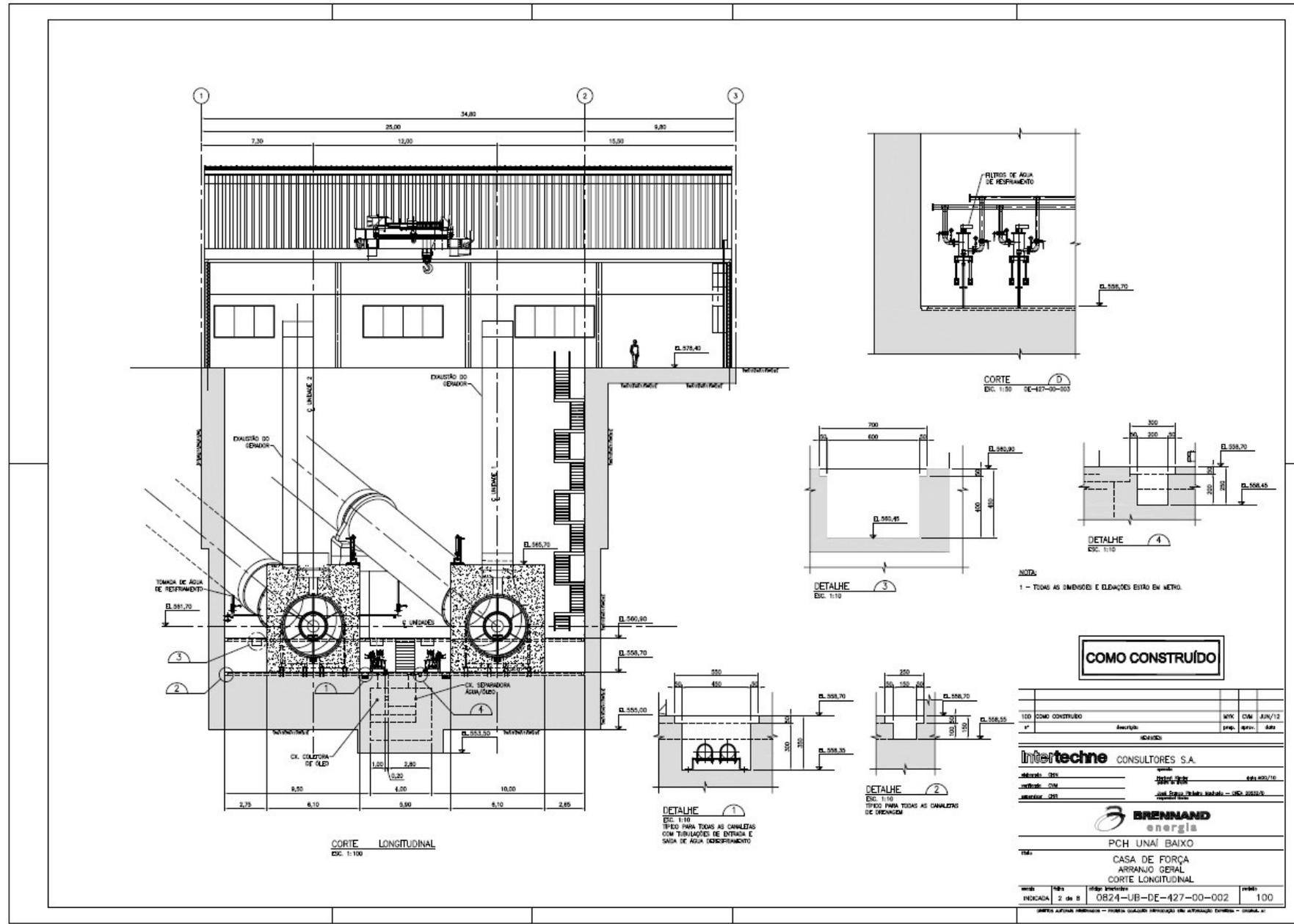


Figura 17 – Casa de Força – Seção Longitudinal

4 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

4.1 Avaliação do Risco

O estudo das ameaças de desastres e do grau de vulnerabilidade dos corpos e sistemas hidráulicos receptores aos efeitos adversos permite a avaliação, a definição e hierarquização das áreas de maior risco. Os riscos identificados para o barramento da PCH Unaí Baixo são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Unaí Baixo tem área de drenagem total de 4.771 Km². O reservatório possui um volume cerca de 134,45 hm³ e uma extensão de 24,62 km formado por um barramento de aterro compactado com altura máxima de 36,50 m.

A probabilidade de uma determinada cheia ocorrer ou ser ultrapassada num ano qualquer é o inverso do tempo de retorno $P = \frac{1}{TR}$, e a de não acontecer é $p = 1 - P$.

A probabilidade de ocorrer pelo menos uma cheia que seja igual e (ou exceda) àquela de período de retorno TR, num intervalo de “n” anos qualquer pode ser dada pela expressão:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n$$

Equação 1: Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno

Portanto, o risco adotado pelo projeto da obra hidráulica da PCH Unaí Baixo pode ser analisado pela Tabela a seguir:

Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)

TR (anos)	Período de Vida da Estrutura (em anos)			
	1	10	25	50
100	1,00	9,56	22,21	39,49
500	0,20	1,98	4,88	9,52
1.000	0,10	0,99	2,47	4,88
10.000	0,01	0,10	0,25	0,50

É importante ressaltar que os riscos assumidos pelo projeto são significativamente pequenos, ou seja, para um tempo de retorno adotado no projeto (TR=10.000 anos) os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto variam de **0,01% a 0,50%** considerando os diferentes períodos de vida útil do empreendimento.

4.1.2 Risco de Colapso Estrutural

4.1.2.1 Dimensionamento e Estabilidade da Barragem

Com base nos resultados obtidos nas análises de estabilidade, pode-se concluir que as premissas de projeto foram atendidas com ressalvas na região do barramento onde serão realizados alguns monitoramentos, porém nada que comprometa integridade da Barragem.

Abaixo está apresentada o resumo dos fatores de segurança obtidos na análise de estabilidade desenvolvida pela empresa Geodinâmica em 2022 (UNB-C-RPS-001-00-22).

Tabela 3 – Barragem ME- Resultados das análises de estabilidade (RPS-2022)

SEÇÃO DE ANÁLISE	CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO	TALUDE	FS calc.	FS _{adm.}	Situação
S1	Operação normal	Jusante	1,53	1,5	Ok
	Excepcional 1 (sismo)	Jusante	1,4	1,3	Ok
		Montante	1,27	1,3	Ok
	Excepcional 2 (Rebaixamento)	Montante	1,9	1,3	Ok
Rebaixamento Rápido Limite	1,42		1,1	Ok	
S12	Operação normal	Jusante	1,49	1,5	Ok
	Excepcional 1 (sismo)	Jusante	1,33	1,3	Ok
		Montante	1,36	1,3	Ok
	Excepcional 2 (Rebaixamento)	Montante	1,62	1,3	Ok
Rebaixamento Rápido Limite	1,3		1,1	Ok	
S3	Operação normal	Jusante	1,54	1,5	Ok
	Excepcional 1 (sismo)	Jusante	1,34	1,3	Ok
		Montante	1,29	1,3	Ok
	Excepcional 2 (Rebaixamento)	Montante	1,54	1,3	Ok
Rebaixamento Rápido Limite	1,02		1,1	Ok (limitar a 5,0m)	
S4	Operação normal	Jusante	1,55	1,5	Ok
	Excepcional 1 (sismo)	Jusante	1,38	1,3	Ok
		Montante	1,31	1,3	Ok
	Excepcional 2 (Rebaixamento)	Montante	1,57	1,3	Ok
Rebaixamento Rápido Limite	1,02		1,1	Ok (limitar a 5,0m)	
S5	Operação normal	Jusante	1,57	1,5	Ok
	Excepcional 1 (sismo)	Jusante	1,39	1,3	Ok
		Montante	1,34	1,3	Ok
	Excepcional 2 (Rebaixamento)	Montante	1,59	1,3	Ok
Rebaixamento Rápido Limite	1,28		1,1	Ok	
S6	Operação normal	Jusante	2,1	1,5	Ok
	Excepcional 1 (sismo)	Jusante	1,81	1,3	Ok
		Montante	1,63	1,3	Ok
	Excepcional 2 (Rebaixamento)	Montante	1,78	1,3	Ok
Rebaixamento Rápido Limite	1,24		1,1	Ok	
S7	Operação normal	Jusante	1,54	1,5	Ok
	Excepcional 1 (sismo)	Jusante	1,41	1,3	Ok
		Montante	1,31	1,3	Ok

SEÇÃO DE ANÁLISE	CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO	TALUDE	FS calc.	FS _{adm.}	Situação
	Excepcional 2 (Rebaixamento)	Montante	1,46	1,3	Ok
	Rebaixamento Rápido Limite		1,55	1,1	Ok

(*) A operação de deplecionamento deve interrompido na elevação 595,0m devido a limitação de estabilidade do talude nas seções S3 e S4.

A memória completa está apresentada no documento da RPS (UNB-C-RPS-001-00-22).

4.1.2.2 Dimensionamento e Estabilidade do Vertedouro

O documento 0824-UB- MC-413-40-001 (Como Construído) apresenta a memória de cálculo do Vertedouro. Lembrando que a análise realizada no projeto executivo está com bastante folga nos fatores de segurança para TR 10.000 anos, garantindo borda livre de 2,80 m. Segue abaixo resumo da memória de cálculo do projeto 0824-UB- MC-413-40-001 (Anexo I – 3 Vertedouro).

Tabela 4 – Resultado Análise de Estabilidade – Vertedouro - Projeto Executivo Intertechne (YPE-A-GEMC-VRT-C00-0001-0)

	CCN	CCE1	CCE2	CCE3	CCL1	CCL2
Ti (t)	8.390	9.649	9.720	8.390	11.620	11.048
Ni (t)	-7.181	-6.671	-9.638	-6.445	-9.065	-9.127
Momento neto em "O" (tm)	71.598	65.420	79.624	56.031	49.493	72.536
Momento neto em "CG" (tm)	3.277	-3.089	-15.679	-3.012	-31.246	-22.742
A (m ²)	783	783	783	783	783	783
W (m ³)	3.294	3.294	3.294	3.294	3.294	3.294
C. A / γ_c	84.134	168.268	168.268	168.268	194.155	194.155
Ni . tg ϕ / γ_ϕ	4.017	5.089	7.352	4.916	6.915	6.962
Deslizamento						
γ_c	3,00	1,50	1,50	1,50	1,30	1,30
γ_ϕ	1,50	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
FSD (min=1)	10,5	18,0	18,1	20,6	17,3	18,2
Flutuação						
FSF min	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
FSF	1,6	1,6	1,8	1,6	1,6	1,7
Tombamento						
FSTmin	1,50	1,20	1,20	1,20	1,10	1,10
FST	2,02	1,56	1,92	1,80	1,44	1,54
Tensões na fundação						
s máx. (t/m ²)	10,17	9,46	17,07	9,15	21,07	18,56
s min. (t/m ²)	8,18	7,58	7,55	7,32	2,09	4,76
CS	102,86	110,57	61,27	114,34	49,65	56,34

A estrutura do VERTEDOIRO da PCH UNAÍ BAIXO é estável à flutuação, tombamento e deslizamento para os casos de carregamento normal (CCN), excepcional (CCE) e limite (CCL).

As tensões admissíveis na rocha de fundação não são superadas nos estados de carregamento pranteados.

A coesão mínima requerida para assegurar a estabilidade ao deslizamento é da ordem de 0,3 MPa, equivalente praticamente a uma rocha débil.

4.1.2.3 Conclusão

Além disso, como prevenção de risco de colapso estrutural, o Plano de Segurança da Barragem (UNB-C-PSB-001-00-22), tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

Conforme observado na vistoria e dados do RPS (UNB-BA-RPS-001-00-22 RPS PCH Unaí Baixo) se foram tomadas medidas de controle e monitoramento da Barragem e Diques, não irão ocorrer problemas estruturais no barramento/dique da PCH Unaí Baixo, sendo assim o risco de colapso estrutural é baixo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural. Porém é de extrema importância o monitoramento e manutenção sejam realizadas de acordo com recomendado no RPS e ISR.

4.2 Identificação das Emergências Potenciais

Para identificação dos pontos de emergências foram determinados níveis de água ao longo do rio a jusante da PCH Unaí Baixo e o tempo de percurso da onda de enchente. A definição das emergências foi definida a partir do preconizado no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.2 Cenários a simular, da Agência Nacional das águas (ANA), conforme destacado abaixo:

“Para atribuição dos valores das vazões afluentes ao reservatório no instante inicial da ruptura, dever-se-á adotar a prática comum, orientada por questões de segurança, de considerar a contribuição de um hidrograma de vazão afluente. Assim, poder-se-á optar:

- *pela vazão média anual (ou a vazão média do semestre seco ou do semestre úmido), ou por uma cheia associada a um menor tempo de recorrência ($T= 100$ anos, por exemplo) num cenário de ruptura em dia de sol;*
- *por uma cheia conhecida (por exemplo, a cheia de projeto ou uma cheia associada a um tempo de recorrência elevado: $T= 1\ 000$ a $5\ 000$ anos), num cenário de ruptura por galgamento.”*

A partir destes níveis foram elaborados mapas de inundação, com os níveis máximos e o tempo de propagação da onda de enchente correspondente sendo então identificadas e classificadas as emergências potenciais:

a) Situação Normal – Ruptura em dia de sol

Correspondem à condição natural de escoamento do hidrograma de cheias na vazão turbinada do rio, QTurb.

b) Situação Enchentes – Ruptura com enchentes

Correspondem à condição enchente extrema de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 10.000 anos de recorrência, sendo correspondente a cheia de dimensionamento do vertedouro.

4.2.1 Classificação das Situações

A gestão da emergência é efetuada em função do nível de resposta necessário para a situação no momento.

Os níveis de resposta devem ser definidos tanto para situação inicial com níveis de enchentes naturais para os diversos tempos de recorrência quanto para a situação de ruptura.

A classificação do nível de resposta deve ser feita em quatro níveis, de acordo com a descrição das características gerais de cada situação de emergência em potencial da barragem. A convenção é utilizada para graduar as situações que podem comprometer a segurança da barragem e ocupações a jusante e ativar um processo de emergência na barragem. Foi adaptado de acordo com a Barragem a convecção indicada no Item 2.2, do Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (ANA) - Volume IV - Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE, conforme abaixo:

0	NORMAL (VERDE)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem não comprometam a segurança da estrutura, mas devam ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;
1	ATENÇÃO (AMARELO)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem não comprometam a segurança da estrutura no curto prazo, mas devam ser controladas, monitoradas ou reparadas;
2	ALERTA (LARANJA)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem comprometam a segurança da estrutura no curto prazo, mas podem ser controladas, monitoradas ou reparadas;
3	EMERGÊNCIA 1 (VERMELHO CLARO)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem representem risco a segurança da estrutura que demandam a retirada dos possíveis atingidos, mas podem ser tomadas providências para a eliminação do problema
4	EMERGÊNCIA 2 (VERMELHO ESCURO)	quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos na barragem representem risco de ruptura iminente que demandam a retirada dos possíveis atingidos sem possibilidade de providências para a eliminação do problema

No Plano de Ação de Emergência e na curva de Operação o nível – Emergência foi adaptado e dividido em 2 subníveis, Vermelho Claro e Vermelho Escuro, conforme destacado abaixo:

- Vermelho Claro – Essa condição se caracteriza pela necessidade de retirada dos atingidos na ZAS e alerta para a defesa civil da ocorrência de um evento de cheias extremas, acima do TR 1.000 anos, ou de problema na estrutura do barramento que pode ocasionar o rompimento podendo ser evitado com as manutenções corretas;
- Vermelho Escuro – Nessa condição é necessária a retirada urgente dos atingidos na ZAS e alerta para a defesa civil da eminência ou da ocorrência do rompimento. As condições hidrológicas extremas ultrapassam a cheia decamilenar ou as patologias na estrutura não permitem a recuperação.

Importante observar que a emergência 2 pode ocorrer sem que passe pela emergência 1, por exemplo uma patologia descoberta em inspeção que não permite a recuperação passa diretamente para o nível de emergência 2.

5 ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nas simulações das consequências (hidrograma de ruptura) para as hipóteses acidentais identificadas no capítulo 4 (cheias natural/extremas e rompimento da barragem).

Nesta etapa ocorre a estimativa e avaliação das consequências e seus respectivos efeitos físicos decorrentes de eventos anormais que possam ocorrer, bem como a determinação e o mapeamento das áreas vulneráveis devido as ondas de cheia em cada um dos cenários de acidentes. O comportamento da onda de enchente e as áreas atingidas são obtidos mediante a utilização de programas simuladores de rompimento e propagação das cheias.

5.1 Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da PCH Unai Baixo foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS 5.0.5 (desenvolvido por *U.S. Army Corps of Engineers*), que se baseia no método de *Standard Step Method* (HENDERSON, 1966).

O Cenário a ser simulado é determinado por informações lançadas no programa de forma a identificar como se dá o rompimento da barragem e as condições geográficas e ambientais que influenciam no comportamento da onda de cheia.

Na caracterização do cenário as seguintes informações são necessárias:

- Geografia da região e geometria do rio;
- Tipo e geometria da barragem;
- Causa do rompimento;
- Formação da brecha;
- Dados sócio – ambientais.

5.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

A geografia da região define as áreas atingidas pela onda de passagem de cheia e pela inundação permitindo identificar os pontos de risco.

A caracterização adequada da geometria das seções no vale a jusante da barragem é muito importante na simulação da cheia, porque existe um forte efeito de atenuação da onda ao longo do trecho inundado. Vales mais encaixados atenuam menos a onda de cheia na sua propagação para jusante que vales mais abertos com largas áreas inundáveis. Neste efeito a geometria do vale e da área inundável tem mais importância que a própria calha do rio.

Os mapas de cheia possuem um erro equivalente à metade da distância das curvas de níveis obtidas, ou seja, no caso da simulação para a PCH Unai Baixo o erro considerado é de 0,50 m devido aos desenhos que reproduzem a topografia local possuírem curvas de nível do terreno com linhas equidistantes de 1 m em 1 m.

5.1.2 Tipo e Geometria da Barragem

A caracterização da brecha de rompimento com suas dimensões, tempo do seu desenvolvimento e formação são influenciados pelo tipo de barragem. As características de projeto e construção e suas dimensões influenciam na abertura da brecha e com isso no tempo de propagação e intensidade da onda de cheia. Os dados do reservatório também influenciam considerando que quanto maior o volume para um mesmo desnível a brecha tende a ser maior.

5.1.3 Causas de Rompimento

A causa de rompimento é importante pois determina a velocidade com que ocorre a formação da brecha.

As causas de rompimento podem ser por galgamento, entubamento ou infiltração e falhas estruturais (New Jersey Department of Environmental Protection, 2007).

5.1.3.1 Galgamento

O galgamento é a passagem da água sobre a barragem em partes não projetadas para verter água. O galgamento pode ser causado pela má operação do reservatório durante a cheia, devido a uma cheia extraordinária onde o dispositivo extravasador (vertedouro) não possui capacidade de vazão compatível, por problemas que impedem o dispositivo extravasador de operar normalmente ou pela formação de uma onda dentro do reservatório, de origem sísmica ou provocada pelo deslizamento de uma grande quantidade de terra das encostas.

Se o tempo e a intensidade do galgamento são suficientes, inicia-se uma brecha em um ponto qualquer mais fraco na crista da barragem e a brecha cresce com o tempo, por erosão, numa velocidade que depende da vazão de galgamento, do material da barragem e das características do reservatório (Collischonn, 1997).

A Figura 18 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

- a) Início em um ponto mais fraco;
- b) Brecha em forma de "V";
- c) Aprofundamento da brecha;
- d) Aumento lateral por erosão.

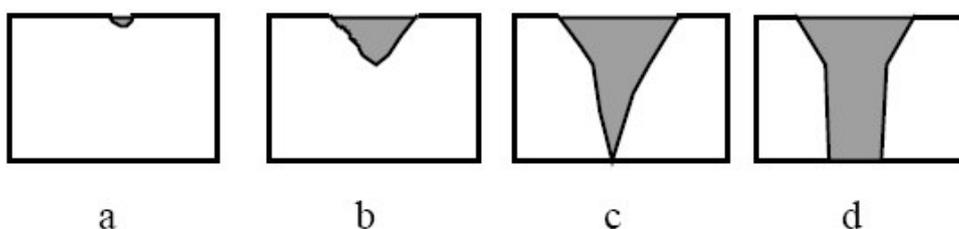


Figura 18 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

5.1.3.2 Infiltração

A infiltração ocorre devido à passagem da água através das paredes da barragem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002, p. 116). A água que se movimenta através da barragem, ou de suas fundações, pode originar na formação de uma brecha se os volumes de água e material sólido superam determinados limites de segurança. A brecha inicia como um poro em um ponto qualquer da barragem e este poro cresce, por erosão, para todos os lados, até ocorrer o colapso. A Figura 19 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que ocorre conforme a sequência abaixo.

- a) Surgimento do poro;
- b) Aumento por erosão;
- c) Colapso da porção superior e erosão.

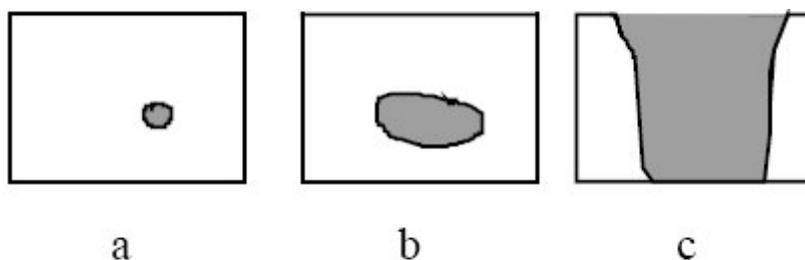


Figura 19 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

5.1.3.3 Falhas nas fundações e estruturais

Nas barragens de concreto do tipo gravidade pode ocorrer uma falha estrutural geral, no caso de uma situação de instabilidade provocada por cargas hidrostáticas e uma deficiente capacidade de equilíbrio global, situação resultante de erro ou deficiência no projeto ou de um problema generalizado nas respectivas fundações. Admite-se que o cenário mais provável é o da abertura da brecha por remoção sucessiva de blocos ou a ruptura da zona superior do perfil da barragem no caso de excederem as tensões limites numa zona menos espessa do perfil da barragem resultando de modo geral em uma ruptura parcial e gradual. O terreno sobre o qual a barragem está e a ligação da barragem ao terreno nas ombreiras podem deslizar sob o efeito das acomodações geológicas que resultam do enchimento do reservatório ou da saturação do material da fundação por infiltração (Almeida 2007).

Em barragens de aterro compactado a distribuição das pressões sobre o terreno de fundação ocorre de maneira mais branda e gradual reduzindo a possibilidade de falhas estruturais, porém a bibliografia indica diversos casos de falhas com rompimentos onde a falha nos estudos de geologia e geotecnia resultaram no colapso do barramento. Neste caso o colapso ocorre no enchimento ou apenas alguns dias após com a saturação da fundação.

A Figura 20 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, onde ocorre a formação de uma brecha que apresenta características parecidas seja a barragem de terra ou de concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).

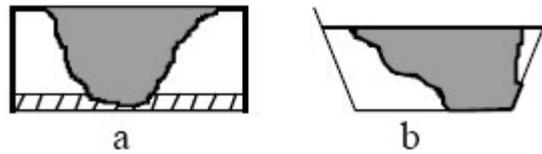


Figura 20 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

5.1.3.4 Ações de guerra

Durante guerras as barragens são pontos estratégicos pelo seu significado econômico para um país, bem como pelo potencial destrutivo de uma inundação resultante de uma ruptura. A formação da brecha depende da intensidade e da localização da explosão com a qual a barragem é atingida. Durante a Segunda Guerra Mundial os países aliados desenvolveram armas especiais para implodir barragens. As implosões mais conhecidas são as das barragens de Moehne e de Eder, na Alemanha.

OBSERVAÇÃO: Do ponto de vista de simulação de rompimento, as causas de falhas nas fundações estruturais e por ações de guerra se comportarão como uma falha por galgamento ou infiltração, com diferenciação no tempo de formação da brecha e geometria, que devido as suas características podem ser considerados como rompimentos progressivos ou até mesmo catastróficos e imediatos conforme determina Collischonn, 1997.

5.1.3.5 Casos Estatísticos

Entre as causas de rompimentos Ramos e Melo (2007) identificam que em pesquisa envolvendo 1105 casos de deterioração de barragens pertencentes a 33 países, e em duas publicações elaboradas pela ICOLD e pela USCOLD (ICOLD, 1974 e USCOLD, 1975), a capacidade de vazão insuficiente ou o mau funcionamento dos órgãos de descarga de cheias associado ao galgamento foram responsáveis por cerca de 42% do número total de rupturas em barragens.

Por sua vez as relacionadas com as fundações (percolação, erosão interna), com as erosões localizadas e com o deficiente comportamento estrutural foram responsáveis por cerca de 23%.

5.1.4 Formação da Brecha

A formação da brecha pode ser descrita por três parâmetros básicos:

- Tamanho;
- Tempo de formação;
- Forma geométrica.

Todos estes parâmetros são fortemente influenciados pela causa do rompimento e pelo tipo de barragem. Eles influenciam diretamente na vazão e na altura da onda de enchente decorrente do rompimento. Uma brecha maior ou rompimento catastrófico e com tempo de formação mais rápido gera uma onda de enchente de maior volume e o esvaziamento mais rápido do reservatório, enquanto uma brecha menor e com tempo de formação mais lento geram uma onda de enchente menor e com esvaziamento lento do reservatório.

O manual Using HEC-RAS for Dam Break Studies (agosto de 2004), indica de acordo com referências internacionais valores para formação da brecha, tabela abaixo.

Table 3. Ranges of Possible Values for Breach Characteristics

Dam Type	Average Breach Width (B_{ave})	Horizontal Component of Breach Side Slope (H) (H:V)	Failure Time, t_f (hours)	Agency
Earthen/Rockfill	(0.5 to 3.0) x HD	0 to 1.0	0.5 to 4.0	USACE 1980
	(1.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0	0.1 to 1.0	FERC
	(2.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0 (slightly larger)	0.1 to 1.0	NWS
	(0.5 to 5.0) x HD*	0 to 1.0	0.1 to 4.0*	USACE 2007
Concrete Gravity	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 1980
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.3	FERC
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.2	NWS
	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 2007
Concrete Arch	Entire Dam	Valley wall slope	≤ 0.1	USACE 1980
	Entire Dam	0 to valley walls	≤ 0.1	FERC
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	NWS
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	USACE 2007
Slag/Refuse	(0.8 x L) to L	1.0 to 2.0	0.1 to 0.3	FERC
	(0.8 x L) to L		≤ 0.1	NWS

*Note: Dams that have very large volumes of water, and have long dam crest lengths, will continue to erode for long durations (i.e., as long as a significant amount of water is flowing through the breach), and may therefore have longer breach widths and times than what is shown in Table 3. HD = height of the dam; L = length of the dam crest; FERC - Federal Energy Regulatory Commission; NWS - National Weather Service

Figura 21 – Tamanhos e tempo para formação da brecha

Fonte: Using HEC-RAS for Dam Break Studies (agosto/2004)

5.1.4.1 Tamanho

Barragens de concreto em arco apresentam ruptura total e praticamente instantânea com a brecha ao longo de todo o comprimento da barragem (ALMEIDA e FRANCO, 1993, ICOLD, 1996 e FRANCO, 1996 apud RIBEIRO, 2007).

Barragens de concreto por gravidade apresentam ruptura de um ou dois blocos (ALMEIDA e FRANCO, 1993, ICOLD, 1996, e FRANCO, 1996 apud RIBEIRO, 2007). Existe dificuldade de se prever o número de seções monolíticas que devem se deslocar e sofrer colapso, porém é possível determinar a geometria para simulação aumentando a largura da base da brecha de modo a representar o número de seções monolíticas deslocadas. O número de blocos rompidos poderá ser fixado tendo em conta a velocidade de descida do nível a montante, uma vez que uma rápida descida do reservatório corresponde a uma redução significativa das solicitações para os blocos que não rompem evitando os rompimentos de novos blocos nas laterais do primeiro rompimento. Em barragens de terra não ocorre o rompimento total da estrutura do talude, este rompimento também não é instantâneo, a brecha que se forma como resultado do rompimento tende a apresentar uma largura média (B) de $0,5H < B < 3H$, onde H é a altura da barragem. Desta forma normalmente a largura da brecha em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (Collischonn, 1997).

5.1.4.2 Tempo de rompimento

Para as barragens de concreto em arco que são simuladas através da ruptura total da estrutura, o tempo de rompimento é instantâneo, podendo ocorrer em alguns minutos (Martins e Viseu, 2007). Em barragens de concreto por gravidade o tempo de formação da brecha é da ordem de minutos. Em barragens de terra por gravidade, onde ocorre a ruptura em forma de brechas, o tempo de formação da mesma é usualmente maior e depende da altura da barragem, do material utilizado na construção, do grau de compactação e da magnitude e duração da vazão de galgamento. O tempo de formação da brecha é maior em casos de infiltração que em casos de galgamento. Na Figura 22 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

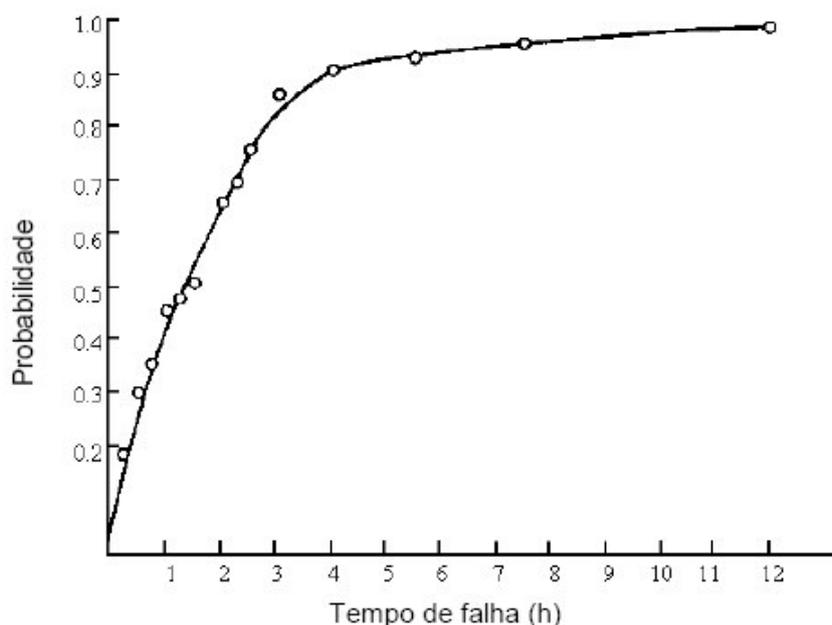


Figura 22 – Tempo de formação da brecha

Fonte: MARTINS; VISEU, 2007, p. 9

O gráfico demonstra que metade das situações de rompimento ocorre em no mínimo 90 minutos tendendo para tempos maiores de formação da brecha, desta forma, resultados de simulação que objetivam valores médios podem utilizar este tempo de rompimento conforme observam Singh e Scarlatos (1988) apud Martins e Viseu (2007).

De acordo com a Figura 21 para Barragens de terra o tempo de formação da brecha é entre 6 minutos a 4 horas e Barragens de Concreto de 6 minutos a 1 hora.

5.1.5 Trecho do Cálculo

O trecho da modelagem hidráulica é um fator muito importante a se considerar. O trecho de estudo deverá incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção de importância a jusante.

A Resolução Normativa N° 696, de 15 de dezembro de 2015 da ANEEL no Art. 3 estabelece:

“§3º A área de abrangência dos estudos de que trata o §2º deverá compreender as barragens de jusante que disponham de capacidade para amortecimento da cheia associada.”

De acordo com as recomendações do Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece:

“Os critérios mais adequados para a fixação da fronteira de jusante são os que se baseiam nas fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Estas fronteiras são aliás facilmente modeladas em modelo numérico.

Para se determinar a fronteira a jusante poder-se-á igualmente adotar uma seção a partir da qual se estabelece um grau de risco que se considera como aceitável; neste caso, dever-se-á considerar uma seção onde as alturas de água atinjam a ordem de grandeza das correspondentes a determinadas cheias características (cheia de projeto do vertedouro, maior cheia natural conhecida, cheia natural com determinado tempo de recorrência, por exemplo, 100 anos).

Diversos outros textos normativos definem porém de forma clara e explícita qual o critério de fixação da fronteira de jusante, por exemplo, a legislação finlandesa especifica que o cálculo da onda de inundação se deve processar até 50 km a jusante da barragem; por seu lado, a legislação de alguns estados canadenses postula que as populações que se encontram a mais de três horas da zona atingida pela onda de inundação não devem ser consideradas em risco, pelo que o cálculo da onda de inundação não deve cobrir uma seção atingida pela cheia para lá desse intervalo de tempo.

GRAHAM, 1998 sugere que é muito importante que os estudos do cálculo da onda de inundação incidam nos primeiros 30 km a jusante da barragem em causa. Com efeito, este autor mostra que a vulnerabilidade das pessoas em risco diminui muito a partir desta distância, nomeadamente pelas seguintes razões: primeiro, porque as áreas mais a jusante recebem mais e melhores alertas de emergência do que as a montante; segundo, porque a energia da onda de inundação, tal como a velocidade de propagação da respectiva frente, se torna menor. Na verdade, a informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que uma grande percentagem das vítimas mortais ocorre nos primeiros 25 km, sendo que esta distância é ainda menor para as pequenas barragens. A experiência norte-americana (com base num registo de 23 rupturas de barragens que ocorreram no período de 1960 a 1997 e ocasionaram vítimas mortais) corrobora igualmente estes fatos ao assinalar que cerca de 50% ocorreram a menos de 4,8 km da seção da barragem acidentada e 99% nos primeiros 24 km a jusante da mesma, num universo total de 318 vítimas mortais. ”

De acordo com ANA - Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Anexo Cotação - Extensão do Vale a jusante poderá ser:

Volume Armazenado do Reservatório (hm³)	Classe da Extensão do vale a Jusante	Extensão do vale a Jusante aconselhada – L (km)
3-50	Pequena	Máximo 25
50-200	Média	25<L<100
>200	Significativa	Mínimo 100

5.1.6 Modelagem Matemática

A simulação do rompimento utiliza o modelo HEC-HAS versão 5.0.5 onde os métodos de cálculo são adotados para a análise dos regimes gradualmente variáveis, baseados nas equações de Saint-Venant, que calculam o escoamento da água em rios, canais e reservatórios em regime permanente e não permanente, número de Froude menor ou maior que 1 respectivamente.

Portanto, o escoamento obedece a leis da física, sendo representado por variáveis como vazão, profundidade e velocidade e o comportamento é descrito por equações de conservação de massa, energia e quantidade de movimento.

O escoamento em rios ocorre em uma direção longitudinal, podendo ser representado pelas equações unidimensionais de Saint-Venant. As variáveis das equações de Saint-Venant são a velocidade V e a altura de água h , que podem ser apresentadas de forma não-conservativa pelas equações da continuidade e da dinâmica.

Com a equação da continuidade, que representa o princípio da conservação de massa, pode-se considerar a diferença dos fluxos de entrada e saída, sendo o volume de controle igual à variação do armazenamento no interior do fluxo.

As equações que expressam o princípio da conservação da quantidade de movimento, sendo igual ao somatório das forças que atuam sobre um volume de controle, podem ser apresentadas da seguinte forma:

- Equação da continuidade:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_L$$

- Equação da dinâmica

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_0 - S_f)$$

Onde:

Q = vazão;

A = seção transversal;

t = tempo;

x = distância medida na direção do escoamento;

q_L = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S_0 = declividade do leito;

S_f = declividade da linha de energia.

A vazão (Q) e a altura da superfície de água (h) em cada local ao longo do rio são estimadas utilizando uma representação algébrica de Saint Venant. Q e h são determinados em cada local para cada intervalo de tempo.

O HEC-RAS aplica as equações em regime permanente, para casos onde se necessita simular o fluxo das águas e não permanente, para casos de simulações de rompimentos, e apresenta o resultado em formas de dados, tabelas e figuras que demonstram as seções transversais, o vale atingido pela enchente (de acordo com as informações lançadas pelo usuário) e gráficos, sendo que todas estas informações são utilizadas para se avaliar os impactos do rompimento de uma barragem.

5.1.7 Identificação das áreas atingidas

A identificação das áreas atingidas é executada com a apresentação do mapa de inundação, que indica as áreas inundadas com as alturas máximas atingidas pela onda de enchente, permitindo a separação da zona atingida da não atingida.

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas.

5.1.8 Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

Os valores de altura da onda ao longo do tempo servem para a identificação do tempo de chegada da onda de enchente ao longo do trecho de jusante atingido. O tempo de chegada da onda em cada ponto é importante para o plano de evacuação e para o alerta da população sob risco na zona inundada ser afastada em tempo hábil.

A bibliografia internacional define dois tipos de eventos: aqueles em que o tempo disponível para alertar e evacuar a população é superior a 90 minutos (1 hora e meia), e aqueles em que o tempo é inferior a 90 minutos. Entre os eventos cujo tempo de alerta é superior a 90 minutos, a perda média de vidas é de 0,04 % da população ameaçada, já quando o tempo de alerta é inferior a 90 minutos a perda média equivale a 13 %.

Para a população localizada na área atingida em tempo inferior a 90 minutos recomenda-se um levantamento detalhado para definição das estratégias para o Plano de Emergências.

5.1.9 Zoneamento de Risco

Esse processo consiste na divisão do território potencialmente atingido pela onda de cheia, sendo classificada segundo os riscos envolvidos, a magnitude do dano, a vulnerabilidade e os tempos de alerta envolvidos (Balbi, 2008).

Conforme Almeida (2001) as principais características hidrodinâmicas envolvidas em um zoneamento são:

- a) áreas atingidas (determina quais elementos em risco serão afetadas, população, estruturas, etc);
- b) cotas máximas dos níveis d'água ou alturas máximas;
- c) instante de chegada da onda de cheia;

- d) instante de chegada da altura máxima;
- e) grau de perigo em função da velocidade e altura ($V \times H$), em m^2/s ;
- f) velocidade máxima do escoamento.

O tempo entre a identificação da emergência e a chegada da onda de cheia nos locais habitados é o primeiro parâmetro para a classificação da área de risco. O tempo eficaz de aviso permite com que as pessoas preparem a mobilização e a evacuação das zonas mais sensíveis, sendo este o fator primordial para a mitigação do efeito das cheias. A USBR (1999) adotou um critério para estimar a perda de vidas em função do tempo de alerta (Quadro 2 a seguir).

Quadro 1 – Número esperado de vítimas em função do tempo de alerta

Tempo de aviso (min)	Perda de vidas	Número esperado de vítimas
0 a 15	Significante	NEV= 50% no número de pessoas em risco
15 a 90	Potencialmente significativa	NEV= (número de pessoas em risco) ^{0,6}
Mais de 90	Perda de vidas virtualmente Eliminada	NEV= 0.0002 x número de pessoas em risco

Fonte: Adaptado de USBR, 1999.

Segundo Cestari (2013) a importância de uma submersão se deve à capacidade da cheia de provocar danos às pessoas, edificações e aos bens. Os principais parâmetros para classificar os danos são: a área atingida, a profundidade da cheia (H) e a sua velocidade de propagação (V). A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao risco hidrodinâmico calculado pela equação a seguir.

$$\text{Risco hidrodinâmico} = H \times V$$

Onde:

Risco hidrodinâmico = m^2/s

H = profundidade (m);

V = velocidade do fluxo (m/s)

De acordo com o estudo de Synaven et al. (2000), que teve como objetivo estabelecer valores para os quais as cheias provocam danos, obteve-se as seguintes referências do Quadro 2.

Quadro 2 – Consequências do Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m ² /s)	Consequências
<0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 – 1	Adultos são arrastados
1 – 3	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas fracas
3 – 7	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
> 7	Colapso de certos edifícios

Fonte: Adaptado de SYNAVEN, 2000.

Viseu (2006) estabeleceu critérios para graduação do risco em função da profundidade e da velocidade. Considera-se o fato de que na área inundada existam edificações para proteção das pessoas em diferentes profundidades. Este é o princípio de evacuação vertical, em que se considera que as pessoas podem se deslocar para pavimentos superiores na tentativa de evitar a cheia. Os Quadros 4 e 5 a seguir apresentam estas graduações.

Quadro 3 – Nível de perigo para seres humanos

Nível	Classe	Inundação Estática (H)	Inundação Dinâmica (HxV)
Reduzido	Verde	< 1 m	< 0,5 m ² /s
Médio	Amarelo	1 m – 3 m	0,5 m ² /s – 0,75 m ² /s
Importante	Laranja	3 m – 6 m	0,75 m ² /s – 1,0 m ² /s
Muito Importante	Vermelho	> 6 m	> 1,0 m ² /s

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

Quadro 4 – Nível de perigo para edificações

Nível	Classe	Inundação Dinâmica (HxV)	Velocidade (V)
Reduzido	Verde	< 3 m ² /s	< 2 m/s
Médio	Amarelo	3 m ² /s – 5 m ² /s	2 m/s – 4 m/s
Importante	Laranja	5 m ² /s – 7 m ² /s	4 m/s – 5,5 m/s
Muito Importante	Vermelho	> 7 m ² /s	> 5,5 m/s

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

O risco hidrodinâmico será avaliado somente para a condição de dimensionamento do Vertedouro, ou seja, TR 10.000 anos, e seguirá a legenda da Tabela 15 a seguir.

Tabela 5 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m ² /s)	Consequências
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 -1	Adultos são arrastados

1 -3	Danos de submersão em edifícios e estruturas em casas fracas
3-7	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7	Colapso de certos edifícios

5.2 Dados de entrada utilizados

5.2.1 Trecho da análise

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece o trecho de análise da simulação do rompimento da Barragem deverá ser estendido até Barragem de jusante com capacidade de amortecimento da onda. Já a Agência Nacional de Águas – ANA no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece conforme descrito item 5.1.5, que resumidamente descreve:

- Fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante;
- População que se encontram com mais de três horas após rompimento não são consideradas áreas de risco;
- Volume Reservatório entre 50 - 200 hm³ - trecho de 25 -100 km a jusante;
- A informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que uma grande porcentagem das vítimas mortais ocorre nos primeiros 25 km, sendo que esta distância é ainda menor para as pequenas barragens.

Para o estudo na PCH Unaí Baixo como o volume do reservatório está entre 50 – 200 hm³ a extensão do trecho de modelagem foi considerada entre 25 a 100 km. A presença do município de Unaí com início da cidade distante 46,64 km pelo eixo do rio e final da cidade a 53,88 km definiu o limite da modelagem, o início da cidade na seção SL-29 se encontra a pelo menos 4:55 hs do início da onda de cheia em um eventual rompimento em dia de Sol (Qturbindada), o que a princípio indica que é uma área fora de risco.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 55 km ao longo do eixo do rio Preto, a partir do barramento, passando pelo município de Unaí e atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de média altura (36,5 m), volume do reservatório (134,45 hm³) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise se encontram estão de acordo com a bibliografia.

5.2.2 Geografia da região e geometria do rio

Foram lançados no software dados de seção transversal em distâncias conforme locais onde foram obtidos níveis de água e de acordo com as mudanças percebidas na geografia da região de forma a se obter maior fidelidade na simulação.

O desenho UNB-C-SER-003-00-17 – Seções Restituição – Folha 01 a 10 presente no caderno de desenhos e apresenta a localização das seções transversais obtidas pela restituição.

A restituição completa do trecho foi obtida de acordo com desenhos de restituição parcial recebidos e ajustadas com curvas do google nos trechos sem informações com uso de plataforma de desenho digital CAD, resultando em um arquivo com a topografia das margens do trecho do Rio Preto desde a montante do lago da PCH Unaí Baixo até término da cidade Unaí (região de maior interesse) em curvas equidistantes de 2 em 2 m em cota.

Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos e documentos da Tabela a seguir:

Tabela 6 – Fontes da geometria do rio

Item	Nº Documentos	Elaboração	Descrição/Legenda
1	03/209	Larrosa & Santos Consultores Associados S/A	Inventário Simplificado Rio Preto – Levantamento Aerofotogramétrico
2	UB-DE-LP-RS-001	Perfil Engenharia e Agrimensura	Levantamento Planialtimétrico
3	Levantamento para elaboração PAE	Base Engenharia	Seções Topobatimétricas e NAs – Rio Preto

5.2.3 Geometria da barragem

A barragem principal até o muro de abraço do Vertedouro possui um comprimento total de 405,65 m e crista na elevação 604,50 m. A barragem nesse trecho possui solo compactado com núcleo de argila e filtros, rip rap de proteção montante de enrocamento e proteção vegetal no talude de jusante. No encontro com o vertedouro no muro de abraço direito o maciço passa para enrocamento com núcleo. A altura máxima sobre fundação é de 36,50 m e crista nas duas ombreiras na cota 604,50 m.

Já o fechamento da ombreira esquerda apresenta um comprimento total de 14 m com a barragem em concreto e crista na elevação 604,50 m.

O vertedouro possui três comportas segmento de 7,00 (L) x 12,73 (A) m, crista na El. 589,00 m e movimentação por sistema hidráulico. Dimensionado para extravasar a cheia de recorrência decamilenar equivalente a 1.754 m³/s, com sobrelevação de 12,70 m, mantendo 2,80 m de borda livre. A estrutura apresenta-se com paramentos de montante e jusante inclinado em 1,00 H:1,00 V. O Nível máximo normal para 600,00 m e Nível máximo maximorum é de 601,70 m. Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos da tabela a seguir:

Tabela 7 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I – Documentos De Referência)

Item	Nº Documentos	Elaboração	Descrição/Legenda
1	0824-UB-DE-400-00-003	Intertechne Consultores S.A.	PCH UNAÍ BAIXO – Geral – Arranjo Geral - Planta
2	0824-UB-DE-400-00-004		PCH UNAÍ BAIXO – Geral – Arranjo Geral – Vista e Cortes Típicos
3	0824-UB-DE-400-00-005		PCH UNAÍ BAIXO – Geral – Arranjo Geral – Coroamento das Estruturas de Concreto

4	0824-UB-DE-410-31-001	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem de Terra – Instrumentação – Locação dos Instrumentos - Planta
5	0824-UB-DE-410-31-002	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem de Terra – Instrumentação – Seções de Instrumentação – S1, S2 e S3
6	0824-UB-DE-410-31-003	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem de Terra – Instrumentação – Seções de Instrumentação – S4, S5 e S6
7	0824-UB-DE-412-30-001	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Direita – Aterro - Planta
8	0824-UB-DE-412-30-002	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Direita – Aterro – Cortes A e B
9	0824-UB-DE-412-30-003	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Direita – Aterro – Cortes C e D
10	0824-UB-DE-412-30-004	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Direita – Aterro – Detalhes 1, 2, 3 e 4
11	0824-UB-DE-412-30-005	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Esquerda – Aterro – Planta
12	0824-UB-DE-412-30-007	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Direita – Aterro – Abraço Direita – Planta El. 604,50
13	0824-UB-DE-412-30-008	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Direita – Aterro – Abraço Direita – Planta El. 600,00
14	0824-UB-DE-412-30-009	PCH UNAÍ BAIXO – Barragem Margem Direita – Aterro – Abraço Direito – Cortes e Detalhes
15	0824-UB-DE-413-50-012	PCH UNAÍ BAIXO – Vertedouro – Formas – Corte A - Detalhes
16	0824-UB-DE-413-50-015	PCH UNAÍ BAIXO – Vertedouro – Formas – Vista C
17	0824-UB-DE-425-00-001	PCH UNAÍ BAIXO – Tomada d'Água – Arranjo Geral – Planta e Cortes

O reservatório foi inserido logo a montante do barramento com dados cota x área x volume do item 3.1.2.

5.2.4 Hidrograma de Cheias

O presente capítulo tem por finalidade apresentar os estudos hidrológicos realizados para a obtenção do Hidrograma de Cheias para os diferentes tempos de recorrência calculados em relação a área da bacia hidrográfica obtida no eixo do barramento da PCH Unaí Baixo, localizada no rio Preto. A PCH Unaí Baixo se localiza no município de Unaí no estado de Minas Gerais. Atualmente é a terceira e última hidrelétrica implantada no rio Preto a montante da cidade de Unaí.

5.2.4.1 Vazões de Cheias PCH Unaí Baixo

Os estudos hidrológicos realizados no RPS permitiram a obtenção da vazão máxima média diária ao longo de todos os meses do período de estudo para o local da barragem da PCH Unaí Baixo. Os valores estão indicados na Tabela 8 abaixo com destaque ao mês em que ocorre o maior valor anual de vazão e indicado na última coluna (máximo). Lembrando que devido as características da região o ano hidrológico vai de setembro a agosto.

Tabela 8 – Vazão Máxima Média Diária – PCH Unaí Baixo

Vazão Máxima Diária Mensal - PCH Unaí Baixo (m³/s)

Ano	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	Máximo
1964/1965	12,70	84,75	158,38	189,13	262,06	137,31	206,38	137,31	65,88	41,04	39,99	28,82	262,06
1965/1966	29,66	46,52	148,66	134,97	443,08	447,20	224,14	139,68	97,27	52,48	41,04	35,04	447,20
1966/1967	28,00	73,36	132,66	242,33	149,06	173,74	205,89	139,68	61,65	39,99	32,28	24,86	242,33
1967/1968	28,82	78,11	142,41	300,22	233,11	273,21	218,96	101,06	56,29	46,52	38,97	29,66	300,22
1968/1969	41,04	46,52	156,73	143,96	89,98	154,69	171,55	51,25	53,73	31,39	26,40	19,95	171,55
1969/1970	16,30	78,11	434,92	450,15	328,81	225,21	410,11	161,68	70,58	56,62	49,19	39,32	450,15
1970/1971	49,19	101,13	159,09	117,13	49,19	45,74	90,13	67,62	21,59	15,45	13,20	13,79	159,09
1971/1972	12,45	81,60	215,77	414,29	101,13	121,38	206,48	228,55	48,02	42,45	42,45	25,95	414,29
1972/1973	18,35	112,99	297,05	499,24	137,05	123,54	244,06	250,97	52,82	42,45	36,35	25,95	499,24
1973/1974	42,45	204,18	258,95	272,11	229,03	106,95	286,56	264,99	91,91	61,96	46,87	45,74	286,56
1974/1975	33,53	75,17	69,09	154,01	233,36	60,59	46,87	222,36	48,02	37,32	30,86	23,70	233,36
1975/1976	17,15	38,31	81,60	43,53	121,38	172,30	123,54	57,92	32,62	26,73	18,97	14,38	172,30
1976/1977	60,59	93,71	137,05	269,56	433,60	250,47	99,24	119,25	63,34	38,31	28,33	23,70	433,60
1977/1978	25,95	67,62	130,18	356,67	346,08	163,40	289,58	368,84	143,57	98,31	54,68	45,99	368,84
1978/1979	37,26	81,86	90,75	162,55	456,35	404,83	240,14	226,75	88,92	70,42	57,34	50,83	456,35
1979/1980	45,99	49,59	143,57	162,13	385,81	516,60	161,29	210,35	92,60	65,86	52,09	42,58	516,60
1980/1981	52,09	40,39	114,66	210,35	434,92	146,69	311,12	355,21	123,48	70,42	50,83	41,47	434,92
1981/1982	28,84	195,72	266,13	201,00	418,90	212,36	355,21	236,88	144,73	100,26	71,98	57,34	418,90
1982/1983	48,37	88,92	50,83	189,13	434,92	422,87	329,63	152,26	94,48	80,15	62,93	49,59	434,92
1983/1984	42,58	83,59	181,78	264,96	256,89	145,90	156,32	434,92	64,39	54,68	41,47	53,37	434,92
1984\1985	42,58	76,82	41,47	173,30	146,69	92,60	434,92	176,39	61,50	50,83	41,47	33,34	434,92
1985\1986	32,41	65,86	139,98	298,33	300,22	225,70	104,25	52,64	77,61	33,34	32,41	41,47	300,22
1986\1987	21,80	44,84	62,90	137,66	119,21	216,71	229,51	203,72	57,69	40,39	28,84	22,52	229,51
1987\1988	19,08	85,39	167,17	359,50	217,64	291,78	337,11	197,63	82,84	50,36	40,23	33,20	359,50
1988\1989	27,41	67,60	150,25	187,73	145,90	152,26	159,62	63,88	45,83	35,00	25,89	21,00	187,73
1989\1990	25,15	47,31	309,18	566,32	426,86	130,41	108,84	69,51	77,53	50,36	62,07	36,34	566,32
1990\1991	44,39	37,61	50,36	40,23	84,55	154,28	430,88	333,02	77,53	58,56	50,36	38,90	430,88
1991\1992	28,99	65,72	243,43	226,23	422,87	534,07	152,26	157,56	102,87	75,47	63,88	53,54	534,07
1992\1993	47,31	79,51	311,77	215,39	139,77	325,61	145,51	128,13	65,72	55,18	38,90	30,63	325,61
1993\1994	36,34	28,99	153,88	272,61	197,63	75,47	434,92	214,88	67,60	67,60	47,31	36,34	434,92
1994\1995	25,89	35,00	195,72	179,97	189,13	154,69	142,79	81,17	143,96	40,23	28,19	22,33	195,72
1995\1996	16,78	62,07	393,34	282,40	200,97	51,86	221,42	48,84	199,15	25,60	18,43	13,67	393,34
1996\1997	15,15	55,00	108,06	156,65	159,89	141,10	282,40	222,36	108,06	56,62	39,20	28,78	282,40
1997\1998	26,33	26,33	78,57	187,44	105,56	249,48	80,62	80,62	32,02	21,49	14,65	12,63	249,48
1998\1999	8,80	35,49	200,06	247,01	105,56	156,65	221,54	31,64	28,37	20,55	15,35	11,97	247,01
1999\2000	11,97	26,82	51,79	425,26	153,47	157,56	371,76	54,18	39,89	32,49	26,82	24,61	425,26
2000\2001	31,64	33,36	157,56	206,88	79,09	38,91	60,48	42,94	23,90	20,55	14,83	15,88	206,88
2001\2002	15,35	18,11	346,08	155,50	228,33	172,86	191,46	51,79	33,36	28,37	20,55	15,35	346,08
2002\2003	15,88	10,60	50,63	104,89	159,62	87,15	103,01	101,16	41,91	37,00	5,61	6,86	159,62
2003\2004	5,69	5,53	48,34	110,64	166,37	437,36	338,48	252,35	88,83	60,48	76,00	48,34	437,36
2004\2005	65,85	101,16	116,60	153,07	153,47	234,19	336,42	177,73	60,48	51,79	71,53	70,08	336,42
2005\2006	71,53	46,13	168,95	344,69	230,45	114,59	324,94	201,49	83,86	76,00	67,24	67,24	344,69
2006\2007	67,24	156,73	172,86	361,63	268,48	362,34	260,91	92,24	76,00	56,65	49,48	45,05	362,34
2007\2008	43,98	26,82	26,07	59,18	160,46	165,94	193,82	180,42	57,91	48,34	45,05	59,18	193,82
2008\2009	31,64	39,89	149,64	152,04	160,46	201,00	59,18	240,69	159,21	55,41	54,18	52,98	240,69
2009\2010	59,18	161,29	187,73	250,66	129,16	70,08	127,01	159,62	47,23	40,89	36,07	26,82	250,66
2010\2011	26,07	87,15	60,48	135,76	183,14	70,08	346,78	205,40	50,63	49,48	45,05	42,94	346,78

Vazão Máxima Diária Mensal - PCH Unai Baixo (m³/s)

Ano	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	Máximo
2011\2012	33,36	90,52	168,95	239,05	209,36	312,42	70,94	117,65	46,06	39,71	36,72	35,26	312,42
2012\2013	43,62	38,95	160,38	66,92	187,27	158,85	145,40	151,86	39,24	51,79	32,99	20,52	187,27
2013\2014	63,13	114,59	55,41	193,82	73,00	63,13	110,64	88,83	44,85	35,02	32,99	34,00	193,82
2014\2015	44,85	49,48	74,49	99,33	26,38	92,45	254,33	195,72	75,32	38,48	32,27	22,65	254,33
2015\2016	19,29	71,40	50,75	44,88	440,21	29,64	42,13	18,28	14,62	16,38	18,28	22,65	440,21
2016\2017	15,93	20,59	119,50	126,17	61,86	126,17	59,11	13,39	11,87	7,23	20,59	16,38	126,17
2017\2018	31,38	32,27	78,56	274,99	159,21	140,24	83,59	39,50	42,67	31,82	31,38	28,80	274,99
2018\2019	20,93	118,42	306,92	236,61	214,63	59,79	223,09	133,08	155,30	40,01	38,98	36,98	306,92
2019\2020	35,04	52,60	143,92	83,59	171,55	156,73	378,74	168,08	83,59	76,93	78,56	54,50	378,74
2020\2021	53,86	113,08	86,18	57,10	62,56	257,75	109,96	134,25	48,94	43,22	51,36	35,04	257,75
2021\2022	46,59	69,87	98,06		269,06	256,32							269,06
Média	33,51	69,33	152,69	213,87	214,74	190,06	211,51	154,56	71,40	47,24	39,82	33,52	566,32

Com os valores de vazão máxima anual disponíveis foram calculadas as vazões extremas que para a PCH Unai Baixo foi realizado pela distribuição de Gumbel, devido a assimetria menor que 1,5. Os resultados obtidos também estão indicados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência e Parâmetros Cálculo

Vazão Máx TR anos	Unai Baixo (m³/s)
5	391,82
10	455,91
20	517,39
50	596,96
100	656,59
500	794,39
1.000	853,63
10.000	1.050,32

Distribuição Gumbel	
Parametros	Unai Baixo
Média	326,92
Assimetria	0,14
Desvio Padrão	109,49
alfa	85,40
mi	263,72

No cálculo da vazão instantânea, ou vazão de pico, é necessário realizar a correção das vazões máximas diárias pelo coeficiente de Fuller, que está relacionado a área da bacia hidrográfica. Na PCH Unai Baixo com a área de drenagem de 4.771 km² o coeficiente de Fuller resultante é de 1,205. A Tabela 10 indica a vazão máxima instantânea para tempos de recorrência (TR).

Tabela 10 – Vazão Máxima Instantânea para diferentes TR – PCH Unai Baixo

Vazão Máx inst TR anos	Unai Baixo (m³/s)
5	472,08
10	549,30
20	623,36
50	719,24
100	791,08
500	957,11
1.000	1.028,48
10.000	1.265,46

A dren km²

Coeficiente Fuller

5.2.4.2 Hidrograma de cheias

Para calcular o efeito das cheias e da ruptura da barragem na topografia da área de influência da PCH Unaí Baixo foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário adimensional baseado nas 18 maiores cheias da bacia. Para a bacia do rio Preto foi estimado o tempo de concentração da cheia em 132 horas com a dissipação em 192 horas. Assim sendo o período de estudo se inicia em 12 h e segue de 24 em 24 horas até 324 horas. Na Tabela 11 abaixo tem-se os valores das 15 maiores cheias na bacia do rio Preto na PCH Unaí Baixo e o ano em que a cheia ocorreu, segundo o tratamento estatístico dos dados.

Tabela 11 – 18 maiores cheias no local da PCH Unaí Baixo

Ano	Q (m³/s)	Ano	Q (m³/s)
1989/1990	566,32	1980/1981	434,92
1991/1992	534,07	1982/1983	434,92
1979/1980	516,60	1983/1984	434,92
1972/1973	499,24	1984/1985	434,92
1978/1979	456,35	1993/1994	434,92
1969/1970	450,15	1976/1977	433,60
1965/1966	447,20	1990/1991	430,88
2015/2016	440,21	1999/2000	425,26
2003/2004	437,36	1981/1982	418,90

O processo de obtenção do hidrograma consiste em selecionar as 18 maiores cheias, selecionar os dados considerando o pico da cheia em 132 h e nos dados de vazão diária recuar até o momento 12 horas e avançar até o momento 324 horas lançando os dados de vazão de 24 em 24 horas. Na Tabela 12 abaixo estão os valores obtidos da tabela de vazão diária.

Tabela 12 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Q (m³/s)	206,38	264,96	309,82	434,92	481,06	566,32	488,04	441,44	423,67	416,54	410,26	407,93	363,78	355,21
	403,28	358,76	353,80	337,79	292,06	534,07	510,26	487,16	464,77	443,08	422,08	401,74	382,08	363,06
	370,30	399,44	425,26	471,59	463,93	516,60	503,97	410,26	307,89	325,61	243,98	201,00	192,87	197,63
	69,09	54,07	101,13	202,80	413,69	499,24	495,40	416,68	333,76	308,75	267,52	225,69	156,54	166,93
	321,61	374,69	383,57	432,49	451,34	456,35	376,16	391,07	279,20	381,33	329,63	379,85	318,97	398,68
	90,13	103,05	104,99	119,25	322,80	450,15	388,28	323,89	237,72	206,02	207,86	191,98	125,73	108,94
	273,80	267,89	273,80	288,96	384,31	447,20	358,76	317,65	317,65	301,49	182,23	179,97	175,50	184,51
	21,26	20,59	25,99	41,06	405,60	440,21	212,86	107,91	63,27	35,04	30,50	30,50	37,47	33,63
	236,34	260,91	299,59	341,23	387,31	437,36	349,57	360,91	309,18	284,66	264,96	213,37	177,28	294,56
	80,15	87,12	116,83	250,66	324,27	434,92	247,86	144,73	123,48	92,60	102,24	90,75	80,15	85,34
	298,33	279,80	255,75	233,11	264,38	434,92	411,04	316,99	250,10	242,88	281,62	395,62	411,04	327,62
	317,65	330,31	264,38	293,93	388,06	434,92	263,80	164,67	151,45	149,85	145,90	142,45	121,24	108,33
	148,27	151,45	150,25	143,18	391,07	434,92	247,31	174,62	163,40	150,25	83,59	100,26	123,48	157,56
	149,06	213,37	264,38	328,29	399,44	434,92	218,96	179,07	149,85	162,55	180,87	166,37	173,74	152,66
	101,13	112,99	103,05	106,95	322,80	433,60	290,74	209,71	144,16	161,68	230,47	250,47	227,12	214,36
	190,53	167,65	151,45	211,86	343,30	430,88	344,69	421,28	288,96	270,83	203,44	177,73	164,67	205,89
	34,25	29,16	26,07	35,15	170,68	425,26	332,34	156,32	73,00	68,65	60,48	59,18	61,79	60,48
	170,68	153,47	205,89	209,36	229,92	418,90	399,44	305,32	216,41	253,48	288,96	279,20	310,47	250,66

Os valores da vazão do momento entre 12 e 324 horas são divididos pelo valor da cheia correspondente que está em 132 horas e lançados na tabela dos valores de cheia adimensional onde o valor do pico corresponde ao coeficiente de Füller. A Tabela abaixo apresenta os valores

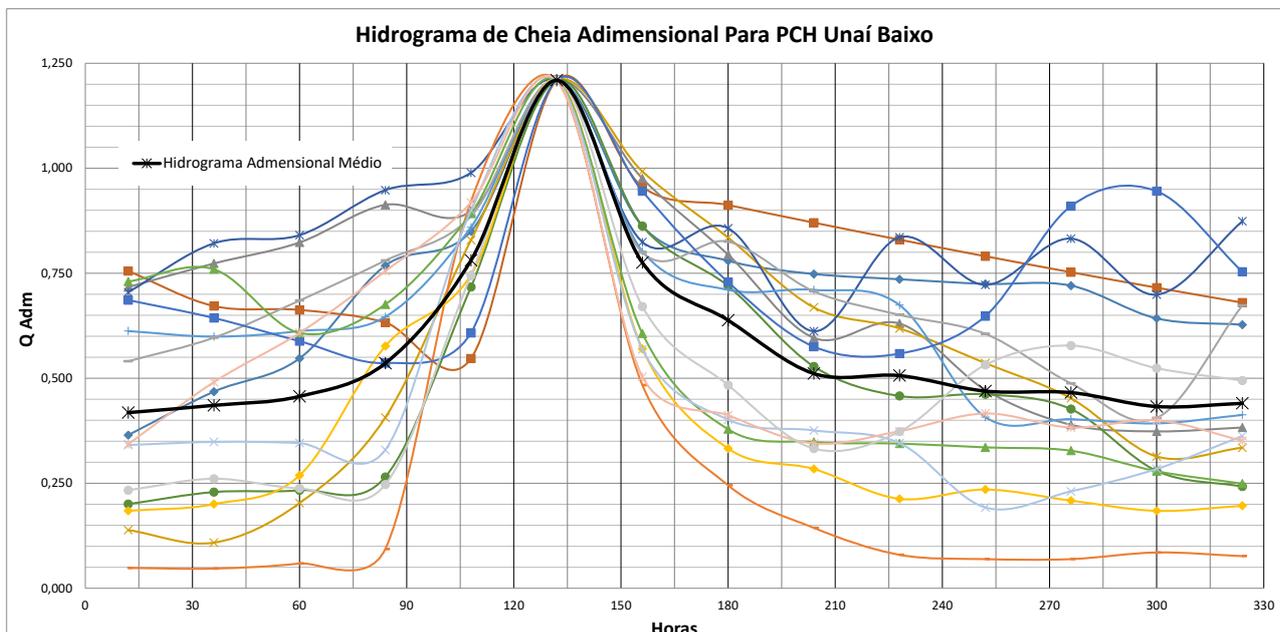
adimensionais para as 18 maiores distribuições de vazão na bacia e a média das distribuições para um mesmo período de horas.

Tabela 13 – Distribuição adimensional de vazões

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Q ADM	0,3644	0,4679	0,5471	0,7680	0,8495	1,2096	0,8618	0,7795	0,7481	0,7355	0,7244	0,7203	0,6424	0,6272
	0,7551	0,6718	0,6625	0,6325	0,5469	1,2096	0,9554	0,9122	0,8702	0,8296	0,7903	0,7522	0,7154	0,6798
	0,7168	0,7732	0,8232	0,9129	0,8980	1,2096	0,9756	0,7942	0,5960	0,6303	0,4723	0,3891	0,3734	0,3826
	0,1384	0,1083	0,2026	0,4062	0,8286	1,2096	0,9923	0,8346	0,6685	0,6184	0,5359	0,4521	0,3135	0,3344
	0,7048	0,8211	0,8405	0,9477	0,9890	1,2096	0,8243	0,8570	0,6118	0,8356	0,7223	0,8324	0,6990	0,8736
	0,2002	0,2289	0,2332	0,2649	0,7171	1,2096	0,8626	0,7195	0,5281	0,4577	0,4618	0,4265	0,2793	0,2420
	0,6123	0,5990	0,6123	0,6462	0,8594	1,2096	0,8022	0,7103	0,7103	0,6742	0,4075	0,4024	0,3925	0,4126
	0,0483	0,0468	0,0590	0,0933	0,9214	1,2096	0,4835	0,2451	0,1437	0,0796	0,0693	0,0693	0,0851	0,0764
	0,5404	0,5965	0,6850	0,7802	0,8856	1,2096	0,7993	0,8252	0,7069	0,6509	0,6058	0,4879	0,4053	0,6735
	0,1843	0,2003	0,2686	0,5763	0,7456	1,2096	0,5699	0,3328	0,2839	0,2129	0,2351	0,2087	0,1843	0,1962
	0,6859	0,6433	0,5880	0,5360	0,6079	1,2096	0,9451	0,7288	0,5750	0,5584	0,6475	0,9096	0,9451	0,7533
	0,7304	0,7595	0,6079	0,6758	0,8923	1,2096	0,6065	0,3786	0,3482	0,3446	0,3355	0,3275	0,2788	0,2491
	0,3409	0,3482	0,3455	0,3292	0,8992	1,2096	0,5686	0,4015	0,3757	0,3455	0,1922	0,2305	0,2839	0,3623
	0,3427	0,4906	0,6079	0,7548	0,9184	1,2096	0,5035	0,4117	0,3446	0,3738	0,4159	0,3825	0,3995	0,3510
	0,2332	0,2606	0,2377	0,2467	0,7445	1,2096	0,6705	0,4837	0,3325	0,3729	0,5315	0,5777	0,5238	0,4944
	0,4422	0,3891	0,3515	0,4917	0,7967	1,2096	0,8000	0,9777	0,6706	0,6286	0,4721	0,4125	0,3822	0,4778
	0,0805	0,0686	0,0613	0,0827	0,4013	1,2096	0,7815	0,3676	0,1717	0,1614	0,1422	0,1392	0,1453	0,1422
	0,4074	0,3664	0,4915	0,4998	0,5489	1,2096	0,9535	0,7288	0,5166	0,6051	0,6898	0,6665	0,7411	0,5984
Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Média	0,4182	0,4356	0,4570	0,5358	0,7806	1,2096	0,7753	0,6383	0,5113	0,5064	0,4695	0,4659	0,4328	0,4404

O Gráfico 2 mostra a distribuição adimensional das vazões ao longo das 324 horas do hidrograma e o hidrograma médio obtido pelas médias de todos os adimensionais para um mesmo período do hidrograma. A distribuição da média é a mais importante para o cálculo do hidrograma de cheia pois como pode-se observar algumas vazões possuem variação diferente do esperado, isso pode ser explicado por picos de chuva em intervalos variados que fazem com que a vazão também ocorra em picos. Realizando a média das 18 maiores vazões esses picos se distribuem e resultam em um hidrograma mais uniforme.

Gráfico 2 – Hidrograma de Cheias adimensionais



Para a obtenção do hidrograma final de cheia para os diferentes tempos de recorrência se utiliza os valores de cheia normal para os diversos tempos de recorrência e multiplicamos pelo valor do hidrograma médio no correspondente período com interpolação para se obter as vazões de hora em hora obtendo-se assim as vazões ao longo de todo o período estimado para o hidrograma e para todos os tempos de recorrência determinados.

A Tabela 14 apresenta o hidrograma de cheias para o rio Preto no local da barragem da PCH Unai Baixo para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 14 – Hidrograma de Cheias PCH Unai Baixo

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Unai Baixo										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			391,82	455,91	517,39	596,96	656,59	794,39	853,63	1.050,32
Dia 01	12	0,418	163,87	190,68	216,39	249,67	274,61	332,24	357,02	439,28
	13	0,419	164,16	191,01	216,76	250,10	275,09	332,82	357,64	440,04
	14	0,420	164,44	191,34	217,14	250,53	275,56	333,39	358,25	440,80
	15	0,420	164,72	191,67	217,51	250,97	276,03	333,96	358,87	441,56
	16	0,421	165,01	192,00	217,88	251,40	276,51	334,54	359,49	442,32
	17	0,422	165,29	192,32	218,26	251,83	276,98	335,11	360,10	443,07
	18	0,423	165,57	192,65	218,63	252,26	277,46	335,68	360,72	443,83
	19	0,423	165,85	192,98	219,00	252,69	277,93	336,26	361,33	444,59
	20	0,424	166,14	193,31	219,38	253,12	278,40	336,83	361,95	445,35
	21	0,425	166,42	193,64	219,75	253,55	278,88	337,40	362,57	446,11
	22	0,425	166,70	193,97	220,13	253,98	279,35	337,98	363,18	446,86
	23	0,426	166,98	194,30	220,50	254,41	279,82	338,55	363,80	447,62
	24	0,427	167,27	194,63	220,87	254,84	280,30	339,12	364,41	448,38
	1	0,428	167,55	194,96	221,25	255,27	280,77	339,70	365,03	449,14
	2	0,428	167,83	195,29	221,62	255,70	281,25	340,27	365,65	449,90
	3	0,429	168,12	195,61	221,99	256,13	281,72	340,84	366,26	450,65
	4	0,430	168,40	195,94	222,37	256,57	282,19	341,42	366,88	451,41
	5	0,431	168,68	196,27	222,74	257,00	282,67	341,99	367,49	452,17
	6	0,431	168,96	196,60	223,11	257,43	283,14	342,56	368,11	452,93
	7	0,432	169,25	196,93	223,49	257,86	283,62	343,14	368,73	453,69
	8	0,433	169,53	197,26	223,86	258,29	284,09	343,71	369,34	454,44
	9	0,433	169,81	197,59	224,23	258,72	284,56	344,28	369,96	455,20
	10	0,434	170,10	197,92	224,61	259,15	285,04	344,86	370,57	455,96
	11	0,435	170,38	198,25	224,98	259,58	285,51	345,43	371,19	456,72
Dia 02	12	0,436	170,66	198,58	225,35	260,01	285,98	346,00	371,81	457,48
	13	0,436	171,01	198,98	225,81	260,54	286,57	346,71	372,57	458,41
	14	0,437	171,36	199,39	226,28	261,08	287,16	347,42	373,33	459,35
	15	0,438	171,71	199,80	226,74	261,61	287,74	348,13	374,09	460,29
	16	0,439	172,06	200,20	227,20	262,14	288,33	348,84	374,85	461,22
	17	0,440	172,41	200,61	227,66	262,67	288,91	349,54	375,61	462,16
	18	0,441	172,76	201,01	228,12	263,21	289,50	350,25	376,37	463,09
	19	0,442	173,11	201,42	228,58	263,74	290,08	350,96	377,13	464,03
	20	0,443	173,46	201,83	229,04	264,27	290,67	351,67	377,89	464,97
	21	0,444	173,80	202,23	229,50	264,80	291,25	352,38	378,66	465,90
	22	0,444	174,15	202,64	229,97	265,33	291,84	353,09	379,42	466,84
	23	0,445	174,50	203,05	230,43	265,87	292,42	353,79	380,18	467,78
	24	0,446	174,85	203,45	230,89	266,40	293,01	354,50	380,94	468,71
	1	0,447	175,20	203,86	231,35	266,93	293,59	355,21	381,70	469,65
	2	0,448	175,55	204,27	231,81	267,46	294,18	355,92	382,46	470,59
3	0,449	175,90	204,67	232,27	268,00	294,77	356,63	383,22	471,52	

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Unai Baixo										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			391,82	455,91	517,39	596,96	656,59	794,39	853,63	1.050,32
	4	0,450	176,25	205,08	232,73	268,53	295,35	357,33	383,98	472,46
	5	0,451	176,60	205,49	233,19	269,06	295,94	358,04	384,74	473,39
	6	0,452	176,95	205,89	233,66	269,59	296,52	358,75	385,50	474,33
	7	0,452	177,30	206,30	234,12	270,12	297,11	359,46	386,27	475,27
	8	0,453	177,65	206,71	234,58	270,66	297,69	360,17	387,03	476,20
	9	0,454	178,00	207,11	235,04	271,19	298,28	360,88	387,79	477,14
	10	0,455	178,35	207,52	235,50	271,72	298,86	361,58	388,55	478,08
	11	0,456	178,70	207,92	235,96	272,25	299,45	362,29	389,31	479,01
	12	0,457	179,04	208,33	236,42	272,79	300,03	363,00	390,07	479,95
	13	0,460	180,33	209,83	238,12	274,75	302,19	365,61	392,88	483,40
	14	0,464	181,62	211,33	239,82	276,71	304,35	368,22	395,68	486,85
Dia 03	15	0,467	182,91	212,83	241,52	278,67	306,51	370,83	398,49	490,30
	16	0,470	184,20	214,32	243,22	280,63	308,66	373,44	401,29	493,76
	17	0,473	185,48	215,82	244,92	282,59	310,82	376,05	404,10	497,21
	18	0,477	186,77	217,32	246,62	284,56	312,98	378,66	406,90	500,66
	19	0,480	188,06	218,82	248,32	286,52	315,14	381,27	409,71	504,11
	20	0,483	189,35	220,32	250,02	288,48	317,30	383,88	412,51	507,56
	21	0,487	190,63	221,81	251,72	290,44	319,45	386,50	415,32	511,01
	22	0,490	191,92	223,31	253,43	292,40	321,61	389,11	418,12	514,46
	23	0,493	193,21	224,81	255,13	294,36	323,77	391,72	420,93	517,92
	24	0,496	194,50	226,31	256,83	296,33	325,93	394,33	423,73	521,37
	1	0,500	195,78	227,81	258,53	298,29	328,08	396,94	426,54	524,82
Dia 04	2	0,503	197,07	229,31	260,23	300,25	330,24	399,55	429,34	528,27
	3	0,506	198,36	230,80	261,93	302,21	332,40	402,16	432,15	531,72
	4	0,510	199,65	232,30	263,63	304,17	334,56	404,77	434,95	535,17
	5	0,513	200,93	233,80	265,33	306,13	336,71	407,38	437,76	538,63
	6	0,516	202,22	235,30	267,03	308,10	338,87	409,99	440,56	542,08
	7	0,519	203,51	236,80	268,73	310,06	341,03	412,60	443,37	545,53
	8	0,523	204,80	238,29	270,43	312,02	343,19	415,21	446,17	548,98
	9	0,526	206,08	239,79	272,13	313,98	345,34	417,82	448,98	552,43
	10	0,529	207,37	241,29	273,83	315,94	347,50	420,43	451,78	555,88
	11	0,533	208,66	242,79	275,53	317,90	349,66	423,04	454,59	559,33
	12	0,536	209,95	244,29	277,23	319,87	351,82	425,65	457,40	562,79
13	0,546	213,94	248,94	282,50	325,95	358,51	433,75	466,10	573,50	
14	0,556	217,94	253,59	287,78	332,04	365,21	441,85	474,81	584,21	
15	0,566	221,93	258,24	293,06	338,13	371,91	449,96	483,51	594,92	
16	0,577	225,93	262,88	298,33	344,22	378,60	458,06	492,22	605,63	
17	0,587	229,93	267,53	303,61	350,30	385,30	466,16	500,92	616,34	
18	0,597	233,92	272,18	308,89	356,39	391,99	474,26	509,63	627,05	
19	0,607	237,92	276,83	314,16	362,48	398,69	482,36	518,33	637,76	
20	0,617	241,91	281,48	319,44	368,57	405,38	490,46	527,04	648,47	
21	0,628	245,91	286,13	324,71	374,66	412,08	498,56	535,74	659,18	
22	0,638	249,90	290,78	329,99	380,74	418,78	506,66	544,45	669,89	
23	0,648	253,90	295,43	335,27	386,83	425,47	514,76	553,15	680,61	
24	0,658	257,89	300,08	340,54	392,92	432,17	522,86	561,86	691,32	
1	0,668	261,89	304,73	345,82	399,01	438,86	530,96	570,56	702,03	
2	0,679	265,89	309,38	351,09	405,09	445,56	539,07	579,27	712,74	
3	0,689	269,88	314,03	356,37	411,18	452,25	547,17	587,97	723,45	
4	0,699	273,88	318,68	361,65	417,27	458,95	555,27	596,68	734,16	
5	0,709	277,87	323,32	366,92	423,36	465,65	563,37	605,38	744,87	
6	0,719	281,87	327,97	372,20	429,44	472,34	571,47	614,09	755,58	
7	0,730	285,86	332,62	377,48	435,53	479,04	579,57	622,79	766,29	
8	0,740	289,86	337,27	382,75	441,62	485,73	587,67	631,50	777,00	

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Unai Baixo										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			391,82	455,91	517,39	596,96	656,59	794,39	853,63	1.050,32
	9	0,750	293,86	341,92	388,03	447,71	492,43	595,77	640,20	787,71
	10	0,760	297,85	346,57	393,30	453,79	499,12	603,87	648,91	798,42
	11	0,770	301,85	351,22	398,58	459,88	505,82	611,97	657,61	809,13
Dia 05	12	0,781	305,84	355,87	403,86	465,97	512,52	620,07	666,32	819,85
	13	0,798	312,85	364,02	413,10	476,64	524,25	634,27	681,57	838,62
	14	0,816	319,85	372,17	422,35	487,31	535,99	648,47	696,83	857,39
	15	0,834	326,85	380,32	431,60	497,98	547,72	662,67	712,09	876,17
	16	0,852	333,86	388,47	440,85	508,65	559,46	676,87	727,35	894,94
	17	0,870	340,86	396,62	450,10	519,32	571,20	691,07	742,61	913,72
	18	0,888	347,86	404,76	459,34	529,99	582,93	705,27	757,87	932,49
	19	0,906	354,87	412,91	468,59	540,66	594,67	719,47	773,12	951,26
	20	0,924	361,87	421,06	477,84	551,33	606,41	733,67	788,38	970,04
	21	0,941	368,88	429,21	487,09	562,00	618,14	747,87	803,64	988,81
	22	0,959	375,88	437,36	496,34	572,67	629,88	762,07	818,90	1007,59
	23	0,977	382,88	445,51	505,58	583,34	641,61	776,27	834,16	1026,36
	24	0,995	389,89	453,66	514,83	594,02	653,35	790,47	849,42	1045,13
	1	1,013	396,89	461,81	524,08	604,69	665,09	804,67	864,67	1063,91
	2	1,031	403,89	469,96	533,33	615,36	676,82	818,87	879,93	1082,68
	3	1,049	410,90	478,11	542,58	626,03	688,56	833,07	895,19	1101,46
	4	1,067	417,90	486,26	551,83	636,70	700,30	847,26	910,45	1120,23
	5	1,084	424,90	494,41	561,07	647,37	712,03	861,46	925,71	1139,00
	6	1,102	431,91	502,56	570,32	658,04	723,77	875,66	940,97	1157,78
	7	1,120	438,91	510,70	579,57	668,71	735,51	889,86	956,22	1176,55
8	1,138	445,92	518,85	588,82	679,38	747,24	904,06	971,48	1195,33	
9	1,156	452,92	527,00	598,07	690,05	758,98	918,26	986,74	1214,10	
10	1,174	459,92	535,15	607,31	700,72	770,71	932,46	1002,00	1232,87	
11	1,192	466,93	543,30	616,56	711,39	782,45	946,66	1017,26	1251,65	
Dia 06	12	1,210	473,93	551,45	625,81	722,06	794,19	960,86	1032,51	1270,42
	13	1,191	466,84	543,20	616,45	711,26	782,31	946,49	1017,07	1251,42
	14	1,173	459,75	534,95	607,09	700,46	770,43	932,12	1001,63	1232,42
	15	1,155	452,66	526,70	597,73	689,66	758,55	917,74	986,18	1213,41
	16	1,137	445,57	518,46	588,37	678,86	746,67	903,37	970,74	1194,41
	17	1,119	438,49	510,21	579,01	668,06	734,79	889,00	955,29	1175,41
	18	1,101	431,40	501,96	569,65	657,26	722,91	874,63	939,85	1156,41
	19	1,083	424,31	493,71	560,28	646,46	711,03	860,25	924,41	1137,40
	20	1,065	417,22	485,46	550,92	635,66	699,15	845,88	908,96	1118,40
	21	1,047	410,13	477,21	541,56	624,86	687,27	831,51	893,52	1099,40
	22	1,029	403,04	468,97	532,20	614,06	675,39	817,14	878,07	1080,39
	23	1,011	395,95	460,72	522,84	603,26	663,51	802,76	862,63	1061,39
	24	0,992	388,86	452,47	513,48	592,45	651,64	788,39	847,18	1042,39
	1	0,974	381,77	444,22	504,12	581,65	639,76	774,02	831,74	1023,39
	2	0,956	374,68	435,97	494,76	570,85	627,88	759,65	816,30	1004,38
	3	0,938	367,60	427,72	485,40	560,05	616,00	745,27	800,85	985,38
	4	0,920	360,51	419,47	476,04	549,25	604,12	730,90	785,41	966,38
	5	0,902	353,42	411,23	466,68	538,45	592,24	716,53	769,96	947,38
	6	0,884	346,33	402,98	457,32	527,65	580,36	702,16	754,52	928,37
	7	0,866	339,24	394,73	447,96	516,85	568,48	687,78	739,08	909,37
8	0,848	332,15	386,48	438,59	506,05	556,60	673,41	723,63	890,37	
9	0,830	325,06	378,23	429,23	495,25	544,72	659,04	708,19	871,36	
10	0,812	317,97	369,98	419,87	484,45	532,84	644,67	692,74	852,36	
11	0,793	310,88	361,73	410,51	473,65	520,96	630,29	677,30	833,36	
	12	0,775	303,79	353,49	401,15	462,85	509,08	615,92	661,85	814,36
	13	0,770	301,56	350,88	398,20	459,44	505,33	611,39	656,98	808,36

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Unai Baixo										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			391,82	455,91	517,39	596,96	656,59	794,39	853,63	1.050,32
Dia 07	14	0,764	299,32	348,28	395,24	456,03	501,58	606,85	652,10	802,36
	15	0,758	297,08	345,67	392,29	452,62	497,83	602,31	647,23	796,36
	16	0,752	294,84	343,07	389,33	449,21	494,08	597,77	642,35	790,36
	17	0,747	292,61	340,47	386,38	445,80	490,33	593,24	637,48	784,36
	18	0,741	290,37	337,86	383,42	442,39	486,58	588,70	632,60	778,36
	19	0,735	288,13	335,26	380,47	438,98	482,83	584,16	627,73	772,37
	20	0,730	285,89	332,66	377,51	435,57	479,08	579,63	622,85	766,37
	21	0,724	283,65	330,05	374,56	432,16	475,33	575,09	617,98	760,37
	22	0,718	281,42	327,45	371,60	428,76	471,58	570,55	613,10	754,37
	23	0,713	279,18	324,84	368,65	425,35	467,83	566,02	608,23	748,37
	24	0,707	276,94	322,24	365,69	421,94	464,08	561,48	603,35	742,37
Dia 08	1	0,701	274,70	319,64	362,74	418,53	460,33	556,94	598,48	736,37
	2	0,695	272,47	317,03	359,78	415,12	456,58	552,41	593,60	730,38
	3	0,690	270,23	314,43	356,83	411,71	452,83	547,87	588,73	724,38
	4	0,684	267,99	311,83	353,87	408,30	449,08	543,33	583,85	718,38
	5	0,678	265,75	309,22	350,92	404,89	445,33	538,80	578,98	712,38
	6	0,673	263,51	306,62	347,96	401,48	441,58	534,26	574,10	706,38
	7	0,667	261,28	304,01	345,01	398,07	437,83	529,72	569,22	700,38
	8	0,661	259,04	301,41	342,05	394,66	434,08	525,18	564,35	694,38
	9	0,655	256,80	298,81	339,10	391,25	430,33	520,65	559,47	688,39
	10	0,650	254,56	296,20	336,14	387,84	426,58	516,11	554,60	682,39
	11	0,644	252,33	293,60	333,19	384,43	422,83	511,57	549,72	676,39
Dia 09	12	0,638	250,09	291,00	330,23	381,02	419,08	507,04	544,85	670,39
	13	0,633	248,01	288,58	327,50	377,87	415,61	502,83	540,33	664,83
	14	0,628	245,94	286,17	324,76	374,71	412,13	498,63	535,81	659,27
	15	0,622	243,87	283,76	322,02	371,55	408,66	494,42	531,30	653,71
	16	0,617	241,79	281,34	319,28	368,39	405,19	490,22	526,78	648,15
	17	0,612	239,72	278,93	316,54	365,23	401,71	486,02	522,26	642,60
	18	0,607	237,65	276,52	313,80	362,07	398,24	481,81	517,74	637,04
	19	0,601	235,57	274,11	311,07	358,91	394,76	477,61	513,22	631,48
	20	0,596	233,50	271,69	308,33	355,75	391,29	473,40	508,71	625,92
	21	0,591	231,43	269,28	305,59	352,59	387,81	469,20	504,19	620,36
	22	0,585	229,35	266,87	302,85	349,43	384,34	464,99	499,67	614,80
Dia 08	23	0,580	227,28	264,45	300,11	346,27	380,86	460,79	495,15	609,24
	24	0,575	225,20	262,04	297,38	343,11	377,39	456,59	490,63	603,68
	1	0,569	223,13	259,63	294,64	339,95	373,91	452,38	486,12	598,13
	2	0,564	221,06	257,21	291,90	336,79	370,44	448,18	481,60	592,57
	3	0,559	218,98	254,80	289,16	333,63	366,96	443,97	477,08	587,01
	4	0,554	216,91	252,39	286,42	330,47	363,49	439,77	472,56	581,45
	5	0,548	214,84	249,98	283,68	327,31	360,01	435,56	468,05	575,89
	6	0,543	212,76	247,56	280,95	324,16	356,54	431,36	463,53	570,33
	7	0,538	210,69	245,15	278,21	321,00	353,06	427,16	459,01	564,77
	8	0,532	208,61	242,74	275,47	317,84	349,59	422,95	454,49	559,21
	9	0,527	206,54	240,32	272,73	314,68	346,11	418,75	449,97	553,66
Dia 09	10	0,522	204,47	237,91	269,99	311,52	342,64	414,54	445,46	548,10
	11	0,517	202,39	235,50	267,25	308,36	339,16	410,34	440,94	542,54
	12	0,511	200,32	233,09	264,52	305,20	335,69	406,13	436,42	536,98
	13	0,511	200,24	232,99	264,41	305,08	335,55	405,97	436,25	536,77
	14	0,511	200,16	232,90	264,31	304,96	335,42	405,81	436,08	536,55
	15	0,511	200,08	232,81	264,20	304,84	335,29	405,65	435,90	536,34
	16	0,510	200,00	232,72	264,10	304,71	335,15	405,49	435,73	536,13
	17	0,510	199,92	232,62	263,99	304,59	335,02	405,33	435,56	535,91
	18	0,510	199,84	232,53	263,89	304,47	334,89	405,17	435,38	535,70

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Unai Baixo										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			391,82	455,91	517,39	596,96	656,59	794,39	853,63	1.050,32
	19	0,510	199,76	232,44	263,78	304,35	334,75	405,01	435,21	535,49
	20	0,510	199,68	232,35	263,68	304,23	334,62	404,85	435,04	535,28
	21	0,509	199,60	232,25	263,57	304,11	334,49	404,68	434,86	535,06
	22	0,509	199,53	232,16	263,47	303,99	334,35	404,52	434,69	534,85
	23	0,509	199,45	232,07	263,36	303,87	334,22	404,36	434,52	534,64
	24	0,509	199,37	231,98	263,26	303,75	334,09	404,20	434,34	534,42
	1	0,509	199,29	231,88	263,15	303,63	333,95	404,04	434,17	534,21
	2	0,508	199,21	231,79	263,05	303,50	333,82	403,88	434,00	534,00
	3	0,508	199,13	231,70	262,94	303,38	333,69	403,72	433,82	533,78
	4	0,508	199,05	231,61	262,84	303,26	333,55	403,56	433,65	533,57
	5	0,508	198,97	231,51	262,73	303,14	333,42	403,40	433,48	533,36
6	0,508	198,89	231,42	262,63	303,02	333,29	403,23	433,30	533,15	
7	0,507	198,81	231,33	262,52	302,90	333,16	403,07	433,13	532,93	
8	0,507	198,73	231,24	262,42	302,78	333,02	402,91	432,96	532,72	
9	0,507	198,65	231,14	262,31	302,66	332,89	402,75	432,79	532,51	
10	0,507	198,57	231,05	262,21	302,54	332,76	402,59	432,61	532,29	
11	0,507	198,49	230,96	262,10	302,41	332,62	402,43	432,44	532,08	
Dia 10	12	0,506	198,41	230,87	262,00	302,29	332,49	402,27	432,27	531,87
	13	0,505	197,81	230,17	261,20	301,38	331,48	401,05	430,96	530,25
	14	0,503	197,21	229,47	260,41	300,46	330,47	399,83	429,64	528,64
	15	0,502	196,61	228,77	259,61	299,54	329,46	398,61	428,33	527,03
	16	0,500	196,01	228,07	258,82	298,63	328,46	397,39	427,02	525,41
	17	0,499	195,40	227,37	258,02	297,71	327,45	396,17	425,71	523,80
	18	0,497	194,80	226,67	257,23	296,79	326,44	394,95	424,40	522,19
	19	0,496	194,20	225,97	256,44	295,88	325,43	393,73	423,09	520,57
	20	0,494	193,60	225,26	255,64	294,96	324,42	392,51	421,78	518,96
	21	0,493	193,00	224,56	254,85	294,04	323,41	391,29	420,47	517,35
	22	0,491	192,39	223,86	254,05	293,12	322,40	390,07	419,16	515,74
23	0,489	191,79	223,16	253,26	292,21	321,40	388,85	417,84	514,12	
24	0,488	191,19	222,46	252,46	291,29	320,39	387,63	416,53	512,51	
1	0,486	190,59	221,76	251,67	290,37	319,38	386,41	415,22	510,90	
2	0,485	189,99	221,06	250,87	289,46	318,37	385,19	413,91	509,28	
3	0,483	189,39	220,36	250,08	288,54	317,36	383,97	412,60	507,67	
4	0,482	188,78	219,66	249,28	287,62	316,35	382,75	411,29	506,06	
5	0,480	188,18	218,96	248,49	286,71	315,35	381,53	409,98	504,44	
6	0,479	187,58	218,26	247,69	285,79	314,34	380,31	408,67	502,83	
7	0,477	186,98	217,56	246,90	284,87	313,33	379,09	407,36	501,22	
8	0,476	186,38	216,86	246,10	283,96	312,32	377,87	406,04	499,60	
9	0,474	185,78	216,16	245,31	283,04	311,31	376,65	404,73	497,99	
10	0,473	185,17	215,46	244,52	282,12	310,30	375,43	403,42	496,38	
11	0,471	184,57	214,76	243,72	281,21	309,30	374,21	402,11	494,76	
Dia 11	12	0,470	183,97	214,06	242,93	280,29	308,29	372,99	400,80	493,15
	13	0,469	183,91	213,99	242,85	280,20	308,19	372,87	400,67	492,99
	14	0,469	183,85	213,93	242,77	280,11	308,09	372,75	400,55	492,84
	15	0,469	183,79	213,86	242,69	280,02	307,99	372,63	400,42	492,68
	16	0,469	183,74	213,79	242,62	279,93	307,89	372,51	400,29	492,52
	17	0,469	183,68	213,72	242,54	279,84	307,80	372,39	400,16	492,37
	18	0,469	183,62	213,65	242,46	279,75	307,70	372,27	400,03	492,21
	19	0,468	183,56	213,58	242,38	279,66	307,60	372,15	399,91	492,05
	20	0,468	183,50	213,52	242,31	279,57	307,50	372,04	399,78	491,89
	21	0,468	183,44	213,45	242,23	279,49	307,40	371,92	399,65	491,74
	22	0,468	183,38	213,38	242,15	279,40	307,30	371,80	399,52	491,58
23	0,468	183,32	213,31	242,07	279,31	307,21	371,68	399,40	491,42	

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Unai Baixo										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			391,82	455,91	517,39	596,96	656,59	794,39	853,63	1.050,32
	24	0,468	183,27	213,24	242,00	279,22	307,11	371,56	399,27	491,27
	1	0,468	183,21	213,17	241,92	279,13	307,01	371,44	399,14	491,11
	2	0,467	183,15	213,11	241,84	279,04	306,91	371,32	399,01	490,95
	3	0,467	183,09	213,04	241,77	278,95	306,81	371,20	398,89	490,79
	4	0,467	183,03	212,97	241,69	278,86	306,72	371,08	398,76	490,64
	5	0,467	182,97	212,90	241,61	278,77	306,62	370,97	398,63	490,48
	6	0,467	182,91	212,83	241,53	278,68	306,52	370,85	398,50	490,32
	7	0,467	182,86	212,77	241,46	278,59	306,42	370,73	398,37	490,17
	8	0,467	182,80	212,70	241,38	278,50	306,32	370,61	398,25	490,01
	9	0,466	182,74	212,63	241,30	278,41	306,22	370,49	398,12	489,85
	10	0,466	182,68	212,56	241,22	278,32	306,13	370,37	397,99	489,69
11	0,466	182,62	212,49	241,15	278,23	306,03	370,25	397,86	489,54	
Dia 12	12	0,466	182,56	212,42	241,07	278,15	305,93	370,13	397,74	489,38
	13	0,465	182,02	211,79	240,35	277,32	305,02	369,04	396,56	487,93
	14	0,463	181,48	211,16	239,64	276,50	304,11	367,94	395,38	486,48
	15	0,462	180,94	210,53	238,92	275,67	303,21	366,84	394,20	485,03
	16	0,460	180,40	209,90	238,21	274,85	302,30	365,74	393,02	483,57
	17	0,459	179,86	209,27	237,49	274,02	301,39	364,64	391,84	482,12
	18	0,458	179,31	208,64	236,78	273,20	300,49	363,55	390,66	480,67
	19	0,456	178,77	208,01	236,06	272,37	299,58	362,45	389,48	479,22
	20	0,455	178,23	207,38	235,35	271,55	298,67	361,35	388,30	477,77
	21	0,453	177,69	206,75	234,63	270,72	297,76	360,25	387,12	476,32
	22	0,452	177,15	206,12	233,92	269,90	296,86	359,16	385,94	474,87
23	0,451	176,61	205,49	233,20	269,07	295,95	358,06	384,76	473,41	
24	0,449	176,07	204,86	232,49	268,25	295,04	356,96	383,58	471,96	
	1	0,448	175,52	204,23	231,77	267,42	294,13	355,86	382,40	470,51
	2	0,447	174,98	203,60	231,06	266,60	293,23	354,76	381,22	469,06
	3	0,445	174,44	202,97	230,34	265,77	292,32	353,67	380,04	467,61
	4	0,444	173,90	202,34	229,63	264,95	291,41	352,57	378,86	466,16
	5	0,442	173,36	201,71	228,91	264,12	290,50	351,47	377,68	464,71
	6	0,441	172,82	201,08	228,20	263,30	289,60	350,37	376,50	463,25
	7	0,440	172,28	200,45	227,48	262,47	288,69	349,28	375,32	461,80
	8	0,438	171,73	199,82	226,77	261,65	287,78	348,18	374,14	460,35
	9	0,437	171,19	199,19	226,05	260,82	286,87	347,08	372,96	458,90
	10	0,436	170,65	198,56	225,34	260,00	285,97	345,98	371,78	457,45
	11	0,434	170,11	197,93	224,62	259,17	285,06	344,88	370,60	456,00
Dia 13	12	0,433	169,57	197,30	223,91	258,35	284,15	343,79	369,42	454,55
	13	0,433	169,69	197,45	224,07	258,54	284,36	344,04	369,69	454,88
	14	0,433	169,82	197,59	224,24	258,72	284,57	344,29	369,97	455,21
	15	0,434	169,94	197,74	224,40	258,91	284,78	344,54	370,24	455,54
	16	0,434	170,06	197,88	224,56	259,10	284,99	344,79	370,51	455,88
	17	0,434	170,19	198,03	224,73	259,29	285,19	345,05	370,78	456,21
	18	0,435	170,31	198,17	224,89	259,48	285,40	345,30	371,05	456,54
	19	0,435	170,44	198,32	225,06	259,67	285,61	345,55	371,32	456,88
	20	0,435	170,56	198,46	225,22	259,86	285,82	345,80	371,59	457,21
	21	0,436	170,69	198,60	225,38	260,05	286,03	346,05	371,86	457,54
	22	0,436	170,81	198,75	225,55	260,24	286,23	346,30	372,13	457,87
23	0,436	170,93	198,89	225,71	260,43	286,44	346,56	372,40	458,21	
24	0,437	171,06	199,04	225,88	260,62	286,65	346,81	372,67	458,54	
	1	0,437	171,18	199,18	226,04	260,81	286,86	347,06	372,94	458,87
	2	0,437	171,31	199,33	226,20	261,00	287,07	347,31	373,21	459,21
	3	0,438	171,43	199,47	226,37	261,18	287,27	347,56	373,48	459,54
	4	0,438	171,55	199,62	226,53	261,37	287,48	347,82	373,75	459,87

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Unai Baixo										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			391,82	455,91	517,39	596,96	656,59	794,39	853,63	1.050,32
	5	0,438	171,68	199,76	226,70	261,56	287,69	348,07	374,02	460,21
	6	0,438	171,80	199,91	226,86	261,75	287,90	348,32	374,29	460,54
	7	0,439	171,93	200,05	227,02	261,94	288,11	348,57	374,57	460,87
	8	0,439	172,05	200,19	227,19	262,13	288,32	348,82	374,84	461,20
	9	0,439	172,18	200,34	227,35	262,32	288,52	349,07	375,11	461,54
	10	0,440	172,30	200,48	227,52	262,51	288,73	349,33	375,38	461,87
	11	0,440	172,42	200,63	227,68	262,70	288,94	349,58	375,65	462,20
Dia	12	0,440	172,55	200,77	227,85	262,89	289,15	349,83	375,92	462,54

No Gráfico 3 apresenta-se os hidrogramas de cheia para os diferentes tempos de recorrência ao longo do período determinado.

As curvas do hidrograma de cheias obtidas indicam que os dados obtidos possuem consistência e distribuição adequados sendo então considerados corretos e suficientes para o estudo de cheias e rompimento no reservatório da PCH Unai Baixo.

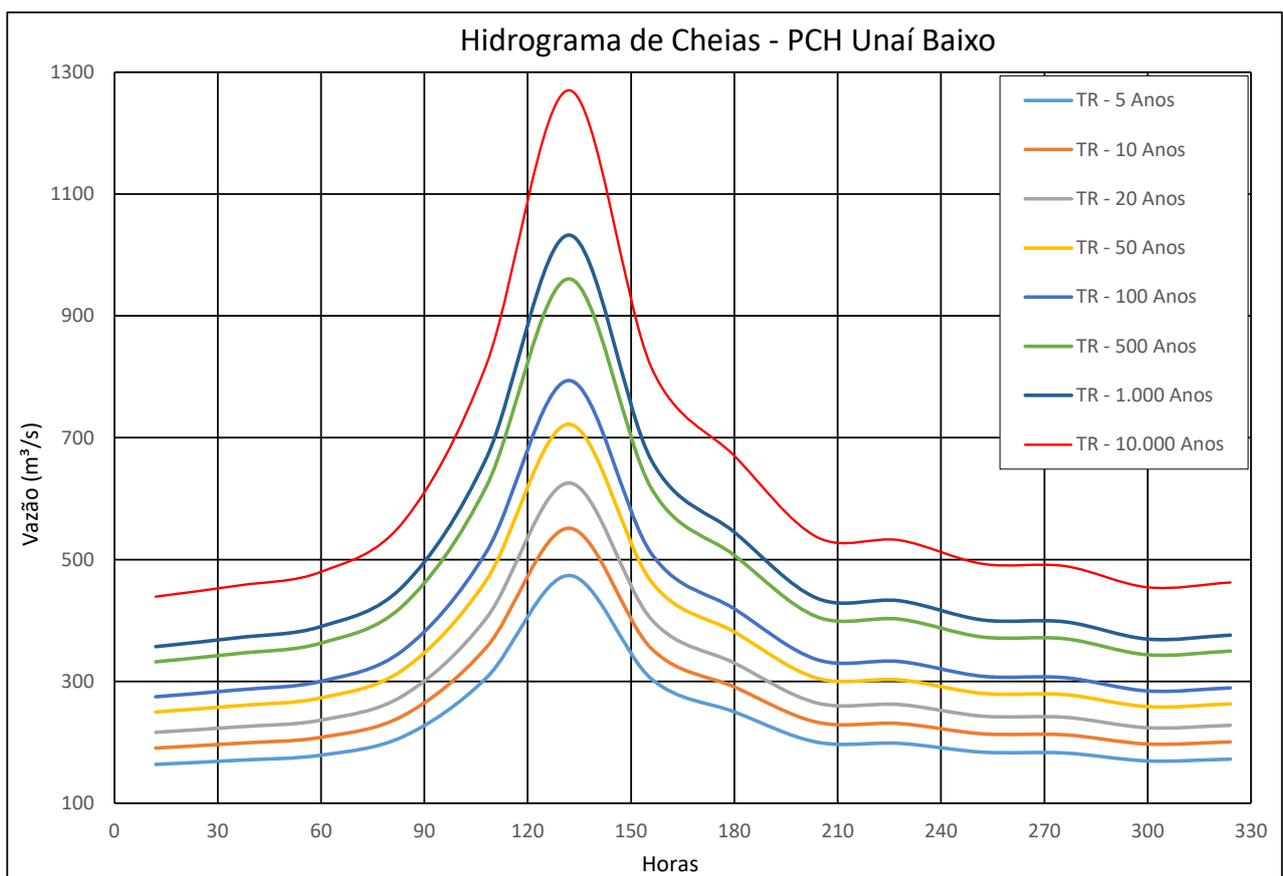


Gráfico 3 – Hidrograma de Cheias PCH Unai Baixo para diversos Tempos de Recorrência

5.2.4.3 Capacidade de descarga do vertedouro

Na análise dos projetos como construído a estrutura do vertedouro da PCH Unai Baixo possui 3 comportas tipo segmento com 7,00 m de largura por 12,73 m de altura. A crista do vertedouro se encontra na elevação 589,00 m estando a crista da barragem na elevação 604,50 m.

O dimensionamento previu a passagem da vazão de cheia com tempo de recorrência milenar 1.845 m³/s, sendo verificado para a passagem da cheia decamilenar de 2.395 m³/s.

No Gráfico 4 está indicada a curva de descarga do vertedouro onde no eixo X se encontra a abertura das comportas e no eixo Y a vazão passante. Considerando sempre a soma das 3 comportas abertas em conjunto.

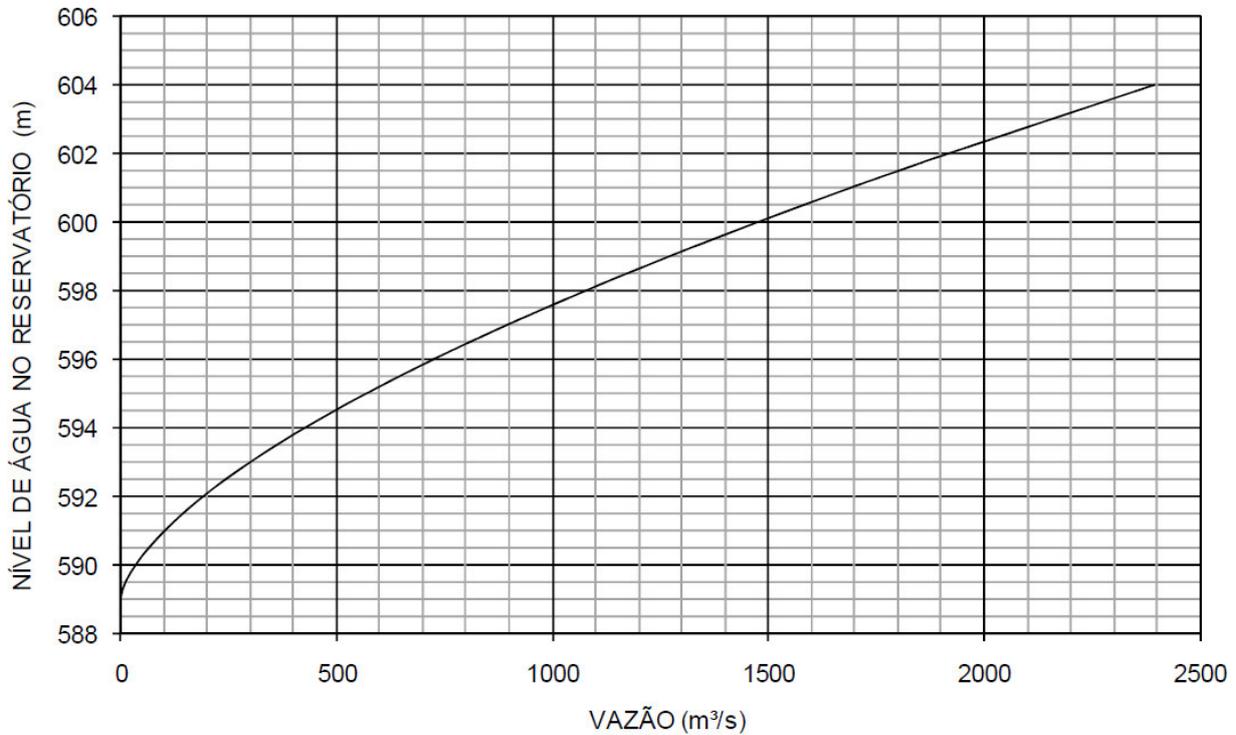


Gráfico 4 – Curva de Descarga Vertedouro – PCH Unai Baixo

5.2.5 Calibração do modelo matemático

Com os dados da restituição - curvas de níveis, seções topobatimétricas e níveis de água (dados do item 5.2.2), foi calibrado o fluxo de água na calha do rio Preto no trecho estudado com a utilização do programa Hec-Ras. A Figura 23 apresenta as 170 seções lançadas no programa também indicadas no desenho, UNB-C-SRE-001-00-22 – Seções na Restituição – Folhas 01 e 10, no Anexo IV. A Figura 24 apresenta o perfil do rio com os níveis de água obtidos para a calibração do modelo.

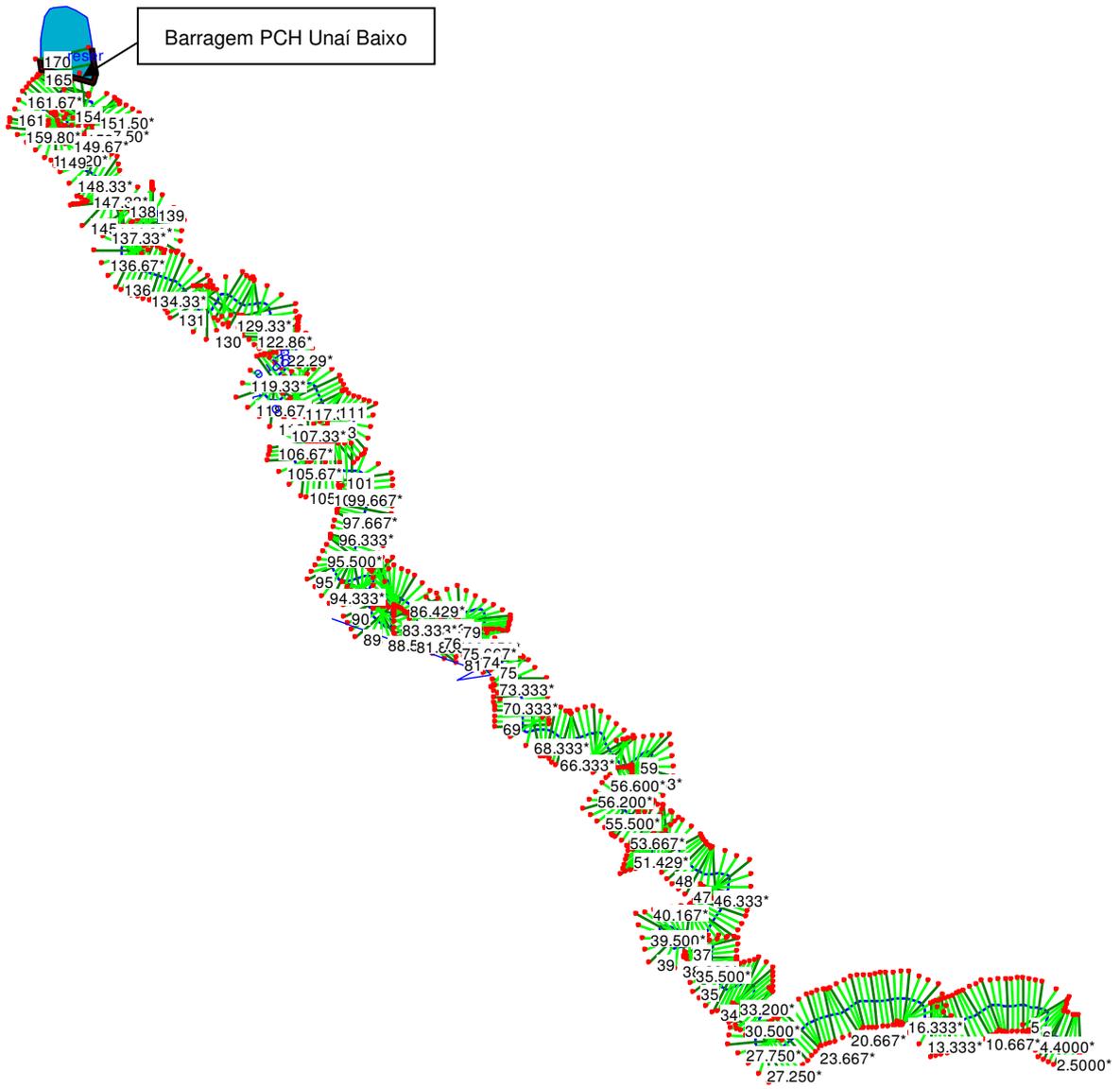


Figura 23 – Seções lançadas no Hec-Ras

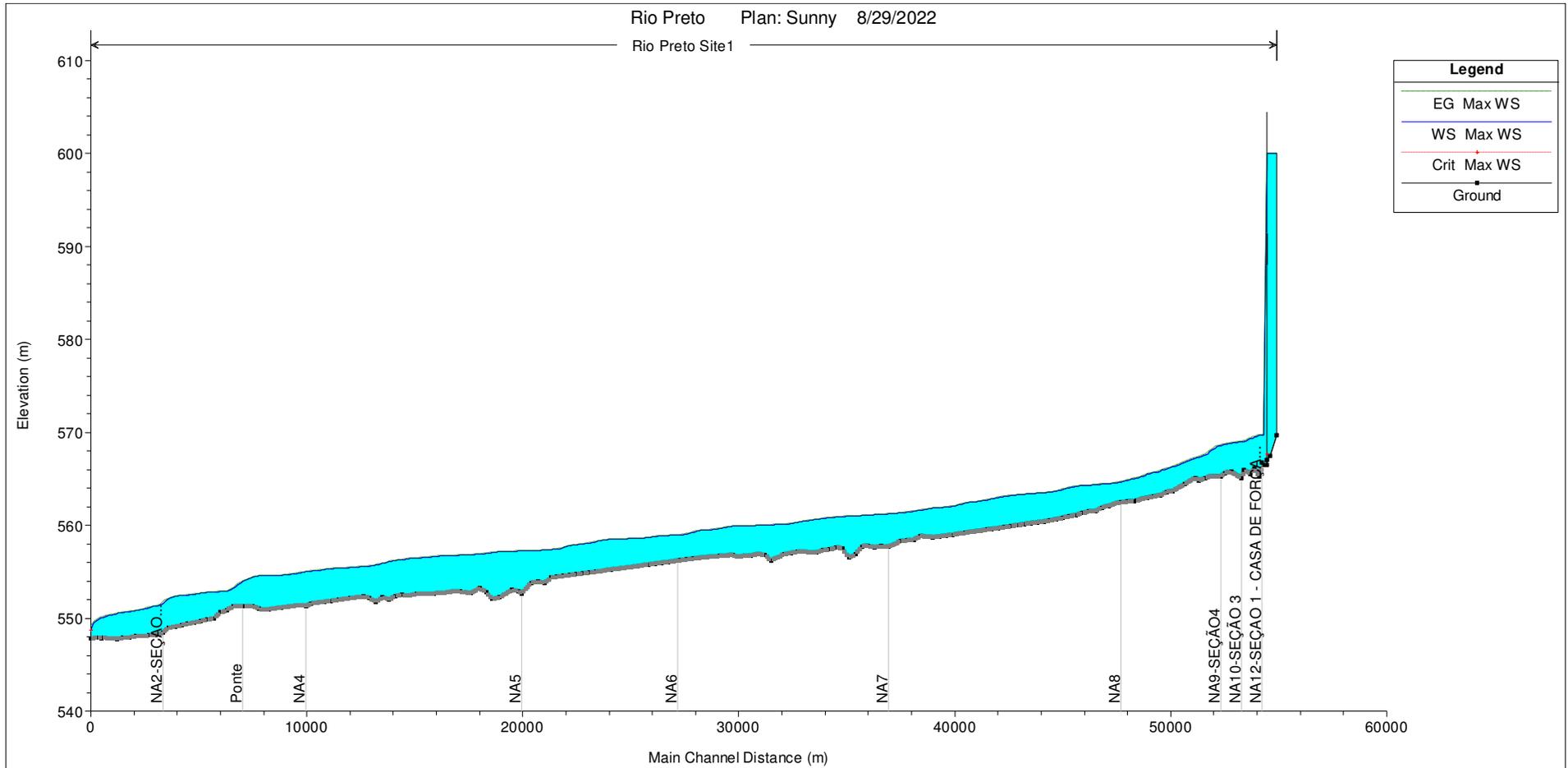


Figura 24 – Perfil do Rio Preto com Barramento com QTURB

5.3 Cenários de Simulação

Três são os cenários analisados neste estudo, sendo os mesmos mais bem descritos a seguir:

5.3.1 Cenários de não rompimento – Simulação 1

Serão verificadas a partir de simulações no HEC-RAS 5.0.5, as manchas de inundação de jusante formadas a partir da passagem de ondas de cheia com QTurb, TR 100 e TR 10.000 anos. Essa última consideração é importante de ser tomada para fins de comparação entre a mancha de inundação do cenário de rompimento com a mancha de inundação pela cheia máxima TR 10.000 anos.

5.3.2 Cenário de rompimento – Simulação 2

Para a realização das simulações, assumiu-se que o colapso da barragem de Unai Baixo ocorre a partir da entrada, no reservatório, de vazão de cheia com descarga superior à vazão de QTURB, TR 100 e TR 10.000 anos. Essa premissa foi adotada visando gerar um cenário bastante desfavorável quanto ao rompimento da Barragem.

Desse modo, as condições gerais adotadas para o cenário de rompimento da PCH Unai Baixo são:

- Formação da brecha com características apresentadas 5.4;
- Vazão máxima de Cheia conforme tempo de retorno no pico máximo do hidrograma.

Mais especificações a respeito das condições de contorno e premissas adotadas neste cenário de rompimento serão apresentadas nos itens 5.4 e 0.

5.3.3 Cenário de galgamento da barragem – Simulação 3

O cenário de galgamento da Barragem foi simulado atingindo cota de proteção da Barragem, devido a uma possível falha das comportas segmento.

Desse modo, as condições gerais adotadas para o cenário de rompimento da PCH Unai Baixo são:

- Formação da brecha com características apresentadas 5.4;
- Cheia TR 10.000 anos;
- Falha de 70% das comportas segmento;
- Rompimento da Barragem quando atingir elevação 604,52 m;

5.3.4 Cenário efeito cascata – Não simulado

De acordo com Resolução normativa 696/2015 da ANEEL: “A área de abrangência dos estudos de que trata o §2º deverá compreender as barragens de jusante que disponham de capacidade para amortecimento da cheia associada”.

Não foi simulado efeito de cascata, pois não existe usina implantada a jusante da PCH Unaí Baixo.

5.4 Causa considerada para o rompimento

Para as simulações das cheias naturais sem o rompimento da barragem verifica-se que não há galgamento em nenhuma parte da seção da barragem, conforme a Tabela 16.

Para determinar o rompimento, devido às características da barragem, a hipótese considerada foi **vazamento (piping) no ponto mais baixo do barramento de terra**. Somente na simulação 3 – galgamento da barragem foi realizado rompimento por overtopping.

5.4.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento foi adotada uma brecha com geometria trapezoidal, localizada no centro da barragem, com altura de 34 metros e largura de 30 m, dentro do limite de $0,5H < B < 3H$ estabelecido pelos critérios científicos de tamanho da brecha, de forma que a simulação apresente resultados conservativos. A inclinação do talude esquerdo e do talude direito é de 1 H:1 V.

A Figura 25 apresenta a modelagem da barragem no Hec-Ras.

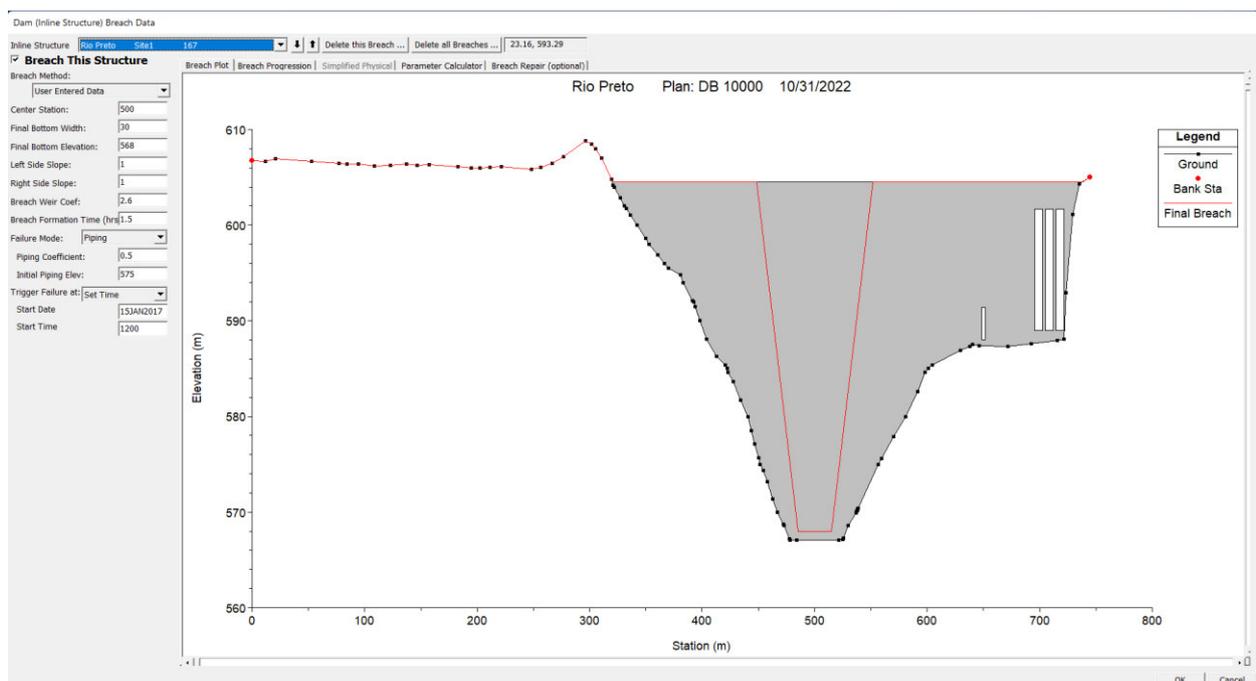


Figura 25 – Dados do Barramento terra – Hec-Ras

O tempo de 90 minutos foi adotado de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha, conforme descrito e apresentado na Figura 22 e definido no item 5.1.4.2 Tempo de rompimento.

5.5 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Preto na situação natural para as três vazões (QTURB, TR 100 e TR 10.000 anos), para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Unaí Baixo. A definição das vazões a serem simuladas estão de acordo com preconizado no item 4.2:

- Simulação 1 – Condição de enchente sem rompimento da Barragem (Natural);
- Simulação 2 – Condição de enchente com Rompimento da Barragem da PCH Unaí Baixo (Dam Break).
- Simulação 3 - Condição de enchente TR 10.000 anos com Rompimento da Barragem da PCH Unaí Baixo por falhas das comportas e galgamento (Dam Break).

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da PCH Unaí Baixo.

Tabela 15 – Hidrogramas para PCH Unaí Baixo

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m ³ /s)
QTURB	98
100	791
10.000	1265

5.5.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 16 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Ponte de jusante somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Unaí Baixo nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Não ocorreu inundação em nenhuma estrutura.

Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Unaí Baixo sem rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Enchente (m)		
		Qturb	TR 100	TR 10.000
Barragem	604,5	600,00	601,20	601,51
Casa de Força	578,4	569,34	574,33	575,05
Ponte Cidade Unaí - MG-188	562,04	553,52	556,28	557,35

5.5.2 Resultados Básicos Simulação 2

Todas as simulações de rompimento foram efetuadas para os tempos de recorrência de QTURB, 100 e 10.000 anos, com o rompimento por *piping* ocorrendo no pico máximo do hidrograma de enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

A Tabela 17 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos nas Barragens, Casa de Força e Ponte de jusante com a consideração do rompimento da Barragem de Unaí Baixo.

Ocorreu inundação da Casa de Força a partir do rompimento da barragem em qualquer condição.

Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Unaí Baixo com rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Rompimento (m)		
		Qturb	TR 100	TR 10.000-Piping
Barragem	604,5	600,00	601,20	601,51
Casa de Força	578,4	586,71	587,08	587,30
Ponte Cidade Unaí - MG-188	562,04	559,70	561,15	561,69

(*) Destacados em vermelho ocorre inundação

5.5.3 Resultados Básicos Simulação 3

Foi realizado simulação 3 para o tempo de recorrência de 10.000 anos (pior cenário), com o rompimento ocorrendo quando enchente atinge a El. 604,52 m, crista da Barragem.

A Tabela 17 apresenta o comparativo da simulação 2 e simulação 3 para tempo de recorrência de 10.000 anos. Modificou níveis de enchentes cerca de 1 m para a casa de força e cerca de 50 cm na ponte da cidade Unaí.

Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Unaí Baixo com rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Rompimento (m) - TR 10.000 anos	
		Simulação 2 (piping)	Simulação 3 (overtopping)
Barragem	604,5	601,51	604,52
Casa de Força	578,4	587,30	588,20
Ponte Cidade Unaí - MG-188	562,04	561,69	562,16

(*) Destacados em vermelho ocorre inundação

Foi adotado o mapa principal com ocorrência de galgamento, pois será adotado como rompimento mais provável a condição de falhas das comportas na barragem devido uma maior onda.

5.6 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Unaí Baixo, da Ponte condições de ocorrência de enchentes naturais e com rompimento da barragem. A Tabela 19 apresenta os níveis com condições de enchentes e rompimento da Barragem na Casa de Força e ponte, onde ocorre inundação com rompimento da barragem. Ocorre inundação da Casa de Força com TR 10.000 anos e rompimento da Barragem em qualquer condição hidrológica.

Somente a Casa de Força é atingida cm condição de enchentes de 10.000 anos mais rompimento da barragem. No caso de rompimento por galgamento e falha de 70% comportas é atingida a ponte da cidade Unaí, porém devido atingir somente 12 cm é improvável que mesma sofra danos estruturais.

Tabela 19 – Níveis na Casa de Força e Ponte – Natural e com rompimento Barragem Unaí Baixo

Estrutura	Condição	Cota de Proteção (m)	NA Máximo na Casa de Força (m)			
			Qturb	TR 100	TR 10.000-Piping	TR 10.000-Galgamento
Casa de Força	Natural sem rompimento	578,4	569,34	574,33	575,05	575,05
	Com rompimento barragem		586,71	587,08	587,30	588,20
Ponte Cidade Unaí - MG-188	Natural sem rompimento	562,04	553,52	556,28	557,35	557,35
	Com rompimento barragem		559,70	561,15	561,69	562,16

(*) Destacados em vermelho ocorre inundação

A Tabela 20 e a Tabela 20 apresentam os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda (Δ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção. Os pontos dos barramentos a jusante estão selecionados junto com outras seções de interesse que estão definidas nas descrições.

- Condição Natural – Sem rompimento da Barragem;
- Dam Break – Com rompimento da Barragem.

Tabela 20 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Unai Baixo para Qturb e TR 100 anos (Simulação 1 e 2)

Seção	Descrição	PERFIL			Sunny Day - Qturb					TR 100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
170		300,0	54900	569,75	600,00	600,00	0,00	0,01	98,00	601,20	601,20	0,00	0,01	112,89
169		140,0	54600	567,49	600,00	600,00	0,00	0,01	98,00	601,20	601,20	0,00	0,01	108,99
168		170,2	54460	567,05	600,00	600,00	0,00	0,01	98,00	601,20	601,20	0,00	0,01	107,74
167	Barragem Unai Baixo													
166		49,8	54290	566,55	569,34	585,94	16,60	4,90	17373,86	574,23	586,34	12,11	4,97	18765,48
165	NA12-Seção 1 - Casa de Força	126,9	54240	566,73	569,34	586,71	17,37	2,74	18306,80	574,33	587,08	12,75	2,75	19397,63
164		233,0	54113	565,25	569,28	586,34	17,06	3,59	18274,20	574,07	586,71	12,64	3,52	18763,33
163	NA11-Seção 2	180,1	53880	566,17	569,15	586,30	17,15	3,22	18222,63	574,04	586,66	12,62	3,21	18756,18
162		300,0	53700	565,52	568,96	586,18	17,22	3,21	18183,25	573,91	586,55	12,64	3,18	18748,94
161		134,2	53400	565,95	568,63	585,82	17,19	3,60	18100,41	573,32	586,21	12,89	3,55	18733,33
160	NA10-Seção 3	465,8	53266	565,09	568,60	586,02	17,42	2,67	18058,73	573,12	586,41	13,29	2,67	18725,92
159		300,0	52800	565,77	568,46	585,77	17,31	2,66	17900,07	572,84	586,17	13,33	2,64	18701,03
158		193,1	52500	565,63	568,35	585,70	17,35	2,41	17782,45	572,63	586,09	13,46	2,43	18684,81
157	NA9-Seção 4	406,9	52307	565,24	568,26	585,70	17,44	2,14	17713,99	572,40	586,09	13,69	2,18	18676,16
156		300,0	51900	565,29	567,85	584,67	16,82	4,44	17595,42	571,34	585,04	13,70	4,49	18658,91
155		300,0	51600	565,09	567,34	581,57	14,23	8,46	17553,43	570,62	581,96	11,34	8,56	18651,67
154		168,7	51300	564,83	567,13	581,04	13,91	5,51	17481,04	570,40	581,45	11,05	5,56	18643,73
153		491,3	51131	565,11	567,03	580,23	13,20	5,93	17479,31	570,22	580,60	10,38	6,05	18634,07
152		540,0	50640	564,44	566,64	577,37	10,73	4,94	17472,29	569,52	577,57	8,05	5,08	18610,34
151		300,0	50100	563,70	566,27	575,10	8,83	3,46	16854,80	568,27	575,44	7,17	3,53	18194,31
150		300,0	49800	563,58	566,00	574,24	8,24	4,01	15883,65	568,01	574,62	6,61	3,97	16663,05
149		300,0	49500	563,23	565,72	574,17	8,45	3,15	15876,89	567,77	574,58	6,81	3,10	16659,65
148		300,0	49200	563,09	565,56	574,28	8,72	1,95	15869,55	567,62	574,70	7,08	2,01	17182,43
147		501,7	48900	562,98	565,38	573,92	8,54	2,74	15362,90	567,52	574,36	6,84	2,80	16652,42
146		98,3	48398	562,67	565,00	573,61	8,61	2,39	14836,18	566,93	574,09	7,16	2,42	16125,24
145		300,0	48300	562,62	564,96	573,50	8,54	2,53	14342,67	566,81	573,97	7,16	2,57	15627,08
144		300,0	48000	562,55	564,81	573,42	8,61	2,16	14334,46	566,52	573,91	7,39	2,19	15623,94
143	NA8	600,0	47700	562,52	564,63	573,05	8,42	2,82	13858,86	566,41	573,51	7,10	2,91	15141,77
142		300,0	47100	562,10	564,43	572,85	8,42	2,27	13391,95	566,28	573,31	7,03	2,34	14674,97
141		300,0	46800	561,88	564,37	572,85	8,48	1,78	13389,45	566,24	573,32	7,08	1,84	14673,94
140		300,0	46500	561,50	564,26	572,58	8,32	2,43	13379,54	566,19	573,06	6,87	2,45	14667,10
139		300,0	46200	561,52	564,18	572,64	8,46	1,61	13362,13	566,16	573,13	6,97	1,68	14654,24

Seção	Descrição	PERFIL			Sunny Day - Qturb					TR 100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
138		300,0	45900	561,32	564,14	572,61	8,47	1,55	13345,60	566,14	573,09	6,95	1,61	14642,27
137		300,0	45600	561,09	564,07	572,35	8,28	2,32	12976,48	566,08	572,82	6,74	2,39	14269,05
136		300,0	45300	560,95	563,89	572,26	8,37	2,16	12967,88	566,03	572,74	6,71	2,22	14262,77
135		300,0	45000	560,81	563,67	572,14	8,47	2,11	12953,47	565,90	572,63	6,73	2,16	14251,52
134		300,0	44700	560,67	563,51	572,07	8,56	1,91	12932,15	565,73	572,55	6,82	1,96	14234,52
133		300,0	44400	560,52	563,42	572,02	8,60	1,67	12617,60	565,64	572,51	6,87	1,77	14214,97
132		300,0	44100	560,41	563,37	571,97	8,60	1,60	12615,47	565,58	572,46	6,88	1,66	13912,00
131		300,0	43800	560,31	563,31	571,87	8,56	1,80	12610,25	565,53	572,35	6,82	1,86	13909,28
130		300,0	43500	560,21	563,25	571,76	8,51	1,88	12601,19	565,49	572,25	6,76	1,93	13902,77
129		300,0	43200	560,11	563,19	571,74	8,55	1,59	12589,19	565,45	572,23	6,78	1,65	13893,95
128		300,0	42900	560,01	563,12	571,58	8,46	2,00	12574,29	565,38	572,07	6,69	2,06	13882,45
127		300,0	42600	559,91	563,06	571,12	8,06	2,94	12339,75	565,19	571,63	6,44	2,96	13643,47
126		300,0	42300	559,81	562,98	571,00	8,02	2,34	12081,38	565,05	571,51	6,46	2,45	13631,53
125		300,0	42000	559,70	562,85	570,77	7,92	2,51	12073,46	564,90	571,29	6,39	2,58	13383,27
124		218,3	41700	559,60	562,72	570,45	7,73	2,67	11814,35	564,64	571,01	6,37	2,64	13113,05
123		681,7	41482	559,53	562,63	570,55	7,92	1,65	11808,25	564,52	571,11	6,59	1,73	13360,68
122		300,0	40800	559,30	562,37	570,34	7,97	1,80	11785,89	564,34	570,89	6,55	1,86	13111,59
121		600,0	40500	559,19	562,22	569,28	7,06	4,07	10797,75	564,21	569,88	5,67	3,98	11995,67
120		300,0	39900	558,98	561,88	569,36	7,48	1,88	10789,25	563,75	569,98	6,23	1,96	12291,19
119		300,0	39600	558,89	561,80	569,27	7,47	1,82	10782,44	563,69	569,90	6,21	1,89	12283,10
118		300,0	39300	558,80	561,73	569,14	7,41	1,92	10527,60	563,63	569,77	6,14	2,00	12007,64
117		600,0	39000	558,70	561,65	569,08	7,43	1,71	10525,40	563,58	569,72	6,14	1,80	12003,54
116		300,0	38400	558,86	561,44	568,82	7,38	1,98	10286,17	563,43	569,48	6,05	2,03	11736,36
115		300,0	38100	558,43	561,35	568,63	7,28	2,21	10281,70	563,34	569,29	5,95	2,22	11473,84
114		300,0	37800	558,38	561,28	568,50	7,22	2,03	10048,13	563,23	569,19	5,96	2,05	11469,44
113		568,2	37500	558,32	561,22	568,37	7,15	1,99	10042,22	563,13	569,06	5,93	2,01	11208,86
112	NA7	331,8	36932	557,66	561,14	568,16	7,02	1,81	9804,28	562,99	568,90	5,91	1,78	10949,86
111		300,0	36600	557,76	561,10	568,03	6,93	1,81	9570,74	562,95	568,77	5,82	1,84	10945,39
110		300,0	36300	557,63	561,05	567,88	6,83	1,87	9332,13	562,87	568,65	5,78	1,85	10699,83
109		300,0	36000	557,80	561,00	567,87	6,87	1,41	9329,75	562,81	568,64	5,83	1,46	10697,01
108		300,0	35700	557,74	560,96	567,82	6,86	1,36	9325,88	562,78	568,60	5,82	1,41	10693,19
107		300,0	35400	556,86	560,94	567,54	6,60	2,25	8860,42	562,73	568,30	5,57	2,38	10467,93
106		300,0	35100	556,50	560,90	567,44	6,54	1,99	8620,79	562,68	568,22	5,54	2,09	10243,12
105		300,0	34800	557,48	560,85	567,46	6,61	1,38	8847,87	562,64	568,25	5,61	1,45	10451,46

PERFIL		Sunny Day - Qturb							TR 100 ANOS					
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
104		300,0	34500	557,62	560,79	567,40	6,61	1,37	8618,79	562,59	568,19	5,60	1,45	10241,43
103		300,0	34200	557,39	560,74	567,31	6,57	1,50	8613,70	562,46	568,11	5,65	1,57	10237,92
102		300,0	33900	557,34	560,67	567,12	6,45	1,90	8400,03	562,34	567,93	5,59	1,92	10041,64
101		300,0	33600	557,09	560,59	566,92	6,33	2,10	8195,89	562,24	567,71	5,47	2,20	9845,71
100		300,0	33300	557,04	560,48	566,77	6,29	1,99	8000,97	562,09	567,57	5,48	2,09	9842,73
99		300,0	33000	557,18	560,37	566,75	6,38	1,37	7997,69	561,95	567,57	5,62	1,48	9836,34
98		300,0	32700	557,13	560,26	566,71	6,45	1,26	7993,60	561,87	567,53	5,66	1,38	9829,23
97		300,0	32400	557,01	560,11	566,63	6,52	1,42	7987,31	561,81	567,45	5,64	1,50	9653,77
96		600,0	32100	556,91	560,00	566,58	6,58	1,34	7978,39	561,78	567,40	5,62	1,42	9651,65
95		300,0	31500	556,21	559,94	566,30	6,36	1,90	7828,95	561,70	567,09	5,39	2,06	9481,30
94		300,0	31200	556,79	559,90	566,25	6,35	1,49	7689,56	561,66	567,07	5,41	1,59	9475,88
93		331,2	30900	556,94	559,85	566,21	6,36	1,30	7688,83	561,63	567,03	5,40	1,41	9312,03
92		268,8	30569	556,72	559,82	566,19	6,37	1,14	7687,04	561,61	567,01	5,40	1,23	9311,63
91		300,0	30300	556,76	559,81	566,09	6,28	1,51	7684,50	561,59	566,90	5,31	1,63	9309,99
90		300,0	30000	556,61	559,78	565,96	6,18	1,77	7562,44	561,54	566,77	5,23	1,88	9156,25
89		305,1	29700	556,80	559,73	565,90	6,17	1,54	7560,39	561,49	566,72	5,23	1,64	9154,53
88		294,9	29395	556,74	559,63	565,84	6,21	1,39	7556,25	561,44	566,68	5,24	1,46	9151,17
87		676,2	29100	556,68	559,49	565,60	6,11	2,04	7304,45	561,37	566,44	5,07	2,15	9002,96
86		523,8	28424	556,55	559,33	565,57	6,24	1,07	7300,65	561,29	566,43	5,14	1,17	8991,83
85		300,0	27900	556,43	559,12	565,09	5,97	2,45	6912,82	561,01	565,98	4,97	2,49	8553,29
84		300,0	27600	556,34	558,96	565,00	6,04	1,75	6909,19	560,75	565,94	5,19	1,76	8394,84
83		113,1	27300	556,24	558,84	564,93	6,09	1,46	6776,75	560,69	565,88	5,19	1,54	8393,43
82	NA6	472,2	27187	556,21	558,83	564,78	5,95	2,04	6645,92	560,66	565,72	5,06	2,12	8237,08
81		314,7	26715	556,05	558,77	564,46	5,69	1,89	6377,84	560,54	565,48	4,94	1,88	7746,58
80		300,0	26400	555,95	558,74	564,47	5,73	1,20	6374,99	560,49	565,51	5,02	1,22	7746,05
79		300,0	26100	555,86	558,65	564,35	5,70	1,51	6247,16	560,42	565,41	4,99	1,53	7587,45
78		600,0	25800	555,77	558,57	564,25	5,68	1,52	6120,73	560,34	565,33	4,99	1,53	7585,83
77		600,0	25200	555,58	558,49	564,20	5,71	1,01	6115,35	560,29	565,30	5,01	1,04	7432,35
76		508,3	24600	555,39	558,44	564,17	5,73	0,78	5996,63	560,26	565,27	5,01	0,81	7430,88
75		691,7	24092	555,23	558,40	564,07	5,67	1,20	5885,08	560,22	565,18	4,96	1,28	7426,89
74		300,0	23400	555,01	558,15	563,80	5,65	1,55	5431,84	560,05	564,94	4,89	1,68	7172,28
73		300,0	23100	554,92	557,99	563,76	5,77	1,26	5430,81	559,98	564,91	4,93	1,33	7049,88
72		300,0	22800	554,82	557,86	563,62	5,76	1,54	5220,10	559,92	564,76	4,84	1,71	6929,75
71		300,0	22500	554,73	557,75	563,52	5,77	1,59	5120,85	559,84	564,67	4,83	1,72	6811,33

Seção	Descrição	PERFIL			Sunny Day - Qturb					TR 100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
70		300,0	22200	554,64	557,65	563,40	5,75	1,55	5025,88	559,72	564,58	4,86	1,65	6809,88
69		300,0	21900	554,54	557,42	563,34	5,92	1,16	5023,43	559,61	564,54	4,93	1,23	6694,20
68		300,0	21600	554,46	557,27	563,29	6,02	1,05	4935,50	559,50	564,50	5,00	1,13	6693,19
67		300,0	21300	554,39	557,20	563,19	5,99	1,31	4853,34	559,42	564,41	4,99	1,38	6585,57
66		300,0	21000	553,77	557,13	563,11	5,98	1,17	4851,64	559,36	564,34	4,98	1,29	6583,99
65		300,0	20700	553,96	557,09	563,10	6,01	0,86	4848,88	559,33	564,34	5,01	0,96	6581,57
64		462,9	20400	553,82	557,06	563,08	6,02	0,78	4845,54	559,32	564,33	5,01	0,89	6578,81
63	NA5	137,1	19937	552,66	557,02	563,01	5,99	1,05	4773,96	559,28	564,25	4,97	1,14	6484,43
62		300,0	19800	552,91	557,01	563,00	5,99	0,99	4773,07	559,27	564,24	4,97	1,09	6483,98
61		573,5	19500	553,05	556,99	562,97	5,98	0,90	4770,54	559,25	564,22	4,97	1,01	6482,57
60		326,5	18926	552,24	556,93	562,83	5,90	1,22	4644,31	559,19	564,07	4,88	1,38	6397,42
59		300,0	18600	552,07	556,85	562,59	5,74	2,02	4518,12	559,11	563,79	4,68	2,27	6231,62
58		300,0	18300	552,80	556,75	562,56	5,81	1,46	4516,88	559,03	563,80	4,77	1,56	6230,28
57		406,7	18000	553,23	556,68	562,57	5,89	0,80	4514,58	558,98	563,83	4,85	0,91	6228,77
56		308,1	17593	552,69	556,63	562,48	5,85	1,11	4454,37	558,95	563,73	4,78	1,27	6150,03
55		185,2	17285	552,80	556,59	562,45	5,86	1,01	4452,71	558,93	563,69	4,76	1,13	6149,24
54		300,0	17100	552,87	556,55	562,43	5,88	0,98	4451,17	558,90	563,68	4,78	1,06	6148,47
53		230,9	16800	552,89	556,52	562,39	5,87	0,96	4397,77	558,88	563,64	4,76	1,09	6146,50
52		669,1	16569	552,79	556,51	562,38	5,87	0,81	4397,08	558,87	563,63	4,76	0,92	6144,60
51		822,4	15900	552,67	556,40	561,96	5,56	2,08	4145,21	558,71	563,15	4,44	2,44	5946,03
50		377,6	15078	552,62	556,25	561,70	5,45	0,93	3801,31	558,45	562,95	4,50	1,15	5814,98
49		300,0	14700	552,43	556,18	561,63	5,45	1,12	3749,96	558,41	562,86	4,45	1,41	5813,58
48		300,0	14400	552,50	556,06	561,54	5,48	1,27	3749,01	558,31	562,77	4,46	1,48	5755,78
47		300,0	14100	552,38	555,99	561,49	5,50	1,09	3701,87	558,22	562,71	4,49	1,33	5754,68
46		300,0	13800	552,02	555,85	561,44	5,59	1,04	3700,68	558,16	562,65	4,49	1,30	5752,87
45		300,0	13500	552,25	555,70	561,41	5,71	0,92	3698,80	558,13	562,62	4,49	1,12	5701,12
44		300,0	13200	551,72	555,53	561,33	5,80	1,17	3658,91	558,08	562,52	4,44	1,47	5700,40
43		300,0	12900	552,19	555,43	561,29	5,86	1,08	3657,63	558,01	562,46	4,45	1,32	5650,25
42		600,0	12600	552,34	555,37	561,28	5,91	0,72	3655,59	557,98	562,46	4,48	0,90	5649,98
41		535,2	12000	552,15	555,26	561,21	5,95	0,91	3622,48	557,92	562,37	4,45	1,17	5648,38
40		364,8	11465	551,99	555,17	561,16	5,99	0,81	3621,06	557,89	562,31	4,42	1,04	5600,30
39		300,0	11100	551,87	555,13	560,91	5,78	1,98	3595,95	557,81	561,95	4,14	2,35	5056,26
38		600,0	10800	551,77	555,03	560,91	5,88	1,15	3594,82	557,74	561,99	4,25	1,30	5117,46
37		228,6	10200	551,59	554,86	560,81	5,95	0,92	3570,53	557,60	561,91	4,31	1,02	5054,84

Seção	Descrição	PERFIL			Sunny Day - Qturb					TR 100 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
36	NA4	371,3	9971	551,34	554,79	560,78	5,99	0,91	3569,86	557,50	561,88	4,38	1,00	4997,66
35		300,0	9600	551,40	554,61	560,57	5,96	1,47	3550,75	557,24	561,71	4,47	1,50	4943,53
34		486,0	9300	551,30	554,49	560,43	5,94	1,36	3531,70	557,12	561,61	4,49	1,32	4892,00
33		114,0	8814	551,15	554,30	560,41	6,11	0,61	3531,35	557,06	561,61	4,55	0,70	4889,34
32		447,4	8700	551,12	554,28	560,40	6,12	0,61	3531,24	557,05	561,60	4,55	0,70	4888,72
31		152,6	8253	550,97	554,23	560,38	6,15	0,63	3530,62	557,04	561,58	4,54	0,72	4885,97
30		300,0	8100	550,92	554,19	560,37	6,18	0,64	3530,34	557,03	561,57	4,54	0,73	4884,93
29		300,0	7800	550,99	554,05	560,35	6,30	0,67	3529,71	557,02	561,55	4,53	0,75	4882,73
28		398,0	7500	551,19	553,84	560,33	6,49	0,66	3528,95	556,99	561,53	4,54	0,74	4847,06
27	NA3	63,6	7102	551,13	553,58	560,14	6,56	1,33	3527,69	556,63	561,36	4,73	1,38	4845,82
25	Ponte	438,3	7038	551,19	553,52	559,70	6,18	2,49	3185,06	556,28	561,15	4,87	2,14	4784,87
24		300,0	6600	551,12	553,00	559,19	6,19	0,90	2974,97	555,27	560,96	5,69	0,97	4782,14
23		300,0	6300	550,73	552,77	559,17	6,40	0,59	2974,68	555,19	560,94	5,75	0,70	4754,58
22		300,0	6000	550,34	552,71	559,16	6,45	0,45	2974,25	555,17	560,93	5,76	0,57	4754,55
21		300,0	5700	549,99	552,67	559,15	6,48	0,46	2973,73	555,15	560,92	5,77	0,58	4754,44
20		300,0	5400	549,84	552,61	559,13	6,52	0,58	2973,08	555,13	560,90	5,77	0,69	4754,21
19		300,0	5100	549,70	552,52	559,10	6,58	0,67	2972,36	555,10	560,86	5,76	0,84	4753,86
18		300,0	4800	549,55	552,39	559,08	6,69	0,53	2971,50	555,08	560,85	5,77	0,65	4753,38
17		300,0	4500	549,40	552,29	559,08	6,79	0,41	2970,40	555,07	560,84	5,77	0,53	4752,80
16		300,0	4200	549,26	552,24	559,07	6,83	0,43	2969,27	555,06	560,83	5,77	0,55	4752,21
15		300,0	3900	548,86	552,05	559,04	6,99	0,68	2968,34	555,03	560,79	5,76	0,85	4751,68
14		265,9	3600	548,73	551,79	559,00	7,21	0,77	2967,52	554,99	560,74	5,75	0,96	4751,21
13	NA2-Seção 5	334,1	3334	548,42	551,29	557,23	5,94	4,67	2967,10	553,92	559,05	5,13	4,50	4750,80
12		300,0	3000	548,21	551,01	555,61	4,60	3,24	2944,09	553,15	556,60	3,45	4,13	4733,36
11		300,0	2700	548,16	550,85	555,53	4,68	1,39	2935,27	552,90	556,66	3,76	1,69	4732,62
10		300,0	2400	548,06	550,63	555,49	4,86	1,06	2935,18	552,82	556,62	3,80	1,34	4731,54
9		300,0	2100	548,12	550,45	555,45	5,00	1,05	2935,00	552,78	556,57	3,79	1,34	4730,33
8		300,0	1800	547,90	550,34	555,42	5,08	0,98	2934,73	552,73	556,54	3,81	1,15	4728,90
7		300,0	1500	547,92	550,26	555,37	5,11	0,97	2934,26	552,66	556,49	3,83	1,16	4726,88
6		154,2	1200	547,74	550,14	555,34	5,20	0,85	2933,70	552,60	556,45	3,85	1,05	4722,23
5		490,7	1046	547,85	550,06	555,26	5,20	1,26	2933,40	552,51	556,36	3,85	1,48	4722,17
4	NA1	55,1	555	547,88	549,65	554,47	4,82	2,49	2932,63	551,88	555,48	3,60	2,76	4721,83
3		200,0	500	547,82	549,61	554,35	4,74	2,62	2932,54	551,78	555,36	3,58	2,86	4721,79
2		300,0	300	547,95	549,28	553,43	4,15	3,71	2932,31	551,25	554,30	3,05	4,17	4721,64

PERFIL				Sunny Day - Qturb					TR 100 ANOS					
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
1		0,0	0	547,82	548,30	551,90	3,60	3,58	2932,02	549,49	552,07	2,58	5,17	4721,38

(*) Velocidade e vazão máxima obtida da simulação de dam break.

Tabela 21 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Unai Baixo para TR 10.000 anos (Simulação 1 e 2)

Seção	Descrição	PERFIL			TR 10.000 ANOS					
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
					Natural	Dam Break	Δ			
170		300,0	54900	569,75	601,51	601,51	0,00	0,01	120,31	
169		140,0	54600	567,49	601,51	601,51	0,00	0,01	112,58	
168		170,2	54460	567,05	601,51	601,51	0,00	0,01	110,17	
167	Barragem Unai Baixo									
166		49,8	54290	566,55	574,93	586,55	11,62	4,99	19424,27	
165	NA12-Seção 1 - Casa de Força	126,9	54240	566,73	575,05	587,30	12,25	2,76	20076,00	
164		233,0	54113	565,25	574,77	586,92	12,15	3,56	19424,47	
163	NA11-Seção 2	180,1	53880	566,17	574,75	586,86	12,11	3,27	19419,36	
162		300,0	53700	565,52	574,62	586,75	12,13	3,23	19413,49	
161		134,2	53400	565,95	573,97	586,41	12,44	3,59	19400,96	
160	NA10-Seção 3	465,8	53266	565,09	573,73	586,61	12,88	2,71	19395,17	
159		300,0	52800	565,77	573,44	586,37	12,93	2,66	19376,56	
158		193,1	52500	565,63	573,22	586,29	13,07	2,47	19364,94	
157	NA9-Seção 4	406,9	52307	565,24	573,01	586,29	13,28	2,22	19358,81	
156		300,0	51900	565,29	571,84	585,22	13,38	4,55	19345,25	
155		300,0	51600	565,09	571,06	582,18	11,12	8,63	19340,36	
154		168,7	51300	564,83	570,86	581,66	10,80	5,60	19335,56	
153		491,3	51131	565,11	570,67	580,78	10,11	6,14	19328,80	
152		540,0	50640	564,44	569,97	577,69	7,72	5,16	19309,43	
151		300,0	50100	563,70	568,60	575,62	7,02	3,48	18466,96	
150		300,0	49800	563,58	568,34	574,83	6,49	4,03	17431,94	
149		300,0	49500	563,23	568,11	574,81	6,70	3,14	17423,30	
148		300,0	49200	563,09	567,97	574,93	6,96	1,98	17415,82	
147		501,7	48900	562,98	567,87	574,58	6,71	2,84	17403,39	
146		98,3	48398	562,67	567,29	574,33	7,04	2,44	16849,89	
145		300,0	48300	562,62	567,17	574,21	7,04	2,60	16345,09	
144		300,0	48000	562,55	566,95	574,15	7,20	2,21	16340,03	
143	NA8	600,0	47700	562,52	566,85	573,75	6,90	2,96	15854,41	
142		300,0	47100	562,10	566,73	573,55	6,82	2,39	15384,24	
141		300,0	46800	561,88	566,69	573,56	6,87	1,92	15806,95	
140		300,0	46500	561,50	566,63	573,31	6,68	2,47	15377,45	
139		300,0	46200	561,52	566,60	573,37	6,77	1,71	15365,90	

Seção	Descrição	PERFIL			TR 10.000 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
138		300,0	45900	561,32	566,58	573,33	6,75	1,64	15355,18
137		300,0	45600	561,09	566,51	573,06	6,55	2,43	14983,71
136		300,0	45300	560,95	566,46	572,97	6,51	2,26	14978,11
135		300,0	45000	560,81	566,34	572,87	6,53	2,20	14967,64
134		300,0	44700	560,67	566,20	572,80	6,60	1,99	14952,11
133		300,0	44400	560,52	566,13	572,75	6,62	1,80	14934,35
132		300,0	44100	560,41	566,08	572,70	6,62	1,70	14635,55
131		300,0	43800	560,31	566,04	572,59	6,55	1,90	14633,42
130		300,0	43500	560,21	565,99	572,49	6,50	1,97	14627,69
129		300,0	43200	560,11	565,95	572,47	6,52	1,69	14619,83
128		300,0	42900	560,01	565,88	572,31	6,43	2,10	14609,41
127		300,0	42600	559,91	565,65	571,87	6,22	2,99	14368,37
126		300,0	42300	559,81	565,49	571,76	6,27	2,49	14355,85
125		300,0	42000	559,70	565,34	571,54	6,20	2,62	14106,71
124		218,3	41700	559,60	565,06	571,28	6,22	2,64	13838,65
123		681,7	41482	559,53	564,98	571,37	6,39	1,77	14081,47
122		300,0	40800	559,30	564,81	571,16	6,35	1,90	13829,93
121		600,0	40500	559,19	564,65	570,17	5,52	3,96	12716,93
120		300,0	39900	558,98	564,25	570,29	6,04	1,99	13013,25
119		300,0	39600	558,89	564,18	570,21	6,03	1,92	13005,16
118		300,0	39300	558,80	564,12	570,08	5,96	2,03	12727,45
117		600,0	39000	558,70	564,07	570,03	5,96	1,84	12723,51
116		300,0	38400	558,86	563,92	569,79	5,87	2,06	12450,66
115		300,0	38100	558,43	563,83	569,61	5,78	2,25	12179,91
114		300,0	37800	558,38	563,72	569,51	5,79	2,06	12175,57
113		568,2	37500	558,32	563,62	569,39	5,77	2,04	11907,49
112	NA7	331,8	36932	557,66	563,49	569,23	5,74	1,83	11896,63
111		300,0	36600	557,76	563,44	569,11	5,67	1,87	11642,33
110		300,0	36300	557,63	563,36	568,99	5,63	1,90	11635,11
109		300,0	36000	557,80	563,31	568,98	5,67	1,51	11625,14
108		300,0	35700	557,74	563,28	568,94	5,66	1,43	11395,36
107		300,0	35400	556,86	563,22	568,64	5,42	2,43	11170,51
106		300,0	35100	556,50	563,16	568,57	5,41	2,16	11166,72
105		300,0	34800	557,48	563,12	568,60	5,48	1,48	11160,66

Seção	Descrição	PERFIL			TR 10.000 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
104		300,0	34500	557,62	563,08	568,54	5,46	1,50	11153,78
103		300,0	34200	557,39	562,97	568,46	5,49	1,59	10951,52
102		300,0	33900	557,34	562,87	568,29	5,42	1,96	10947,78
101		300,0	33600	557,09	562,77	568,06	5,29	2,27	10751,54
100		300,0	33300	557,04	562,65	567,93	5,28	2,10	10553,04
99		300,0	33000	557,18	562,55	567,93	5,38	1,50	10550,42
98		300,0	32700	557,13	562,50	567,89	5,39	1,41	10547,24
97		300,0	32400	557,01	562,45	567,81	5,36	1,55	10542,12
96		600,0	32100	556,91	562,42	567,76	5,34	1,47	10534,76
95		300,0	31500	556,21	562,34	567,44	5,10	2,11	10190,68
94		300,0	31200	556,79	562,29	567,43	5,14	1,61	10187,58
93		331,2	30900	556,94	562,26	567,39	5,13	1,47	10183,60
92		268,8	30569	556,72	562,24	567,37	5,13	1,29	10178,21
91		300,0	30300	556,76	562,22	567,26	5,04	1,68	10018,28
90		300,0	30000	556,61	562,17	567,13	4,96	1,95	10015,26
89		305,1	29700	556,80	562,12	567,08	4,96	1,68	9853,03
88		294,9	29395	556,74	562,07	567,04	4,97	1,49	9851,08
87		676,2	29100	556,68	561,99	566,81	4,82	2,17	9689,68
86		523,8	28424	556,55	561,92	566,81	4,89	1,20	9680,27
85		300,0	27900	556,43	561,66	566,38	4,72	2,45	9199,62
84		300,0	27600	556,34	561,41	566,35	4,94	1,76	9028,07
83		113,1	27300	556,24	561,36	566,29	4,93	1,55	9026,57
82	NA6	472,2	27187	556,21	561,31	566,14	4,83	2,13	8858,08
81		314,7	26715	556,05	561,16	565,93	4,77	1,92	8513,72
80		300,0	26400	555,95	561,12	565,96	4,84	1,26	8511,47
79		300,0	26100	555,86	561,05	565,86	4,81	1,57	8346,05
78		600,0	25800	555,77	560,97	565,79	4,82	1,56	8343,55
77		600,0	25200	555,58	560,92	565,76	4,84	1,08	8182,85
76		508,3	24600	555,39	560,89	565,74	4,85	0,83	8179,79
75		691,7	24092	555,23	560,85	565,64	4,79	1,30	8041,85
74		300,0	23400	555,01	560,70	565,40	4,70	1,72	7907,84
73		300,0	23100	554,92	560,65	565,38	4,73	1,39	7904,55
72		300,0	22800	554,82	560,59	565,23	4,64	1,77	7655,07
71		300,0	22500	554,73	560,52	565,14	4,62	1,80	7653,89

Seção	Descrição	PERFIL			TR 10.000 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
70		300,0	22200	554,64	560,40	565,06	4,66	1,67	7531,41
69		300,0	21900	554,54	560,31	565,03	4,72	1,28	7528,90
68		300,0	21600	554,46	560,24	564,99	4,75	1,18	7525,58
67		300,0	21300	554,39	560,16	564,90	4,74	1,42	7411,99
66		300,0	21000	553,77	560,10	564,84	4,74	1,33	7301,73
65		300,0	20700	553,96	560,08	564,84	4,76	1,00	7404,80
64		462,9	20400	553,82	560,06	564,82	4,76	0,92	7301,41
63	NA5	137,1	19937	552,66	560,02	564,75	4,73	1,18	7299,50
62		300,0	19800	552,91	560,01	564,74	4,73	1,14	7298,42
61		573,5	19500	553,05	559,99	564,72	4,73	1,06	7295,64
60		326,5	18926	552,24	559,93	564,57	4,64	1,46	7204,20
59		300,0	18600	552,07	559,84	564,27	4,43	2,38	7030,81
58		300,0	18300	552,80	559,77	564,30	4,53	1,61	7029,37
57		406,7	18000	553,23	559,74	564,33	4,59	0,95	7028,14
56		308,1	17593	552,69	559,71	564,22	4,51	1,36	7025,52
55		185,2	17285	552,80	559,69	564,19	4,50	1,20	7022,47
54		300,0	17100	552,87	559,66	564,18	4,52	1,11	6948,29
53		230,9	16800	552,89	559,64	564,13	4,49	1,14	6947,67
52		669,1	16569	552,79	559,63	564,13	4,50	0,97	6946,84
51		822,4	15900	552,67	559,46	563,60	4,14	2,59	6747,60
50		377,6	15078	552,62	559,21	563,43	4,22	1,23	6676,48
49		300,0	14700	552,43	559,17	563,33	4,16	1,49	6607,59
48		300,0	14400	552,50	559,08	563,24	4,16	1,54	6536,35
47		300,0	14100	552,38	559,01	563,19	4,18	1,37	6462,54
46		300,0	13800	552,02	558,97	563,13	4,16	1,34	6386,69
45		300,0	13500	552,25	558,95	563,10	4,15	1,16	6386,24
44		300,0	13200	551,72	558,90	563,00	4,10	1,48	6232,16
43		300,0	12900	552,19	558,85	562,95	4,10	1,33	6154,86
42		600,0	12600	552,34	558,83	562,96	4,13	0,92	6229,63
41		535,2	12000	552,15	558,78	562,87	4,09	1,17	6081,90
40		364,8	11465	551,99	558,75	562,81	4,06	1,05	6080,66
39		300,0	11100	551,87	558,66	562,43	3,77	2,51	5816,33
38		600,0	10800	551,77	558,61	562,49	3,88	1,34	5815,58
37		228,6	10200	551,59	558,48	562,42	3,94	1,06	5814,25

Seção	PERFIL				TR 10.000 ANOS				
	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
36	NA4	371,3	9971	551,34	558,42	562,39	3,97	1,05	5813,01
35		300,0	9600	551,40	558,15	562,22	4,07	1,55	5756,45
34		486,0	9300	551,30	558,03	562,14	4,11	1,35	5703,51
33		114,0	8814	551,15	557,99	562,14	4,15	0,76	5701,26
32		447,4	8700	551,12	557,98	562,13	4,15	0,76	5700,75
31		152,6	8253	550,97	557,97	562,11	4,14	0,78	5698,47
30		300,0	8100	550,92	557,96	562,10	4,14	0,79	5697,58
29		300,0	7800	550,99	557,95	562,08	4,13	0,81	5695,67
28		398,0	7500	551,19	557,93	562,06	4,13	0,80	5693,57
27	NA3	63,6	7102	551,13	557,75	561,88	4,13	1,45	5659,79
25	Ponte	438,3	7038	551,19	557,35	561,69	4,34	2,14	5628,48
24		300,0	6600	551,12	556,28	561,53	5,25	1,02	5625,11
23		300,0	6300	550,73	556,23	561,51	5,28	0,76	5596,75
22		300,0	6000	550,34	556,21	561,50	5,29	0,63	5596,66
21		300,0	5700	549,99	556,20	561,49	5,29	0,64	5596,51
20		300,0	5400	549,84	556,18	561,46	5,28	0,75	5596,26
19		300,0	5100	549,70	556,15	561,42	5,27	0,92	5595,89
18		300,0	4800	549,55	556,13	561,41	5,28	0,71	5595,39
17		300,0	4500	549,40	556,12	561,40	5,28	0,59	5594,78
16		300,0	4200	549,26	556,12	561,39	5,27	0,61	5594,14
15		300,0	3900	548,86	556,09	561,34	5,25	0,93	5593,55
14		265,9	3600	548,73	556,06	561,29	5,23	1,06	5593,00
13	NA2-Seção 5	334,1	3334	548,42	554,77	559,52	4,75	4,68	5592,56
12		300,0	3000	548,21	553,83	556,91	3,08	4,55	5582,47
11		300,0	2700	548,16	553,63	557,03	3,40	1,84	5581,61
10		300,0	2400	548,06	553,57	556,99	3,42	1,47	5571,88
9		300,0	2100	548,12	553,53	556,93	3,40	1,48	5571,76
8		300,0	1800	547,90	553,50	556,90	3,40	1,25	5571,53
7		300,0	1500	547,92	553,44	556,84	3,40	1,26	5571,14
6		154,2	1200	547,74	553,40	556,81	3,41	1,15	5570,68
5		490,7	1046	547,85	553,32	556,71	3,39	1,59	5570,42
4	NA1	55,1	555	547,88	552,62	555,74	3,12	2,98	5569,62
3		200,0	500	547,82	552,48	555,61	3,13	3,10	5569,56
2		300,0	300	547,95	551,84	554,56	2,72	4,35	5569,31

PERFIL					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
1		0,0	0	547,82	550,12	552,34	2,22	5,27	5568,83

(*) Velocidade e vazão máxima obtida da simulação de dam break.

Tabela 22 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Unai Baixo para TR 10.000 anos (Simulação 1 e 3)

Seção	Descrição	PERFIL			TR 10.000 ANOS - Galgamento				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
170		300,0	54900	569,75	601,51	604,52	3,01	0,06	1040,13
169		140,0	54600	567,49	601,51	604,52	3,01	0,06	1036,33
168		170,2	54460	567,05	601,51	604,52	3,01	0,12	1035,24
167	Barragem Unai Baixo								
166		49,8	54290	566,55	574,93	587,46	12,53	5,01	22393,42
165	NA12-Seção 1 - Casa de Força	126,9	54240	566,73	575,05	588,20	13,15	2,84	23179,31
164		233,0	54113	565,25	574,77	587,78	13,01	3,73	22391,57
163	NA11-Seção 2	180,1	53880	566,17	574,75	587,70	12,95	3,52	22382,53
162		300,0	53700	565,52	574,62	587,60	12,98	3,44	22372,91
161		134,2	53400	565,95	573,97	587,27	13,30	3,76	22353,01
160	NA10-Seção 3	465,8	53266	565,09	573,73	587,48	13,75	2,87	22343,69
159		300,0	52800	565,77	573,44	587,27	13,83	2,73	22311,66
158		193,1	52500	565,63	573,22	587,17	13,95	2,62	22292,60
157	NA9-Seção 4	406,9	52307	565,24	573,01	587,18	14,17	2,36	22282,56
156		300,0	51900	565,29	571,84	586,03	14,19	4,75	22261,60
155		300,0	51600	565,09	571,06	583,14	12,08	8,85	22300,73
154		168,7	51300	564,83	570,86	582,44	11,58	5,79	22256,84
153		491,3	51131	565,11	570,67	581,40	10,73	6,58	22252,29
152		540,0	50640	564,44	569,97	578,18	8,21	5,49	22237,47
151		300,0	50100	563,70	568,60	576,30	7,70	3,64	21332,38
150		300,0	49800	563,58	568,34	575,50	7,16	4,14	19656,56
149		300,0	49500	563,23	568,11	575,51	7,40	3,21	19651,01
148		300,0	49200	563,09	567,97	575,65	7,68	2,12	20194,92
147		501,7	48900	562,98	567,87	575,30	7,43	2,92	19644,76
146		98,3	48398	562,67	567,29	575,08	7,79	2,49	19075,03
145		300,0	48300	562,62	567,17	574,96	7,79	2,74	19072,03
144		300,0	48000	562,55	566,95	574,91	7,96	2,34	19057,42
143	NA8	600,0	47700	562,52	566,85	574,47	7,62	3,16	18527,95
142		300,0	47100	562,10	566,73	574,25	7,52	2,57	18002,93
141		300,0	46800	561,88	566,69	574,28	7,59	2,01	17996,84
140		300,0	46500	561,50	566,63	574,02	7,39	2,59	17985,28
139		300,0	46200	561,52	566,60	574,09	7,49	1,86	17968,64
138		300,0	45900	561,32	566,58	574,05	7,47	1,78	17952,85

PERFIL					TR 10.000 ANOS - Galgamento				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
137		300,0	45600	561,09	566,51	573,75	7,24	2,61	17529,92
136		300,0	45300	560,95	566,46	573,67	7,21	2,43	17521,47
135		300,0	45000	560,81	566,34	573,56	7,22	2,34	17508,04
134		300,0	44700	560,67	566,20	573,49	7,29	2,13	17489,49
133		300,0	44400	560,52	566,13	573,45	7,32	1,95	17468,75
132		300,0	44100	560,41	566,08	573,39	7,31	1,84	17120,45
131		300,0	43800	560,31	566,04	573,28	7,24	2,05	17117,62
130		300,0	43500	560,21	565,99	573,17	7,18	2,11	17110,88
129		300,0	43200	560,11	565,95	573,15	7,20	1,83	17101,91
128		300,0	42900	560,01	565,88	572,98	7,10	2,24	17090,17
127		300,0	42600	559,91	565,65	572,53	6,88	3,12	16807,38
126		300,0	42300	559,81	565,49	572,42	6,93	2,66	16795,57
125		300,0	42000	559,70	565,34	572,18	6,84	2,81	16505,20
124		218,3	41700	559,60	565,06	571,94	6,88	2,74	16193,06
123		681,7	41482	559,53	564,98	572,04	7,06	1,91	16484,22
122		300,0	40800	559,30	564,81	571,81	7,00	2,06	16191,75
121		600,0	40500	559,19	564,65	570,84	6,19	4,02	14893,63
120		300,0	39900	558,98	564,25	570,97	6,72	2,14	15229,55
119		300,0	39600	558,89	564,18	570,90	6,72	2,01	14898,55
118		300,0	39300	558,80	564,12	570,77	6,65	2,17	14895,92
117		600,0	39000	558,70	564,07	570,71	6,64	1,99	14889,71
116		300,0	38400	558,86	563,92	570,47	6,55	2,18	14567,80
115		300,0	38100	558,43	563,83	570,28	6,45	2,39	14249,69
114		300,0	37800	558,38	563,72	570,19	6,47	2,17	14243,54
113		568,2	37500	558,32	563,62	570,06	6,44	2,18	13927,81
112	NA7	331,8	36932	557,66	563,49	569,92	6,43	1,94	13915,86
111		300,0	36600	557,76	563,44	569,79	6,35	1,99	13614,56
110		300,0	36300	557,63	563,36	569,68	6,32	2,00	13607,92
109		300,0	36000	557,80	563,31	569,67	6,36	1,63	13598,77
108		300,0	35700	557,74	563,28	569,62	6,34	1,57	13588,72
107		300,0	35400	556,86	563,22	569,28	6,06	2,62	13051,96
106		300,0	35100	556,50	563,16	569,21	6,05	2,31	13049,20
105		300,0	34800	557,48	563,12	569,26	6,14	1,59	13044,85
104		300,0	34500	557,62	563,08	569,20	6,12	1,61	13040,29
103		300,0	34200	557,39	562,97	569,11	6,14	1,73	13033,09

Seção	PERFIL				TR 10.000 ANOS - Galgamento				
	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
102		300,0	33900	557,34	562,87	568,95	6,08	2,05	12793,55
101		300,0	33600	557,09	562,77	568,69	5,92	2,41	12553,84
100		300,0	33300	557,04	562,65	568,57	5,92	2,23	12548,09
99		300,0	33000	557,18	562,55	568,58	6,03	1,64	12539,30
98		300,0	32700	557,13	562,50	568,54	6,04	1,51	12314,68
97		300,0	32400	557,01	562,45	568,46	6,01	1,66	12312,97
96		600,0	32100	556,91	562,42	568,41	5,99	1,58	12308,91
95		300,0	31500	556,21	562,34	568,05	5,71	2,28	11885,96
94		300,0	31200	556,79	562,29	568,05	5,76	1,71	11884,33
93		331,2	30900	556,94	562,26	568,00	5,74	1,59	11882,34
92		268,8	30569	556,72	562,24	567,99	5,75	1,39	11879,03
91		300,0	30300	556,76	562,22	567,86	5,64	1,82	11681,28
90		300,0	30000	556,61	562,17	567,72	5,55	2,09	11679,32
89		305,1	29700	556,80	562,12	567,68	5,56	1,83	11674,38
88		294,9	29395	556,74	562,07	567,64	5,57	1,59	11479,56
87		676,2	29100	556,68	561,99	567,39	5,40	2,30	11281,12
86		523,8	28424	556,55	561,92	567,40	5,48	1,29	11273,92
85		300,0	27900	556,43	561,66	566,97	5,31	2,54	10672,44
84		300,0	27600	556,34	561,41	566,95	5,54	1,85	10459,78
83		113,1	27300	556,24	561,36	566,90	5,54	1,65	10458,45
82	NA6	472,2	27187	556,21	561,31	566,74	5,43	2,24	10248,78
81		314,7	26715	556,05	561,16	566,53	5,37	2,02	9825,82
80		300,0	26400	555,95	561,12	566,58	5,46	1,33	9823,95
79		300,0	26100	555,86	561,05	566,47	5,42	1,66	9624,42
78		600,0	25800	555,77	560,97	566,40	5,43	1,64	9622,78
77		600,0	25200	555,58	560,92	566,37	5,45	1,17	9615,37
76		508,3	24600	555,39	560,89	566,36	5,47	0,90	9604,20
75		691,7	24092	555,23	560,85	566,25	5,40	1,42	9434,51
74		300,0	23400	555,01	560,70	566,00	5,30	1,81	9116,93
73		300,0	23100	554,92	560,65	565,98	5,33	1,47	9115,74
72		300,0	22800	554,82	560,59	565,81	5,22	1,92	8963,75
71		300,0	22500	554,73	560,52	565,72	5,20	1,90	8813,10
70		300,0	22200	554,64	560,40	565,64	5,24	1,77	8811,28
69		300,0	21900	554,54	560,31	565,61	5,30	1,36	8807,04
68		300,0	21600	554,46	560,24	565,58	5,34	1,24	8664,25

Seção	PERFIL				TR 10.000 ANOS - Galgamento				
	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
67		300,0	21300	554,39	560,16	565,49	5,33	1,50	8662,06
66		300,0	21000	553,77	560,10	565,42	5,32	1,43	8527,11
65		300,0	20700	553,96	560,08	565,43	5,35	1,07	8526,23
64		462,9	20400	553,82	560,06	565,41	5,35	1,00	8525,25
63	NA5	137,1	19937	552,66	560,02	565,33	5,31	1,26	8521,97
62		300,0	19800	552,91	560,01	565,32	5,31	1,22	8520,41
61		573,5	19500	553,05	559,99	565,29	5,30	1,15	8516,60
60		326,5	18926	552,24	559,93	565,13	5,20	1,58	8404,76
59		300,0	18600	552,07	559,84	564,80	4,96	2,57	8192,62
58		300,0	18300	552,80	559,77	564,85	5,08	1,70	8190,62
57		406,7	18000	553,23	559,74	564,88	5,14	1,03	8189,06
56		308,1	17593	552,69	559,71	564,77	5,06	1,47	8185,93
55		185,2	17285	552,80	559,69	564,73	5,04	1,28	8090,43
54		300,0	17100	552,87	559,66	564,72	5,06	1,18	8090,31
53		230,9	16800	552,89	559,64	564,68	5,04	1,22	8089,53
52		669,1	16569	552,79	559,63	564,67	5,04	1,05	8088,56
51		822,4	15900	552,67	559,46	564,08	4,62	2,80	7838,04
50		377,6	15078	552,62	559,21	563,95	4,74	1,32	7747,56
49		300,0	14700	552,43	559,17	563,83	4,66	1,61	7659,48
48		300,0	14400	552,50	559,08	563,74	4,66	1,63	7568,01
47		300,0	14100	552,38	559,01	563,69	4,68	1,46	7473,33
46		300,0	13800	552,02	558,97	563,63	4,66	1,44	7375,90
45		300,0	13500	552,25	558,95	563,60	4,65	1,22	7276,99
44		300,0	13200	551,72	558,90	563,49	4,59	1,59	7177,69
43		300,0	12900	552,19	558,85	563,44	4,59	1,41	7079,28
42		600,0	12600	552,34	558,83	563,45	4,62	0,98	7078,54
41		535,2	12000	552,15	558,78	563,36	4,58	1,25	6986,22
40		364,8	11465	551,99	558,75	563,30	4,55	1,13	6984,08
39		300,0	11100	551,87	558,66	562,87	4,21	2,70	6655,33
38		600,0	10800	551,77	558,61	562,95	4,34	1,42	6654,31
37		228,6	10200	551,59	558,48	562,89	4,41	1,12	6652,80
36	NA4	371,3	9971	551,34	558,42	562,86	4,44	1,11	6651,47
35		300,0	9600	551,40	558,15	562,69	4,54	1,59	6582,92
34		486,0	9300	551,30	558,03	562,61	4,58	1,39	6519,41
33		114,0	8814	551,15	557,99	562,61	4,62	0,83	6574,44

Seção	PERFIL				TR 10.000 ANOS - Galgamento				
	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
32		447,4	8700	551,12	557,98	562,61	4,63	0,82	6573,14
31		152,6	8253	550,97	557,97	562,58	4,61	0,84	6519,45
30		300,0	8100	550,92	557,96	562,57	4,61	0,85	6519,31
29		300,0	7800	550,99	557,95	562,55	4,60	0,87	6518,87
28		398,0	7500	551,19	557,93	562,53	4,60	0,86	6518,20
27	NA3	63,6	7102	551,13	557,75	562,34	4,59	1,53	6516,10
25	Ponte	438,3	7038	551,19	557,35	562,16	4,81	2,17	6479,12
24		300,0	6600	551,12	556,28	562,02	5,74	1,08	6474,98
23		300,0	6300	550,73	556,23	562,00	5,77	0,82	6471,41
22		300,0	6000	550,34	556,21	561,99	5,78	0,68	6441,04
21		300,0	5700	549,99	556,20	561,97	5,77	0,70	6440,94
20		300,0	5400	549,84	556,18	561,95	5,77	0,81	6440,69
19		300,0	5100	549,70	556,15	561,90	5,75	1,01	6440,29
18		300,0	4800	549,55	556,13	561,89	5,76	0,77	6439,73
17		300,0	4500	549,40	556,12	561,88	5,76	0,65	6439,06
16		300,0	4200	549,26	556,12	561,86	5,74	0,67	6438,35
15		300,0	3900	548,86	556,09	561,81	5,72	1,02	6437,69
14		265,9	3600	548,73	556,06	561,75	5,69	1,15	6437,06
13	NA2-Seção 5	334,1	3334	548,42	554,77	559,91	5,14	4,88	6436,50
12		300,0	3000	548,21	553,83	557,19	3,36	4,95	6420,45
11		300,0	2700	548,16	553,63	557,36	3,73	1,99	6419,53
10		300,0	2400	548,06	553,57	557,32	3,75	1,60	6418,16
9		300,0	2100	548,12	553,53	557,25	3,72	1,61	6416,61
8		300,0	1800	547,90	553,50	557,23	3,73	1,34	6414,76
7		300,0	1500	547,92	553,44	557,17	3,73	1,36	6412,22
6		154,2	1200	547,74	553,40	557,13	3,73	1,24	6405,64
5		490,7	1046	547,85	553,32	557,02	3,70	1,67	6405,63
4	NA1	55,1	555	547,88	552,62	556,01	3,39	3,15	6405,29
3		200,0	500	547,82	552,48	555,86	3,38	3,28	6405,24
2		300,0	300	547,95	551,84	554,86	3,02	4,39	6404,96
1		0,0	0	547,82	550,12	552,55	2,43	5,43	6404,62

(*) Velocidade e vazão máxima obtida da simulação de dam break.

5.7 Limite Físico a Jusante da PCH Unaí Baixo

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da PCH Unaí Baixo até o término da cidade de Unaí, ponto de maior interesse, compreendendo cerca de 54 km. Este trecho compreende:

- 25 km – Historicamente trecho onde ocorre vítimas fatais;
- Volume Reservatório entre 50 - 200 hm³ - trecho de 25 -100 km a jusante – De acordo com ANA.
- 3 horas após rompimento da barragem Unaí Baixo;
- Cidade Unaí - término da população possível de ser atingida, 4:55 h para início onda.

5.8 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

As benfeitoras foram identificadas pelo *Google Earth/Restituição*. Considerando o momento da ruptura descritos no item 5.3, serão apresentados os cotogramas das seções onde foram detectadas benfeitorias em risco, listadas na Tabela 23.

Tabela 23 – Localização das Seções de Interesse

Seções	Descrição	Estaca (m)	Distância da Barragem PCH Unaí Baixo (km)
167	Barragem PCH Unaí Baixo	54.435	0
165	Canal de Fuga PCH Unaí Baixo	54.240	0,20
163	Propriedades	53.880	0,55
155	Propriedades	51.600	2,84
146	Propriedades	48.398	6,04
141	Propriedades	46.800	7,64
130	Limite ZAS	43.500	10,94
110	Propriedades	36.300	18,14
96	Propriedades	32.100	22,34
89	Propriedades	29.700	24,74
84	Propriedades	27.600	26,84
82	Propriedades	27.187	27,25
73	Propriedades	23.100	31,33
65	Propriedades	20.700	33,73
60	Propriedades	18.926	35,51
50	Propriedades	15.078	39,36
44	Propriedades	13.200	41,24
34	Propriedades	9.300	45,13
29	Início Cidade Unaí	7.800	46,64
25	Ponte	7.038	47,40
4	Fim Cidade Unaí	555	53,88
1	Fim modelo e Limite ZSS	300	54,14

Para cada seção foi determinado quanto tempo levou para que a onda ocasionada pela ruptura do barramento chegue na seção e atinja o nível máximo.

Na sequência estão descritos os resultados em todas as seções de interesse definidas, com a figura do local com mapa de inundação TR 10.000 anos Galgamento (destacado em azul), indicação dos níveis máximos de água para as condições naturais e dam break, a altura máxima da onda, o tempo de início de chegada da onda de cheia e o tempo para o pico máximo da onda de cheia com o rompimento da barragem e duração da mesma.

5.8.1 SL-165 – Canal de Fuga da PCH Unaí Baixo

A Casa de Força logo a jusante da Barragem PCH Unaí Baixo. A seção SL-165 está na saída do canal de fuga, localizada a 0,20 km da barragem PCH Unaí Baixo (Figura 26).



Figura 26 – Localização Casa de Força Unaí Baixo - SL-165

Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-165 – Casa de Força Unaí Baixo

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	569,34	586,71	17,37	00:00	01:50	0	10:50
100 anos	574,33	587,08	12,75	00:00	01:50	0	07:30
10.000 anos	575,05	587,30	12,25	00:00	01:50	0	09:20
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20

5.8.2 SL-163 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Unaí Baixo, identificada pela seção SL-163, está localizada cerca de 0,55 km da barragem PCH Unaí Baixo (Figura 27).



Figura 27 – Localização propriedades - SL-163

Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-163 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	569,15	586,30	17,15	00:00	01:50	0	09:30
100 anos	574,04	586,66	12,62	00:00	01:55	0	07:30
10.000 anos	574,75	586,86	12,11	00:00	01:55	0	09:20
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05

5.8.3 SL-155 – Propriedades

Propriedades identificadas próximas a seção SL-155, localizada cerca de 2,84 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 28).



Figura 28 – Localização propriedades - SL-155

Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-155 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	567,34	581,57	14,23	00:00	01:50	0	11:00
100 anos	570,62	581,96	11,34	00:00	01:55	0	07:45
10.000 anos	571,06	582,18	11,12	00:00	01:55	0	09:32
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15

5.8.4 SL-146 – Propriedades

Identificada pela seção SL-146, a propriedade se localiza cerca de 6,04 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 29).

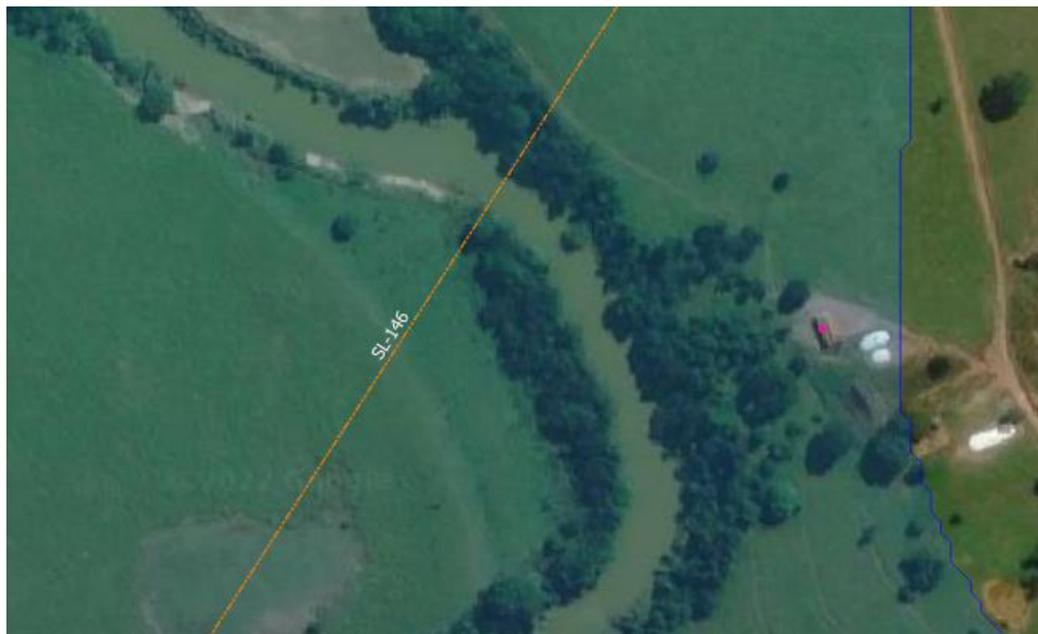


Figura 29 – Localização propriedades - SL-146

Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-146 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	565,00	573,61	8,61	00:05	02:25	0	19:55
100 anos	566,93	574,09	7,16	00:05	02:25	0	11:42
10.000 anos	567,29	574,33	7,04	00:05	02:25	0	11:53
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45

5.8.5 SL-141 – Propriedades

As propriedades identificadas próximas a seção SL-141, que fica localizada cerca de 7,64 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 30).



Figura 30 – Localização propriedades - SL-141

Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-141 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	564,37	572,85	8,48	00:10	02:40	1	03:50
100 anos	566,24	573,32	7,08	00:10	02:35	0	13:15
10.000 anos	566,69	573,56	6,87	00:10	02:35	0	13:00
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	566,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55

5.8.6 SL-130 – Limite ZAS

O Limite ZAS da Barragem PCH Unaí Baixo, identificada pela seção SL-130, fica localizada cerca de 10,94 km da barragem PCH Unaí Baixo (Figura 31).



Figura 31 – Localização Limite ZAS - SL-130

Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-130 – Limite ZAS

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	563,25	571,76	8,51	00:40	02:50	1	10:20
100 anos	565,49	572,25	6,76	00:30	02:50	0	14:08
10.000 anos	565,99	572,49	6,50	00:30	02:45	0	13:35
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35

5.8.7 SL-110 – Propriedades

Propriedades a jusante do barramento, identificada pela seção SL-110, que fica localizada cerca de 18,14 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 32).



Figura 32 – Localização propriedades - SL-110

Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-110 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	561,05	567,88	6,83	01:35	03:55	1	12:25
100 anos	562,87	568,65	5,78	01:00	03:50	0	20:10
10.000 anos	563,36	568,99	5,63	00:50	03:45	0	18:50
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	563,36	569,68	6,32	01:00	03:35	0	18:53

5.8.8 SL-96 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Unai Baixo, identificadas pela seção SL-96, localizada cerca de 22,34 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 33).



Figura 33 – Localização propriedades - SL-96

Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-96 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	560,00	566,58	6,58	02:15	04:25	1	15:45
100 anos	561,78	567,40	5,62	01:15	04:15	0	23:20
10.000 anos	562,42	567,76	5,34	01:05	04:10	0	21:30
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	562,42	568,41	5,99	01:30	04:00	0	21:40

5.8.9 SL-89/84 e 82 – Propriedades

Propriedades identificadas próximas as seções SL-89/ 84 e 82, localizadas cerca de 24,74, 26,84 e 27,25 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 34).



Figura 34 – Localização propriedades - SL-89/84 e 82

Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-89 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	559,73	565,90	6,17	02:30	04:40	1	03:30
100 anos	561,49	566,72	5,23	01:30	04:30	0	23:50
10.000 anos	562,12	567,08	4,96	01:10	04:30	0	22:20
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	562,12	567,68	5,56	01:40	04:15	0	22:34

Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-84 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	558,96	565,00	6,04	02:40	05:05	1	03:20
100 anos	560,75	565,94	5,19	01:35	04:55	1	02:15
10.000 anos	561,41	566,35	4,94	01:15	04:55	1	00:50
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	561,41	566,95	5,54	01:50	04:45	1	01:10

Tabela 34 – Detalhe das simulações - SL-82 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	558,83	564,78	5,95	02:50	05:15	1	04:10
100 anos	560,66	565,72	5,06	01:40	05:00	1	02:38
10.000 anos	561,31	566,14	4,83	01:20	05:00	1	01:05
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	561,31	566,74	5,43	01:50	04:50	1	01:33

5.8.10 SL-73 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Unaí Baixo, identificada pela seção SL-73, fica localizada cerca de 31,33 km da barragem PCH Unaí Baixo (Figura 35).



Figura 35 – Localização propriedades - SL-73

Tabela 35 – Detalhe das simulações - SL-73 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	557,99	563,76	5,77	03:05	06:05	1	16:55
100 anos	559,98	564,91	4,93	02:00	05:35	1	05:00
10.000 anos	560,65	565,38	4,73	01:30	05:30	1	03:28
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15

5.8.11 SL-65/60 – Propriedades

Propriedades a jusante da Barragem PCH Unai Baixo, identificada pelas seções SL-65/60, localizada cerca de 33,73 e 35,51 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 36).



Figura 36 – Localização propriedades - SL-65/60

Tabela 36 – Detalhe das simulações - SL-65 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	557,09	563,10	6,01	03:20	06:35	1	18:40
100 anos	559,33	564,34	5,01	02:10	06:00	1	07:30
10.000 anos	560,08	564,84	4,76	01:45	05:50	1	05:15
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	560,08	565,43	5,35	02:20	05:40	1	06:10

Tabela 37 – Detalhe das simulações - SL-60 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	556,93	562,83	5,90	03:35	06:50	1	20:25
100 anos	559,19	564,07	4,88	02:15	06:10	1	07:45
10.000 anos	559,93	564,57	4,64	02:00	06:00	1	05:25
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	559,93	565,13	5,20	02:25	05:45	1	06:25

5.8.12 SL-50 – Propriedades

Propriedades a jusante da Barragem PCH Unaí Baixo, identificadas na seção SL-50, localizada cerca de 39,36 km da PCH Unaí Baixo (Figura 37).

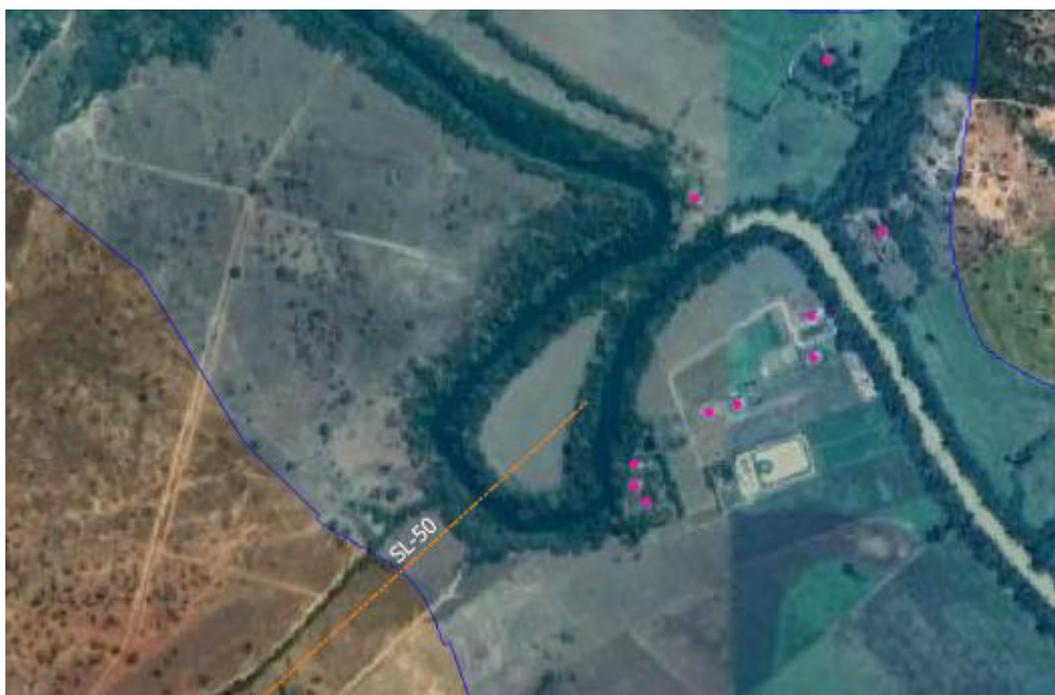


Figura 37 – Localização propriedades - SL-50

Tabela 38 – Detalhe das simulações - SL-50 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	556,25	561,70	5,45	04:00	08:05	2	02:00
100 anos	558,45	562,95	4,50	02:45	06:50	1	09:00
10.000 anos	559,21	563,43	4,22	02:20	06:35	1	06:45
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	559,21	563,95	4,74	02:35	06:20	1	08:05

5.8.13 SL-44 – Propriedades

Hotel Fazenda Curva do Rio, próximo a seção SL-44, e localizado cerca de 41,24 km à jusante da barragem PCH Unai Baixo (Figura 38).



Figura 38 – Localização propriedades - SL-44

Tabela 39 – Detalhe das simulações - SL-44 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	555,53	561,33	5,80	04:15	08:20	2	01:45
100 anos	558,08	562,52	4,44	03:00	07:00	1	09:40
10.000 anos	558,90	563,00	4,10	02:30	07:05	1	07:30
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56

5.8.14 SL-34 – Propriedades

Propriedades a jusante da Barragem PCH Unai Baixo, identificadas próximas a seção SL-34, que se localiza cerca de 45,13 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 39).



Figura 39 – Localização propriedades - SL-34

Tabela 40 – Detalhe das simulações - SL-34 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	554,49	560,43	5,94	04:35	08:40	2	01:25
100 anos	557,12	561,61	4,49	03:15	08:10	1	11:05
10.000 anos	558,03	562,14	4,11	02:40	07:45	1	08:05
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	558,03	562,61	4,58	02:50	07:25	1	10:28

5.8.15 SL-29 – Início cidade Unai

O início da cidade de Unai se encontra próximo a seção SL-29, que fica localizada cerca de 46,64 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 40).



Figura 40 – Localização Início Cidade Unai - SL-29

Tabela 41 – Detalhe das simulações - SL-29 – Início cidade Unai

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	554,05	560,35	6,30	04:55	08:40	2	01:05
100 anos	557,02	561,55	4,53	03:25	08:15	1	11:20
10.000 anos	557,95	562,08	4,13	03:05	07:45	1	07:55
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	557,95	562,55	4,60	03:20	07:30	1	10:05

5.8.16 SL-25 – Ponte

A ponte na rodovia MG-188 na cidade de Unai se encontra junto da seção SL-25, que se localiza cerca de 47,40 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 41).



Figura 41 – Localização ponte - SL-25

Tabela 42 – Detalhe das simulações - SL-25 – Ponte

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	553,52	559,70	6,18	05:00	09:55	2	01:00
100 anos	556,28	561,15	4,87	03:35	08:25	1	11:25
10.000 anos	557,35	561,69	4,34	03:10	07:55	1	08:00
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	557,35	562,16	4,81	03:25	07:35	1	10:20

5.8.17 SL-4 – Fim cidade Unai

O fim da cidade de Unai a jusante da Barragem PCH Unai Baixo está identificada pela seção SL-4, fica localizada cerca de 53,88 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 42).



Figura 42 – Localização propriedades - SL-4

Tabela 43 – Detalhe das simulações - SL-4 – Fim cidade Unai

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	549,65	554,47	4,82	06:05	11:00	2	00:55
100 anos	551,88	555,48	3,60	04:10	08:50	1	13:35
10.000 anos	552,62	555,74	3,12	03:35	08:15	1	10:20
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	552,62	556,01	3,39	04:05	07:55	1	11:55

5.8.18 SL-1 – Fim modelo e Limite ZSS

O limite da ZSS a jusante da Barragem PCH Unai Baixo está identificada pela seção SL-1, fica localizada cerca de 54,14 km da barragem PCH Unai Baixo (Figura 42).



Figura 43 – Localização Limite ZSS - SL-1

Tabela 44 – Detalhe das simulações - SL-1 – Limite ZSS

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	548,30	551,90	3,60	06:10	11:00	2	01:50
100 anos	549,49	552,07	2,58	04:15	08:50	1	13:45
10.000 anos	550,12	552,34	2,22	03:40	08:15	1	10:20
10.000 anos + Falha VT (Galgamento)	550,12	552,55	2,43	04:10	07:55	1	11:55

5.9 Resumo Geral das Seções de Interesse

A Tabela 45 abaixo apresenta o resumo dos tempos da onda de cheia após rompimento da barragem em cada seção estratégica do trecho de jusante. Estão indicados na tabela a distância da barragem até as seções e para o rompimento da barragem o tempo de início da onda de cheia, o tempo para atingir o pico, duração da onda, o nível de água normal sem rompimento, o nível máximo de água com o rompimento, a altura máxima da onda de cheia, velocidade e vazão máxima nas seções de interesse considerando as cheias nos tempos de recorrência de QTURB anos, TR-100 anos e TR-10.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no Anexo V estão divididos por tempo de recorrência e possuem destaque para os locais próximos as seções indicadas na Tabela 45. Nos mapas apresenta-se os níveis de água definidos para a condição natural, condição com Dam Break, altura de onda, tempo de chegada da onda e o tempo de pico para cada seção, bem como uma imagem do local para facilitar a localização. Os desenhos foram elaborados para duas condições extremas – dia de sol com rompimento Qturbinada e Enchente TR 10.000 anos com galgamento da barragem:

- UNB-C-MPI-001-00-22 – Mapa de Inundação – Sunny Day - QTURB – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 07;
- UNB-C-MPI-002-00-22 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos Overtopping – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 07.

Importante observar nos mapas de inundação que o trecho entre as seções SL-89 e SL-4, que indicam o início e o final da área com loteamentos e residências do município de Unaí, apresentam pontos de inundação com a enchente natural para todas as condições simuladas o que confirma os dados obtidos em pesquisa da susceptibilidade de inundação de parte do município de Unaí na ocorrência de enchentes.

Essa mesma pesquisa indicou a falta de conscientização da população em relação ao amortecimento de cheias que os reservatórios possibilitam resultando em picos de vazão menores com respectivo nível de enchente menor do que ocorreriam sem a presença dos reservatórios amenizando o impacto das chuvas intensas no município. Esse fato pode ser observado analisando os dados de vazão obtidos no posto Unaí onde após a implantação da UHE Queimado a quantidade e a intensidade de dados de vazão extrema foi bastante reduzida, ainda mais com a implantação das PCH's Mata Velha e Unaí Baixo a jusante de Queimado.

Tabela 46 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 10.000 anos (Piping e Overtopping)

Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Piping										10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)				
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração						
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento																					
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	575,05	587,30	12,25	00:00	01:50	0	09:20	2,76	20076,00	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20	2,84	23179,31	
163	Propriedades	0,55	574,75	586,86	12,11	00:00	01:55	0	09:20	3,27	19419,36	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05	3,52	22382,53	
155	Propriedades	2,84	571,06	582,18	11,12	00:00	01:55	0	09:32	8,63	19340,36	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15	8,85	22300,73	
146	Propriedades	6,04	567,29	574,33	7,04	00:05	02:25	0	11:53	2,44	16849,89	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45	2,49	19075,03	
141	Propriedades	7,64	566,69	573,56	6,87	00:10	02:35	0	13:00	1,92	15806,95	566,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55	2,01	17996,84	
130	Limite ZAS	10,94	565,99	572,49	6,50	00:30	02:45	0	13:35	1,97	14627,69	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88	
110	Propriedades	18,14	563,36	568,99	5,63	00:50	03:45	0	18:50	1,90	11635,11	563,36	569,68	6,32	01:00	03:35	0	18:53	2,00	13607,92	
96	Propriedades	22,34	562,42	567,76	5,34	01:05	04:10	0	21:30	1,47	10534,76	562,42	568,41	5,99	01:30	04:00	0	21:40	1,58	12308,91	
89	Propriedades	24,74	562,12	567,08	4,96	01:10	04:30	0	22:20	1,68	9853,03	562,12	567,68	5,56	01:40	04:15	0	22:34	1,83	11674,38	
84	Propriedades	26,84	561,41	566,35	4,94	01:15	04:55	1	00:50	1,76	9028,07	561,41	566,95	5,54	01:50	04:45	1	01:10	1,85	10459,78	
82	Propriedades	27,25	561,31	566,14	4,83	01:20	05:00	1	01:05	2,13	8858,08	561,31	566,74	5,43	01:50	04:50	1	01:33	2,24	10248,78	
73	Propriedades	31,33	560,65	565,38	4,73	01:30	05:30	1	03:28	1,39	7904,55	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15	1,47	9115,74	
65	Propriedades	33,73	560,08	564,84	4,76	01:45	05:50	1	05:15	1,00	7404,80	560,08	565,43	5,35	02:20	05:40	1	06:10	1,07	8526,23	
60	Propriedades	35,51	559,93	564,57	4,64	02:00	06:00	1	05:25	1,46	7204,20	559,93	565,13	5,20	02:25	05:45	1	06:25	1,58	8404,76	
50	Propriedades	39,36	559,21	563,43	4,22	02:20	06:35	1	06:45	1,23	6676,48	559,21	563,95	4,74	02:35	06:20	1	08:05	1,32	7747,56	
44	Propriedades	41,24	558,90	563,00	4,10	02:30	07:05	1	07:30	1,48	6232,16	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56	1,59	7177,69	
34	Propriedades	45,13	558,03	562,14	4,11	02:40	07:45	1	08:05	1,35	5703,51	558,03	562,61	4,58	02:50	07:25	1	10:28	1,39	6519,41	
29	Início Cidade Unai	46,64	557,95	562,08	4,13	03:05	07:45	1	07:55	0,81	5695,67	557,95	562,55	4,60	03:20	07:30	1	10:05	0,87	6518,87	
25	Ponte	47,40	557,35	561,69	4,34	03:10	07:55	1	08:00	2,14	5628,48	557,35	562,16	4,81	03:25	07:35	1	10:20	2,17	6479,12	
4	Fim Cidade Unai	53,88	552,62	555,74	3,12	03:35	08:15	1	10:20	2,98	5569,62	552,62	556,01	3,39	04:05	07:55	1	11:55	3,15	6405,29	
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	550,12	552,34	2,22	03:40	08:15	1	10:20	5,27	5568,83	550,12	552,55	2,43	04:10	07:55	1	11:55	5,43	6404,62	

(*) Destacados em laranja ocorre inundação

- A zona de auto salvamento fica definida como 30 min do início da onda de rompimento da Barragem PCH Unai Baixo, ou seja, até SL-130 cerca de 10,94 km a jusante do barramento PCH Unai Baixo.
- A Zona de Secundária de Segurança fica definida como o fim do modelo, SL-01 cerca de 54,14 km da barragem PCH Unai Baixo.

6 AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS

Deverão ser evitadas informações prematuras e inexatas a respeito do desenvolvimento da situação, a fim de impedir especulações e pânico, sendo de responsabilidade da Empresa Operadora, **UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S.A.**, centralizar a veiculação de informações.

6.1 Identificação do Empreendedor

Nome do Empreendedor: Unaí Baixo Energética S.A.

UHE/PCH: PCH Unaí Baixo

Endereço: Fazenda Canto s/n, Unaí - MG

Fone: (38) 3676-4509.

Representante Legal: Pedro Pontual Maletti / Ricardo Jeronimo Pereira Rego Junior

Endereço: Av. Engenheiro Domingos Ferreira, Boa Viagem, nº2589 - 8º andar.

Fone: (81) 2137-7000

E-mail: pedro.pontual@brennandenergia.com.br

ricardo.rego@brennandenergia.com.br

Responsável Técnico da Usina: Luís Fernando Pinhoti Negrão

Fone:(81) 2137-7000

E-mail: luis.fernando@brennandenergia.com.br

Responsável Técnico da Segurança da Barragem

Eng. Civil Luiz Fernando Figueiredo Dias do Prado

CREA: PE 047637

Telefone: (81) 2137-7013

E-mail: luiz.prado@brennandenergia.com.br

Supervisor de Operação de Usina: Anderson dos Santos Campesi

Fone:(38) 3676-4509 e (38) 99900-5222

E-mail: anderson.campesi@brennandenergia.com.br

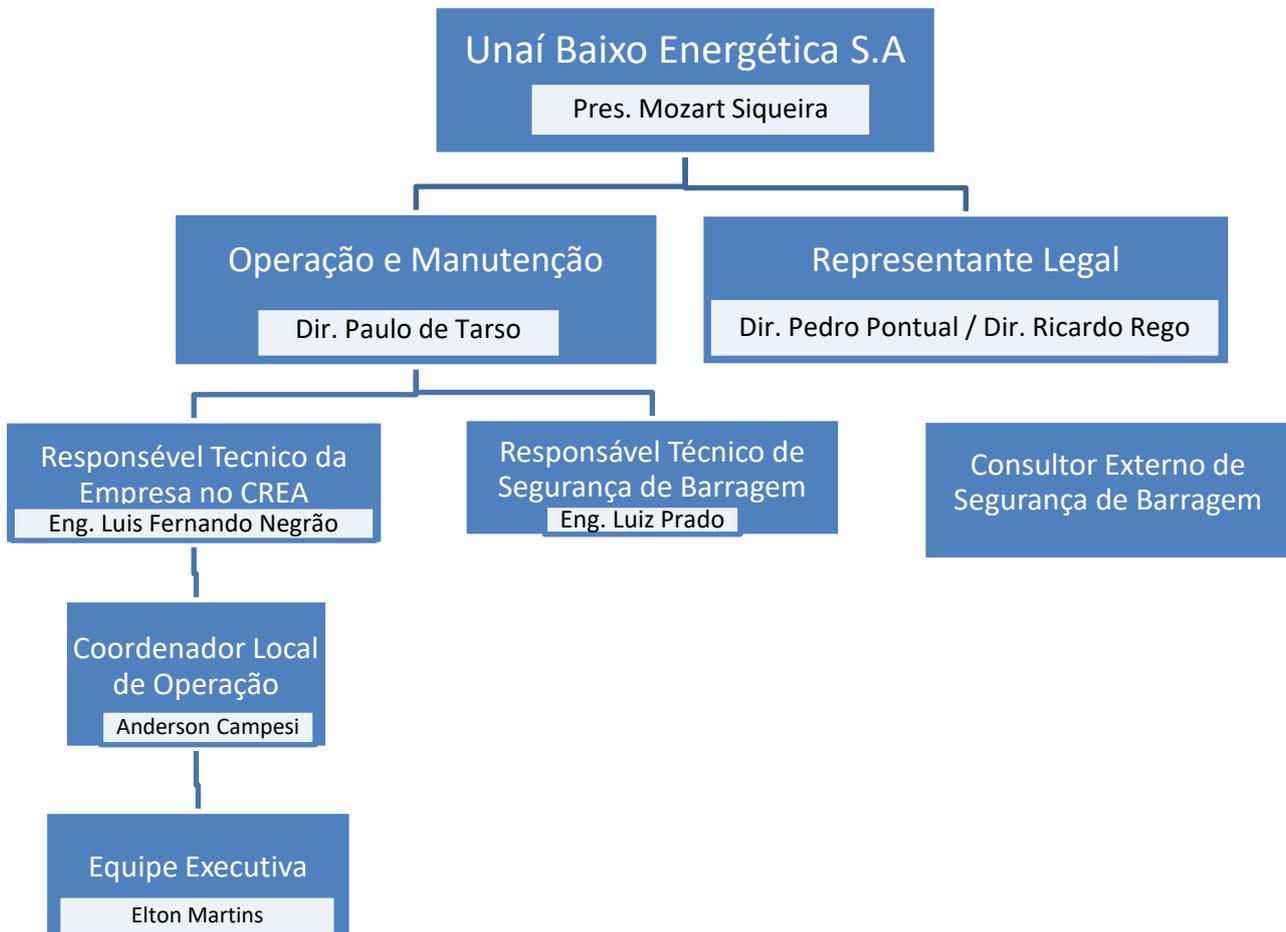
Operação de Usina: COG – CUIABÁ.

Fone:(65) 3616-7408.

E-mail: cog@brennandenergia.com.br

Organograma da Equipe

As áreas diretamente ligadas à operação da Usina estão listadas a seguir em ordem crescente de responsabilidade.



6.2 Agentes Externos

Os agentes externos envolvidos são do município atingido: Unaí no estado de Minas Gerais. A cidade mais próxima com recursos de Defesa Civil e Corpo de Bombeiros é Uberlândia também em Minas Gerais.

Os agentes externos estão no Anexo VIII – item 2.

6.3 Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação

Deverão ser evitadas informações prematuras e inexatas a respeito do desenvolvimento da situação, a fim de impedir especulações e pânico, sendo de responsabilidade da Empresa Operadora, **UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S.A.**, centralizar a veiculação de informações. O Quadro abaixo apresenta o resumo geral dos agentes envolvidos.

Em uma eventual emergência os agentes principais a serem avisados estão listados no Anexo VIII – 1- Geral, e todos os contatos do Agentes Externos estão apresentados no Anexo VII – 2 – Agentes Externos.

Quadro 5 – Lista de contatos do PAE

PAE DA BARRAGEM UNAÍ BAIXO		
EMPREENDEDOR	Nome:	Pequena Central Hidrelétrica Unai Baixo
	Identificador ANEEL:	PCHPHMG028673-7-01
	Empreendedor:	Unai Baixo Energética S/A
	Diretor Técnico:	Representante Legal: Pedro Pontual Maletti / Ricardo Jeronimo Pereira Rego Junior
		(81) 2137-7000 pedro.pontual@brennandenergia.com.br e ricardo.rego@brennandenergia.com.br
Responsável Tec. Seg. Barragem:	Eng. Civil Eng. Civil Luiz Fernando Figueiredo Dias do Prado (81) 2137-7013 luiz.prado@brennandenergia.com.br	
COORDENADOR PAE	Nome:	Gerente de Operação: Anderson dos Santos Campesi
	Contatos	(38) 3676-4509 e (38) 99900-5222 anderson.campesi@brennandenergia.com.br
ELABORAÇÃO DO PAE	Nome:	Prosenge Projetos e Engenharia LTDA
	Fone:	(48) 3206-8509
ENCARREGADO ELABORAÇÃO PAE:	Nome:	Eng. Civil Henrique Yabrudi Vieira CREA/PR: 61.964/D
	Contatos:	(49) 9 99124-0254 henrique@prosenge.com
FISCALIZADORA	Nome:	Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL
	Contatos:	(61) 2192-8758
BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA	Montante – PCH Mata Velha	Jusante - Inexistente
AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL	Defesa Civil - 199	Defesa Civil MG Comandante: Coronel PM Osvaldo de Souza Marques Plantão: (31) 9818-2400
		Defesa Civil Uberlândia (34) 3231-5419
		Defesa Civil Unai (38) 3677-9610
	Corpo De Bombeiros - 193	Corpo de Bombeiros MG Comandante: Coronel BM Edgard Estevo da Silva (31) 3915-5939
		Corpo de Bombeiros Uberlândia - MG Comandante: Coronel BM Edgard Estevo da Silva Telefone: (34) 3218-7100
		Corpo de Bombeiros Unai - MG (38) 3677-5095
	Prefeituras municipais:	Unai - MG Prefeito: José Gomes Branquinho (38) 3677-9610
OUTRAS AGÊNCIAS	POLÍCIA MILITAR - 190	
	POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - 191	
	INMET	Nome do contato: Instituto nacional de meteorologia Fone: (61) 2102-4700

7 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

O monitoramento de segurança se dará por duas condições: Hidrológica e Estrutural.

7.1 Condição Hidrológica

A condição hidrológica será controlada no Barramento, deverá ser monitorado os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem.

O vertedouro de comportas segmento é a estrutura que controlará as cheias na PCH Unaí Baixo. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme o gráfico abaixo.

A **EMERGÊNCIA 2** poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento em conjunto com o rompimento da barragem.

Na Figura 44 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia de 1.000 anos já fica definido o nível de emergência 1.

A Tabela 47 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

7.2 Condição Estrutural

A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento conforme critérios estabelecidos no Plano de Segurança da Barragem.

Este Plano tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional da barragem e vertedouro, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

O Plano de Segurança da Barragem contém os Manuais de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI) para a Barragem.

A manutenção das boas condições estruturais do barramento da PCH Unaí Baixo garante sua integridade e reduz drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.

A

Tabela 47 apresenta os níveis de segurança para as condições estruturais, na alínea b), juntamente com as providências a serem tomadas pela equipe de operação.

7.2.1 Monitoramento da Instrumentação de Auscultação

A instrumentação implantada possui o objetivo de monitorar as barragens de enrocamento e diques.

A estrutura da Barragem está instrumentada com piezômetro tubo aberto - tipo Casagrande, marcos superficiais/referência, medidor de nível de água e medidor de vazão. Estes instrumentos

têm como objetivo monitorar/acompanhar deslocamentos da barragem, bem como pressão - Nível de Água (NA) - da água intersticial nos locais selecionados.

O sistema de auscultação destas estruturas é composto por instrumentos:

- 03 medidores de vazão;
- 21 piezômetros tipo standpipe;
- 06 marcos superficiais que só serão medidos caso seja necessário;
- 08 medidores de nível d'água.

No Plano de Segurança da Barragem (UNB-C-PSB-001-00-22) está estabelecido frequência de leituras e monitoramento.

7.2.2 Monitoramento das Estruturas

O sistema de monitoramento está contemplado nos manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e monitoramento do relatório de segurança da barragem, sendo que este faz parte do Plano de Segurança da Barragem. Este Manual contém:

- Procedimentos de inspeções civis visuais informando onde e o que se deve observar;
- Listas de verificações a serem utilizadas nas inspeções civis;
- Instruções de trabalho para procedimentos de manutenções mais comuns de reparos nas estruturas.

Não menos importantes são os programas de inspeções visuais classificadas em três níveis:

7.2.2.1 Inspeções Rotineiras

São aquelas que devem ser executadas pela equipe de operação. A frequência dessas inspeções deverá ser definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas. Deverão ser preenchidas as listas de verificações de acompanhamento para cada estrutura civil.

7.2.2.2 Inspeção de Segurança Regular

A inspeção de segurança regular será realizada por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas do barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação. A frequência destas inspeções deverá ser **anual** conforme a classificação do barramento. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados nas listas de verificações anuais. Também deverão ser analisados os dados das inspeções rotineiras.

Os relatórios de inspeção de segurança regular deverão conter minimamente estas informações:

- Identificação do representante legal do empreendedor;
- Identificação do responsável técnico;

- Avaliação da instrumentação disponível na barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;
- Avaliação de anomalias que acarretem mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da barragem;
- Comparativo com inspeção de segurança regular anterior;
- Diagnóstico do nível de segurança da barragem;
- Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

7.2.2.3 Inspeções Segurança Especial

As inspeções especiais serão realizadas quando convocadas. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente ou onde se detecte algum problema que mereça atenção especial.

Depois de cheias e chuvas torrenciais com recorrência maior que 100 anos, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas. Aumento da vazão nos medidores de vazão sem motivo aparente e principalmente com carreamento de material é motivo para acionamento de alerta e de inspeção especial.

7.2.3 Revisão Periódica de Segurança

A Revisão Periódica de Segurança (RPS) tem o objetivo de diagnosticar o estado geral de segurança da barragem com vistas aos avanços tecnológicos, atualização de informações hidrológicas na bacia bem como os critérios de projeto e uso do solo na bacia a montante do barramento. Deve ser realizado a cada 7 anos conforme a classificação da barragem (Classe B).

7.2.4 Tramitação das Informações

O fluxograma apresenta as atividades da equipe de inspeção e manutenção das estruturas civis e a interface com a Gerência da Usina sendo de inspeções e de ações.

O fluxograma de inspeções (Fluxograma 1) indica a sequência dos procedimentos para as inspeções nas estruturas de acordo com a periodicidade necessária.

O fluxograma de segurança da barragem (Fluxograma 2) indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados obtidos na instrumentação, inspeções e no relatório das inspeções.

O fluxograma de ações (Fluxograma 3) indica a sequência na tomada de decisões com base no nível de emergência.

Caso o fluxograma de ações entrar em **EMERGÊNCIA 1** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergência, Figura 44 e Item 9.

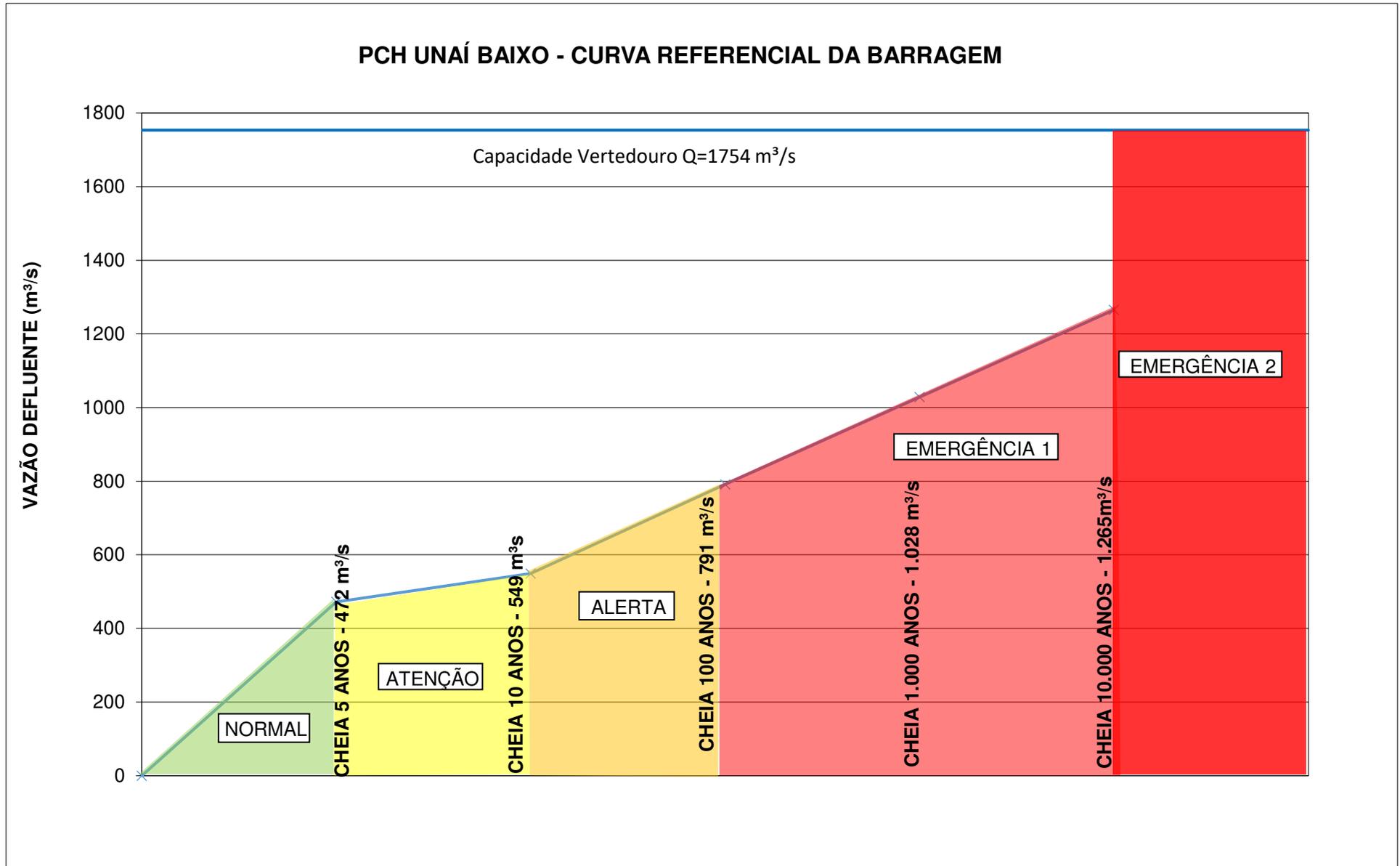


Figura 44 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

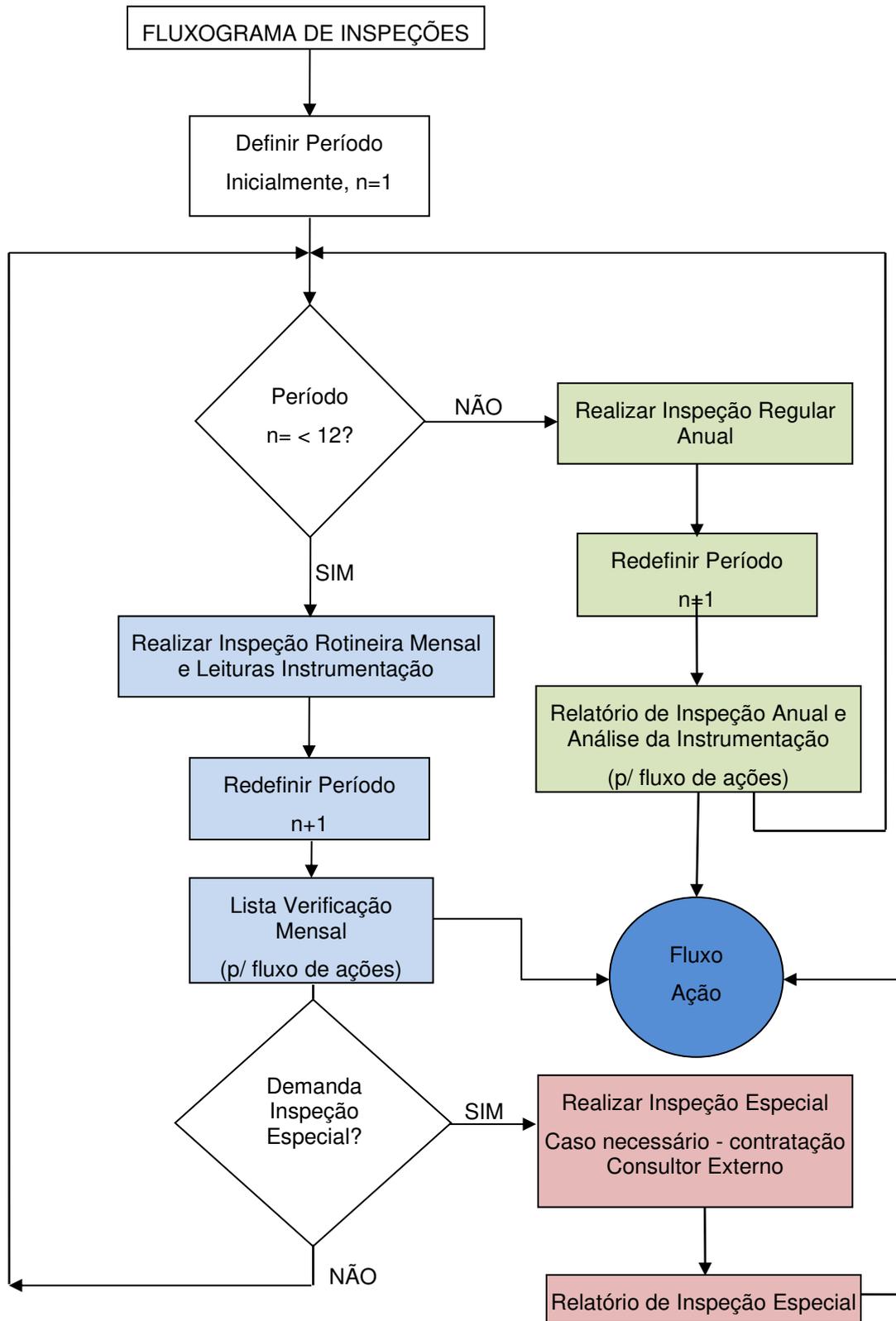
Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (VERDE) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) Vertimentos até 472 m³/s (TR até 5 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório.
Nível Atenção (AMARELO) a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS	a) cheia de 472 até 549 m³/s (TR entre 5 e 10 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com possibilidade de alagamento em localidades do município.
Nível Alerta (LARANJA) a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS b) Início Infiltração na Barragem com qualquer condição hidrológica ou problema de operação nas comportas em qualquer condição de cheia	a) cheia de 549 até 791 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento em localidades do município; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou recuperar o sistema de operação do vertedouro;
Nível Emergência 1 (VERMELHO CLARO) a) Localidades com alagamento municípios de jusante, abrir comportas do vertedouro de modo aumentar capacidade de descarga b) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando no NA Máx Max com vertedouro sem condições de operação	a) cheia de 791 até 1.265 m³/s (TR entre 100 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento em localidades do município; b) Infiltração sem controle com carreamento de material da barragem, abrir vertedouro de maneira a baixar o nível do reservatório ou na eminência do galgamento abrir trincheira na ombreira direita → retirar pessoas dos pontos localizados na ZAS e atingidos de jusante;
Nível Emergência 2 (VERMELHO ESCURO) b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS e atingidos de jusante.

a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

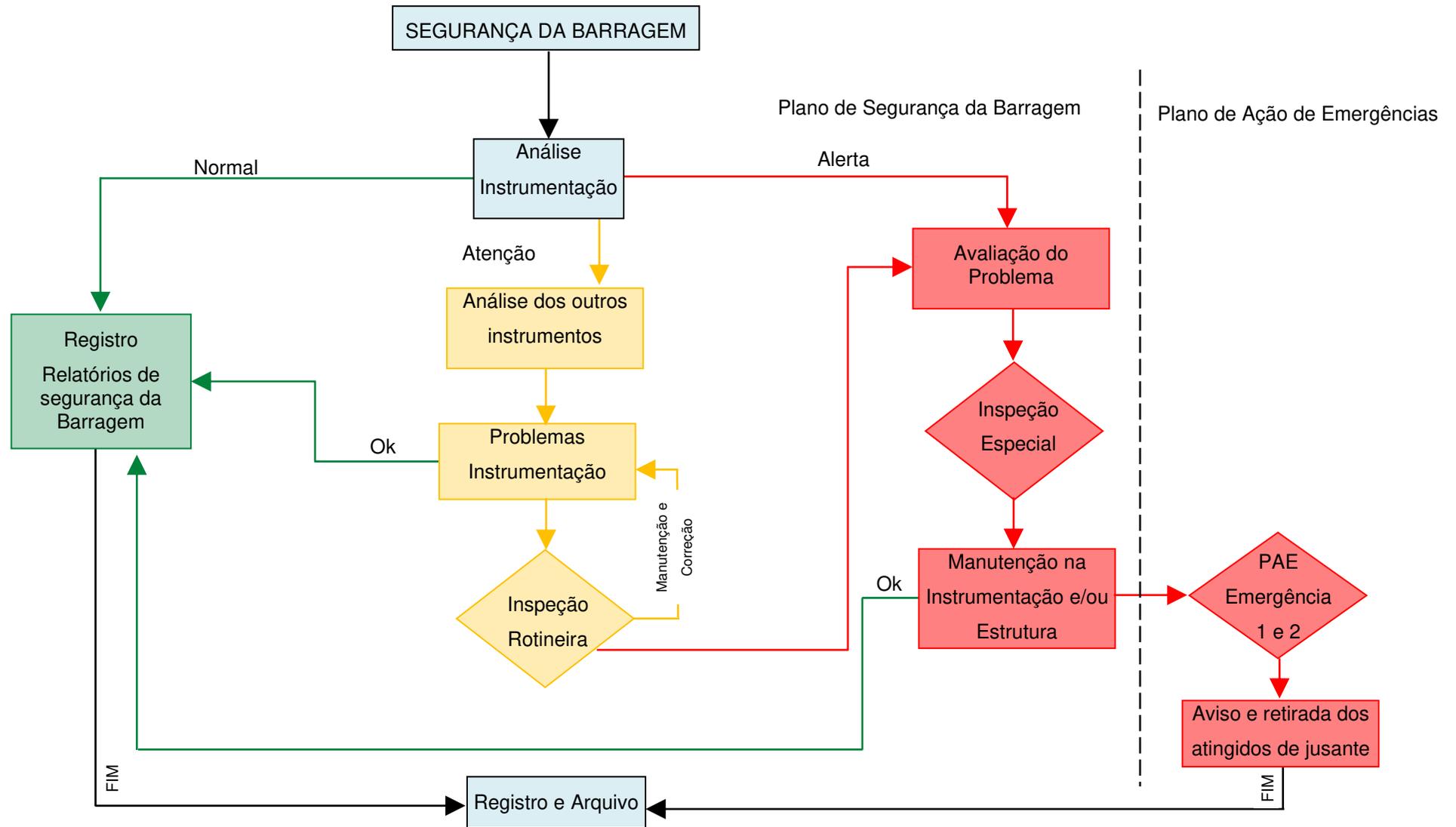
b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.

EMERGÊNCIA 2 – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica formação de brecha ou em eventos extremos. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

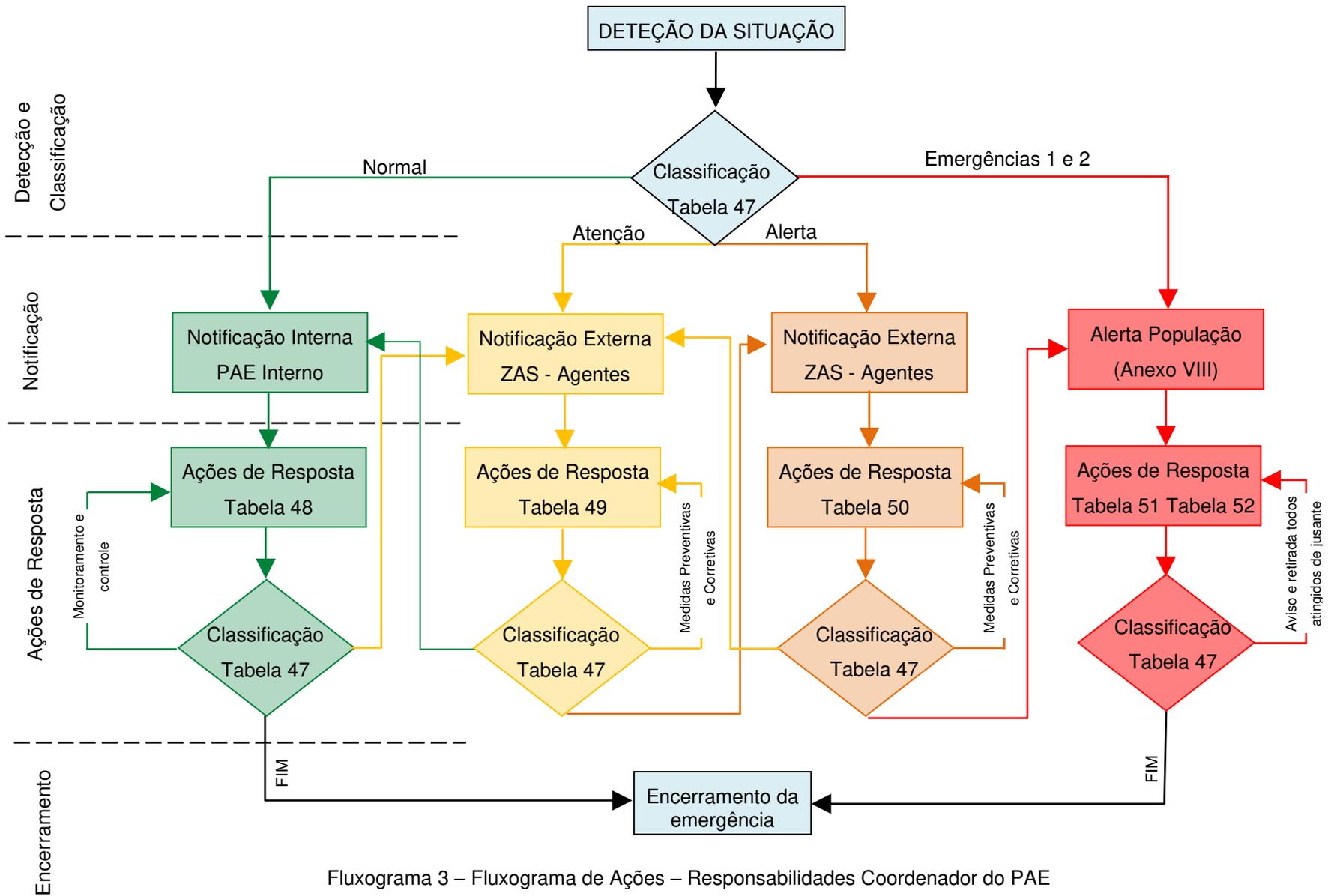
IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem. Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das comportas do vertedouro e das máquinas o que reduz substancialmente o impacto da onda de cheia em um eventual rompimento.



Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções – n = mês



Fluxograma 2 – Fluxograma de Segurança da Barragem - manutenção da instrumentação e estruturas

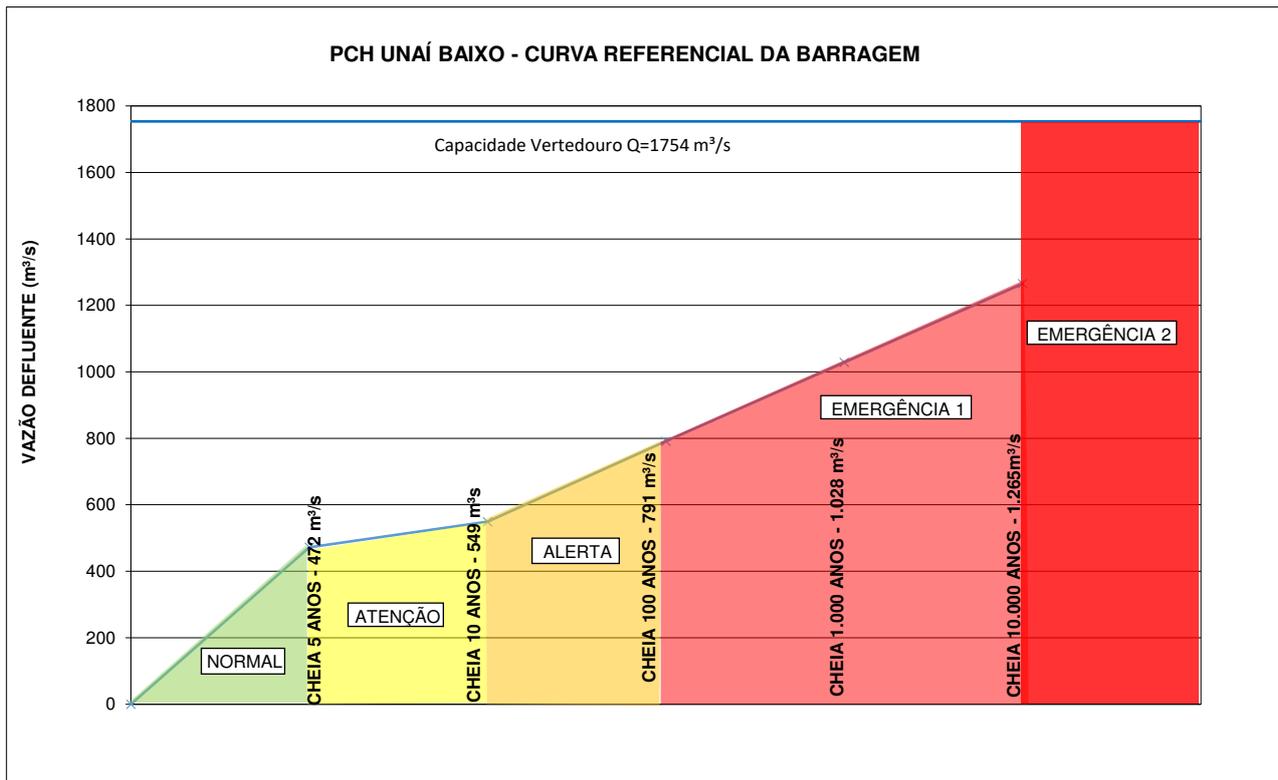


Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações – Responsabilidades Coordenador do PAE

7.3 Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem

O sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem é realizado pelos itens 7.1 - Condição Hidrológica e 7.2-Condição Estrutural já descritos acima e resumidos abaixo:

- Condição Hidrológica – será controlada no Barramento, deverá ser monitorado os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem. A Figura 44 apresenta as condições: Normal, Atenção, Alerta, Emergência 1 e 2.



- Condição Estrutural - A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento da instrumentação (leituras e análises), bem como inspeções rotineiras, regulares e especiais. Os itens 7.2.1 e 7.2.2 apresenta sistema de monitoramento da instrumentação e inspeções.

A tramitação das informações e análises da condição hidrológica e estrutural da Barragem está apresentado item 7.2.4.

8 RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS

As possíveis consequências danosas que ocorrerem durante ou após uma situação de emergência as pessoas, as propriedades e a infraestrutura a jusante, não serão de responsabilidade dos encarregados desta operação se seguirem corretamente as regras operativas aprovadas.

Em situações de emergência, o processo de decisões sobre a operação do reservatório assumirá configuração descentralizada, que incluirá autoridade para mobilização de recursos humanos, materiais e financeiros.

O poder público, nos três diferentes níveis tem a responsabilidade de desenvolver ações e atividades de defesa civil, em situação de normalidade e anormalidade, garantindo o direito de propriedade e a incolumidade a vida, conforme a Lei Federal nº 895 de 16 de agosto de 1993.

Na falta de regulamentos ou reguladores governamentais, principalmente municipais, o proprietário da barragem deverá prever o seu desenvolvimento institucional em conjunto com os órgãos de Defesa Civil, Bombeiros e Prefeituras de modo a aprimorar o Plano de Ação de Emergências (PAE).

8.1 Agente Interno – UNAI BAIXO ENERGÉTICA S.A.

O proprietário da Usina é a UNAI BAIXO ENERGÉTICA S.A., e controla a operação da Usina.

Será de responsabilidade da Operadora:

- Correção de qualquer deficiência constatada;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Usina e do reservatório;
- Inspeção e manutenção nas estruturas civis da Usina;
- Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos, disponibilidade de equipes preparadas bem como de equipamentos;
- Manutenção dos meios de comunicação prevendo sempre alternativas devido a possíveis falhas que são comuns em emergências;
- Manter observação sobre todas as estruturas da usina, principalmente nas mais distantes, contra possíveis ações predatórias de terceiros, incluindo animais;
- Providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de resposta;
- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;

- Alertar a população potencialmente afetada na ZAS;
- Notificar as autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- Emitir declaração de encerramento da emergência;
- Providenciar a elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência.

8.2 Agentes Externos

Os agentes externos diretos serão Defesa Civil do Estado de Minas Gerais, e do município de Unai, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e Civil do Estado de Minas Gerais. Nos municípios atingidos somente tem-se prefeituras e secretarias de saúde.

8.2.1 Sistema De Proteção E Defesa Civil

A Lei nº 12.608/2012¹ criou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), visando uma atuação conjunta entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios, com uma abordagem sistêmica de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação de áreas onde possa acontecer ou já tenha ocorrido desastres de grandes proporções na população brasileira.

Tal legislação dispôs sobre o SINPDEC (Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil), que é composto pela administração pública da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, bem como por entidades da sociedade civil responsáveis pelas ações de Defesa Civil no país.

O SINPDEC atua na prevenção de desastres, mitigação de riscos, preparação, resposta e recuperação por meio dos seguintes agentes em suas respectivas escalas de atuação:

- Federal: Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres (CENAD);
- Estadual: Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC) e Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (REPDEC) que comportam diversos órgãos estaduais como polícia militar e o Corpo de Bombeiros;
- Municipal: Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que comportam diversos órgãos da administração pública municipal, como secretarias de saúde, subprefeituras, serviços de água e esgoto.

Nesse contexto, conforme disposto pela ABRAGE (2017) e ABRAGE (2018), o PAE é um documento que deve ser compatibilizado pelo Ente Federado no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil Municipal.

Para a Zona de Autossalvamento, isso se deve por meio das seguintes ações²:

¹ Atualizada pela Lei Federal nº 14.066/2020.

² Nota Técnica nº 59/2013-SFG/ANEEL, ABRAGE, 2017, e ABRAGE, 2018.

- Estabelecimento, em conjunto com o empreendedor, de estratégias de comunicação e de orientação à população potencialmente afetada na ZAS;
- Participação de simulações de situações de emergência, em conjunto com o empreendedor, prefeituras e população potencialmente afetada na ZAS.

Fora da Zona de Autossalvamento (ZAS), denominada Zona de Segurança Secundária (ZSS), o alerta antecipado compete aos Serviços Municipais de Proteção Civil e Entes Federados, sendo estes responsáveis pelas ações de aviso, mobilização, treinamento e evacuação da população residente em áreas potencialmente afetadas, conforme Lei nº 12.608/2012, Lei nº 14.066/2020.e Decreto nº 8.572/2015.

Contudo, o § 6º do Art. 12º da Lei nº 14.066/2020, salienta que o empreendedor deverá estender os elementos de autoproteção existentes na ZAS aos locais habitados da ZSS nos quais os órgãos de proteção e defesa civil não possam atuar tempestivamente em caso de vazamento ou rompimento da barragem. Isso deve ser alinhado com as Defesa Civil e demais órgãos.

8.2.1.1 Defesa Civil

As atribuições de Defesa Civil (Estadual e Municipal) de acordo Lei 12.608/2012, artigos 5º, 7º e 8º são:

Art. 5º - São objetivos da PNPDEC (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil):

I - reduzir os riscos de desastres;

II - prestar socorro e assistência às populações atingidas por desastres; III - recuperar as áreas afetadas por desastres;

III - recuperar as áreas afetadas por desastres;

IV- incorporar a redução do risco de desastre e as ações de proteção e defesa civil entre os elementos da gestão territorial e do planejamento das políticas setoriais;

V- promover a continuidade das ações de proteção e defesa civil;

VI- estimular o desenvolvimento de cidades resilientes e os processos sustentáveis de urbanização;

VII- promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência;

VIII- monitorar os eventos meteorológicos, hidrológicos, geológicos, biológicos, nucleares, químicos e outros potencialmente causadores de desastres;

IX- produzir alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres naturais;

X- estimular o ordenamento da ocupação do solo urbano e rural, tendo em vista sua conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana;

XI- combater a ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco e promover a realocação da população residente nessas áreas;

XII- estimular iniciativas que resultem na destinação de moradia em local seguro;

XIII - desenvolver consciência nacional acerca dos riscos de desastre;

XIV- orientar as comunidades a adotar comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situação de desastre e promover a autoproteção; e

XV- integrar informações em sistema capaz de subsidiar os órgãos do SINPDEC na previsão e no controle dos efeitos negativos de eventos adversos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente.

Art. 7º - Compete aos Estados:

I - executar a PNPDEC em seu âmbito territorial;

II - coordenar as ações do SINPDEC em articulação com a União e os Municípios;

III - instituir o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil;

IV - identificar e mapear as áreas de risco e realizar estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os Municípios;

V - realizar o monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco, em articulação com a União e os Municípios;

VI - apoiar a União, quando solicitado, no reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública;

VII - declarar, quando for o caso, estado de calamidade pública ou situação de emergência; e

VIII - apoiar, sempre que necessário, os Municípios no levantamento das áreas de risco, na elaboração dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil e na divulgação de protocolos de prevenção e alerta e de ações emergenciais.

Art. 8º - Compete aos Municípios:

I - executar a PNPDEC em âmbito local;

II - coordenar as ações do SINPDEC no âmbito local, em articulação com a União e os Estados;

III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;

IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;

V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;

VI - declarar situação de emergência e estado de calamidade pública;

VII - vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;

VIII - organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;

IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;

X - mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre;

XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;

- XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;*
- XIII - proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres;*
- XIV - manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município;*
- XV - estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas; e*
- XVI - prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres.*

8.2.1.2 Corpo de Bombeiros

Decreto Federal n.º 7.163, de 29 de abril de 2010, que regulamenta o inciso I do art. 10-B da Lei nº 8.255, de 20 de novembro de 1991, que dispõe sobre a organização básica do CBMDF, estabelece:

Art. 2º Compete ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal:

- I - realizar serviços de prevenção e extinção de incêndios;*
- II - realizar serviços de busca e salvamento;*
- III - realizar perícias de incêndio relacionadas com sua competência;*
- IV - prestar socorro nos casos de sinistros, sempre que houver ameaça de destruição de haveres, vítimas ou pessoas em iminente perigo de vida;*
- V - realizar pesquisas técnico-científicas, com vistas à obtenção e ao desenvolvimento de produtos e processos voltados para a segurança contra incêndio e pânico;*
- VI - realizar atividades de segurança contra incêndio e pânico, com vistas à proteção das pessoas e dos bens públicos e privados;*
- VII - executar atividades de prevenção aos incêndios florestais;*
- VIII - executar atividades de defesa civil;*
- IX - executar as ações de segurança pública que lhe forem cometidas pelo Presidente da República, em caso de grave comprometimento da ordem pública e durante a vigência de estado de defesa, de estado de sítio e de intervenção no Distrito Federal;*
- X - executar ações de emergência médica em atendimento pré-hospitalar e socorros de urgência;*
- XI - desenvolver na comunidade a consciência para os problemas relacionados com incêndios, acidentes em geral e pânico;*
- XII - promover e participar de campanhas educativas direcionadas à comunidade em sua área de atuação; e*
- XIII - fiscalizar, na área de sua competência, o cumprimento da legislação referente à prevenção contra incêndio e pânico.*

8.3 Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos

8.3.1 1ª Etapa - Protocolo PAE aos Agentes Externos

Após o término do Plano de Ação de Emergência, deverá ser protocolado novo Plano de Ação de Emergências de modo agentes externos tomarem conhecimento. Importante entregar apresentação constante no Anexo IX.

Esta apresentação deverá verificar a detecção da emergência, a tomada de decisão, os meios de comunicação, o fluxo de informação, o tempo de mobilização e os equipamentos, infraestrutura e pessoal disponível. Esta apresentação está no Anexo IX.

8.3.2 2ª Etapa - Cadastro e mapeamento da população existente na ZAS

Está sendo contratado empresa para realização do cadastro da população existente dentro da Zona de Autossalvamento e este cadastro deverá conter pelo menos as informações abaixo.

		Cadastro População - Zona de Autossalvamento			Empresa													
					Data													
Usina		PCHUNB			PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH Unai Baixo		Equipe											
Códigos População																		
1	Orfança	Abaixo de 18 anos																
2	Adulto	de 18 a 60 anos																
3	Idoso	maior 60 anos																
4	Outros	Enfermos, cadeirantes, dificuldade locomoção ou necessidade especiais. Especificar obs o tipo.																
Item	Coordenadas Geográficas		Endereço	Tipo residencia			Moradores (Cidade)				Grau instrução proprietário				Acesso Internet/telefone			
	Latitude	Longitude		Avenaria	Madeira	Outros	1	2	3	4	Analfabeto	Educação infantil	Fundamental	Médio	Superior (Graduação)	Pós-graduação/Mestrado ou Doutorado	Telefone	Internet
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		

Este modelo de cadastro está apresentado no Anexo VIII – subitem 4.

8.3.3 Próximas Etapas – Articulação com agentes externos após cadastro ZAS

Será agendado reunião, logo após cadastro da ZAS, com agentes externos: prefeitura e corpo de bombeiros, para definição das próximas etapas:

- Meios de comunicação a ser adotado em casa de emergências;
- Plano de comunicação a ser elaborado em conjunto com agentes externos;
- Definição *in loco* com agentes externos das rotas de fuga e pontos de encontro na ZAS;
- Instalação das placas de rotas de fuga e pontos de encontros na ZAS, de acordo com modelo Anexo VIII – subitem 5;
- Definição com agentes externos dos meios a serem adotados de divulgação a população potencialmente atingida em caso de rompimento da Barragem.

9 PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS

Ações preventivas devem ser iniciadas de maneira apropriada, para prevenir a ruptura ou para limitar danos onde a ruptura for inevitável.

Neste item serão descritas as providências a serem tomadas nas diversas situações, para as quais os sistemas de comunicação deverão ser operados continuamente, 24h por dia, 7 dias por semana. Os operadores e demais responsáveis deverão poder ser encontrados em qualquer tempo. As demais entidades envolvidas também devem manter a capacidade de mobilização.

As condições de operação do reservatório serão monitoradas diretamente pela equipe da operação da Usina, continuamente, 24h por dia, 7 dias por semana.

As condições das estruturas do barramento e dos vertedouros também serão monitoradas através de inspeções: rotineiras e/ou remotas pela equipe da Usina, programadas pela equipe de inspeção e de emergências.

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição no trecho de jusante da Barragem, podendo ocorrer um erro nas elevações de até 1,00 m. Como sistema de prevenção aos moradores de jusante da barragem os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 10 anos para evacuação da área em casa de enchentes e com risco de rompimento da Barragem.

Conforme a Figura 44 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura e a

Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura, do item 7 as situações serão classificadas como:

9.1.1 Situação Normal (VERDE)

Tabela 48 – Ações de resposta (Normal)

VERTIMENTOS até 472 m ³ /s (TR 5 ANOS)		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Realizar inspeção regular/rotineira no barramento e vertedouro buscando observar alguma anomalia na estrutura.	Operação
3	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE

9.1.2 Situação Atenção (AMARELO)

Tabela 49 – Ações de resposta (Atenção)

VERTIMENTOS de 472 até 549 m ³ /s – TR até 10 ANOS		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Avaliar Instrumentação da Barragem, valores de referência para condição do instrumento.	Resp. Seg. Barragem e/ou consultor externo
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica.	Coordenador PAE
5	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE

9.1.3 Situação de Alerta (LARANJA)

Tabela 50 – Ações de resposta (Alerta)

VERTIMENTOS de 549 até 791m ³ /s – TR entre 10 e 100 anos		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Avaliar Instrumentação da Barragem, valores de referência para condição do instrumento.	Resp. Seg. Barragem e/ou consultor externo
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Cheia - Aviso aos agentes externos (defesa civil, corpo bombeiros e prefeituras) da condição de enchente com alagamento na ZAS para que mesmo possam retirar a população das áreas de alague, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas (Mapas de Inundação TR 10.000 anos).	Coordenador PAE
5	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE
6	Após a condição de enchente (>100 anos) deverá ser realizada uma inspeção rotineira completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.	Resp. Seg. Barragem e equipe de segurança da Barragem

9.1.4 Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO)

Tabela 51 – Ações de resposta (Emergência 1)

VERTIMENTOS de 791 até 1265 m³/s – > TR entre 100 e 10.000 anos		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Avaliar Instrumentação da Barragem, valores de referência para condição do instrumento.	Resp. Seg. Barragem e/ou consultor externo
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação	Coordenador PAE
5	Cheia - Aviso aos agentes externos (defesa civil, corpo bombeiros e prefeituras) da condição de enchente com alagamento na ZAS para que mesmo possam retirar a população das áreas de alague, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas (Mapas de Inundação TR 10.000 anos).	Coordenador PAE
6	Abrir comportas de fundo aumentar capacidade de descarga e modo baixar nível do reservatório	Operação
7	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE
8	Após a condição de enchente (TR entre 100 e 10.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção especial no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.	Resp. Seg. Barragem/ equipe de segurança da Barragem e/ou consultor externo

9.1.5 Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO)

Tabela 52 – Ações de resposta (Emergência 2)

RUPTURA PRESTES A OCORRER, OCORRENDO OU ACABOU DE OCORRER COM QUALQUER CONDIÇÃO HIDROLÓGICA		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação	Coordenador PAE
2	Nesta situação a operadora deverá comunicar a defesa civil para a retirada da população atingida de jusante. Os Mapas de Inundação com Dam Break para os diversos tempos de recorrência devem servir de orientação para a retirada da população. Sempre com a maior antecedência possível. Utilizar mapas de rompimento com efeito de cascata	Coordenador PAE

NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 2 DEVERÃO SER AVISADOS E RETIRADOS TODOS OS ATINGIDOS DE JUSANTE BUSCANDO A SEGURANÇA DOS ATINGIDOS. A RETIRADA SE

DARÁ PELOS AGENTES EXTERNOS (DEFESA CIVIL, CORPO DE BOMBEIROS, POLÍCIA MILITAR, ETC).

10 PLANO DE EVACUAÇÃO

O estudo das áreas de risco de desastre permitiu a elaboração dos mapas temáticos, relacionados com a ameaça, vulnerabilidade e o risco de inundação, os quais servem de embasamento para a definição dos métodos a serem adotados para prevenir, preparar ou responder quando da ocorrência de grandes cheias ou rompimento da barragem.

Os estudos indicaram que os níveis de água resultante do rompimento da Barragem da PCH Unaí Baixo são muito maiores que os níveis de enchente sem rompimento, isso devido ao alto volume do reservatório (134,45 hm³). Como orientação ao sistema de prevenção, os moradores de jusante da barragem devem ser avisados a partir de enchentes de TR 10 anos e qualquer indício de possibilidade de rompimento da barragem para evacuação da área Acessos.

Nos mapas de inundação, estão indicados os acessos/ estradas, bem como propriedades/construções atingidos com as condições de cheias ou rompimento para os tempos de recorrência estudados.

O principal do plano de evacuação é o “mapa de inundação”, no qual estão definidos os limites de proteção e segurança para os quais não se espera que o nível d’água seja ultrapassado, além de indicar os locais de concentração, rotas de fuga e os seja ultrapassado e os tempos disponíveis para atuação antes da chegada da onda de cheia.

No Plano de Evacuação também está definido a Zona de Autossalvamento (ZAS), ou seja, a região a jusante da barragem em que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. Esta zona de Autossalvamento ficou definida como cerca de 10 km a partir da Barragem PCH Unaí Baixo.

Este plano de evacuação deverá ser de conhecimento e auxílio aos agentes de Defesa Civil de modo a ter único documento, as informações necessárias para determinar as prioridades de evacuação, os pontos de envio de transporte, as medidas de controle de tráfego e vias a serem bloqueadas, estratégias de resgate e medidas de segurança nas áreas de inundação.

10.1 Estradas Atingidas

Nos mapas de inundação estão indicados os acessos atingidos com as condições de cheias ou rompimento para os tempos de recorrência estudados.

- Estradas Vicinais: Foram atingidas estradas vicinais em ambas as margens do rio, paralelos ao mesmo em diversos pontos para todos os tempos de recorrência.
- Rodovia Estadual: MG-188 junto com ponte da cidade de Unaí a 47,40 km da Barragem.

10.2 Propriedades Atingidas

As propriedades atingidas foram quantificadas de acordo com a Tabela 53 e com auxílio das imagens do Google Earth. É importante ressaltar que algumas propriedades também são atingidas na condição de enchentes a partir TR 10 anos, sem considerar o rompimento da barragem da PCH Unaí Baixo.

Já a Tabela 46 apresenta detalhes dos níveis atingidos, tempos de onda, velocidade máxima atingida e vão máxima alcançada por seção de interesse em condições de enchente e em caso de rompimento da Barragem da PCH Unaí Baixo. Como estão muito próximas da barragem, o tempo de chegada e de pico da onda nessas seções é bastante curto, sendo então necessária a evacuação desses locais o mais breve possível na ocorrência da **EMERGÊNCIA 2** com risco de rompimento da barragem.

Foram estimadas as propriedades atingidas sendo descritas conforme Tabela 53 a seguir.

Tabela 53 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 10.000 anos

BARRAGEM UNAÍ BAIXO			
Infraestrutura e Edificações - DB 10.000			
Zona	Município	Margem Rio	Quantidade Propriedades Atingidas
Autossalvamento	Unaí	Direita/Esquerda	6
Total ZAS			6
Segurança Secundária	Unaí	Direita/Esquerda	3147
Total ZSS			3147
Total ZAS e ZSS			3153

Todas as seções indicadas se referem a pontos estratégicos de infraestrutura a jusante do barramento da PCH Unaí Baixo e estão indicadas nos mapas de inundação. Nessas localidades podemos ter alagamentos devidos às cheias estudadas e/ou rompimento da barragem. Os Quadros a seguir indicam o resultado da simulação dos estudos para as seções de interesse onde ocorre inundação com propriedades atingidas.

Os mapas de inundação para Qturbinada e o tempos de recorrência de 10.000 anos estão apresentados no Anexo V – Mapas de Inundação, divididos nos seguintes desenhos:

- UNB-C-MPI-001-00-22 – Mapa de Inundação – QTURB – Natural e Rompimento – Folhas 01 a 07;
- UNB-C-MPI-002-00-22 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos Galgamento – Natural e Rompimento – Folhas 01 a 07.

10.3 Zona de Autossalvamento – ZAS

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é determinada como aquela região a jusante da barragem em que não há tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente (ANA, 2016). Neste sentido, considera-se que a ZAS é delimitada utilizando-se uma distância de 10 km a jusante da barragem ou a distância que corresponde a um tempo de chegada de onda de inundação igual a trinta minutos, sendo considerado sempre o ponto menor entre os dois critérios.

Essa área é chamada de Zona de Autossalvamento (ZAS), pois em caso de rompimento não há tempo hábil para a chegada de socorro sendo que a população atingida deve sair da área de risco por conta própria mediante aviso de emergência.

No estudo de rompimento da barragem da PCH Unai Baixo o local do limite da ZAS se encontra a 10,94 km de distância da barragem, sendo nesse caso adotado o critério de maior distância (30 min) para a pior condição de estudo que é o rompimento da capacidade extrema do Vertedouro com a cheia de 10.000 anos.

Dentro da ZAS existem (01) Casa de Força e (06) regiões (seções com casas e construções) no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia no caso de uma ruptura da barragem. O Tabela 54 apresenta a localização e principais características das seções dentro da ZAS.

Tabela 54 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem

BARRAGEM Unai Baixo					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota DB (m) - TR 10.000 anos
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	16°11'17.49"S	47° 1'36.15"O	0,20	588,20
163	Propriedades	16°11'22.98"S	47° 1'43.03"O	0,55	587,70
155	Propriedades	16°11'26.78"S	47° 1'38.07"O	2,84	583,14
146	Propriedades	16°12'17.75"S	47° 1'15.40"O	6,04	575,08
141	Propriedades	16°12'29.55"S	47° 0'46.55"O	7,64	574,28
130	Limite ZAS	16°13'31.77"S	47° 0'23.70"O	10,94	573,17

Próximas às propriedades atingidas, foram sugeridas e identificadas rotas de fuga e pontos de encontro, que deverão ser confirmadas por autoridades competentes *in loco* (Empreendedor e Defesa Civil). As rotas de fuga foram sugeridas até onde não há o risco de inundação e deverão ser definidas como ponto de encontro da população residente na zona de autossalvamento.

A população dessas áreas deve ser orientada a se locomover e a identificar as rotas de fuga em caso de situações de emergência com risco de rompimento da barragem, sendo que esse deslocamento deve ser considerado como realizado por meios próprios e de maneira mais rápida possível mediante o aviso a ser implantado identificando a emergência.

As edificações atingidas e as áreas de fuga estão identificadas nos Mapas Zona de Autossalvamento:

- UNB-C-ZAS-001-00-22 – Zona de Autossalvamento – Rompimento – TR 10.000 Anos Galgamento – Folha 01.

Os mapas da ZAS estão apresentados no Anexo VI – Zona de Autossalvamento.

10.4 Risco Hidrodinâmico

O risco hidrodinâmico foi obtido diretamente do processamento da mancha de inundação provocada pelo rompimento da barragem para a ocorrência de uma TR 10.000 anos, sendo obtido pela relação Profundidade x Velocidade da onda de inundação de acordo com as cotas do terreno, e seguirá a legenda da Tabela 5 apresentado no Item 5.1.9 para elaboração do mapa de Risco Hidrodinâmico.

No Mapa do Risco hidrodinâmico do Anexo VII – Risco Hidrodinâmico, apresenta detalhes das consequências, onde foi possível avaliar pontos atingidos para a TR 10.000 anos com galgamento da Barragem.

O Quadro 41 a seguir apresenta detalhes dos pontos atingidos e risco hidrodinâmico.

Tabela 55 – Risco Hidrodinâmico para TR 10.000 anos

Seções de Interesse		Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento										
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Risco Hidrodinâmico	
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração					
												Dia	Hora
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento													
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20	2,84	23179,31	0,5 -1	
163	Propriedades	0,55	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05	3,52	22382,53	>7	
155	Propriedades	2,84	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15	8,85	22300,73	>7	
146	Propriedades	6,04	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45	2,49	19075,03	>7	
141	Propriedades	7,64	566,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55	2,01	17996,84	3-7	
130	Limite ZAS	10,94	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88		
110	Propriedades	18,14	563,36	569,68	6,32	01:00	03:35	0	18:53	2,00	13607,92	3-7	
96	Propriedades	22,34	562,42	568,41	5,99	01:30	04:00	0	21:40	1,58	12308,91	3-7	
89	Propriedades	24,74	562,12	567,68	5,56	01:40	04:15	0	22:34	1,83	11674,38	3-7	
84	Propriedades	26,84	561,41	566,95	5,54	01:50	04:45	1	01:10	1,85	10459,78	>7	
82	Propriedades	27,25	561,31	566,74	5,43	01:50	04:50	1	01:33	2,24	10248,78	>7	
73	Propriedades	31,33	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15	1,47	9115,74	>7	
65	Propriedades	33,73	560,08	565,43	5,35	02:20	05:40	1	06:10	1,07	8526,23	0,5 -1	
60	Propriedades	35,51	559,93	565,13	5,20	02:25	05:45	1	06:25	1,58	8404,76	>7	
50	Propriedades	39,36	559,21	563,95	4,74	02:35	06:20	1	08:05	1,32	7747,56	>7	
44	Propriedades	41,24	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56	1,59	7177,69	>7	
34	Propriedades	45,13	558,03	562,61	4,58	02:50	07:25	1	10:28	1,39	6519,41	>7	
29	Início Cidade Unai	46,64	557,95	562,55	4,60	03:20	07:30	1	10:05	0,87	6518,87	>7	
25	Ponte	47,40	557,35	562,16	4,81	03:25	07:35	1	10:20	2,17	6479,12	0,5 -1	
4	Fim Cidade Unai	53,88	552,62	556,01	3,39	04:05	07:55	1	11:55	3,15	6405,29	>7	
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	550,12	552,55	2,43	04:10	07:55	1	11:55	5,43	6404,62		

10.5 Resumo Plano de Evacuação

Este resumo será definido o plano de evacuação que será utilizado pelos aos agentes externos, como Defesa Civil de modo a ter único documento, as informações necessárias para determinar as prioridades de evacuação, os pontos de envio de transporte, as medidas de controle de tráfego e vias a serem bloqueadas, estratégias de resgate e medidas de segurança nas áreas de inundação.

Abaixo será apresentado uma tabela resumo dos pontos atingidos, indicando zona de autossalvamento (ZAS) e zona de segurança secundária (ZSS). Nesta tabela estará apresentado pontos atingidos (estradas, rodovias, propriedades, etc) com informações necessárias como:

- **ZAS – Zona de Autossalvamento:** Responsabilidade de alerta do empreendedor;
- **ZSS – Zona de Segurança Secundária:** Responsabilidade de alerta dos agentes externos;
- **Seção de Interesse:** Seção atingida bem como distância da Barragem;
- **Níveis de água:** Normal (nível atingido somente com enchente), Rompimento (nível atingido – rompimento + enchente), altura da onda de inundação;
- **Início da Onda:** tempo do início da inundação após rompimento da Barragem;
- **Pico da Onda:** tempo do nível máximo da onda de inundação atingido após o rompimento da barragem;
- **Duração:** tempo necessário para rio voltar a condição normal, ou seja, dissipação da onda de rompimento;
- **Velocidade Máxima:** necessário para estimativa do risco hidrodinâmico;
- **Vazão máxima:** necessário para comportamento hidrodinâmico;
- **Risco Hidrodinâmico:** relação altura onda x velocidade máxima;

Tabela 56 – Resumo do Plano de Evacuação

Seções de Interesse			Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									Risco Hidrodinâmico
				Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)		
				Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento													
ZAS	165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20	2,84	23179,31	0,5 - 1
	163	Propriedades	0,55	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05	3,52	22382,53	>7
	155	Propriedades	2,84	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15	8,85	22300,73	>7
	146	Propriedades	6,04	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45	2,49	19075,03	>7
	141	Propriedades	7,64	566,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55	2,01	17996,84	3-7
	130	Limite ZAS	10,94	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88	
ZSS	110	Propriedades	18,14	563,36	569,68	6,32	01:00	03:35	0	18:53	2,00	13607,92	3-7
	96	Propriedades	22,34	562,42	568,41	5,99	01:30	04:00	0	21:40	1,58	12308,91	3-7
	89	Propriedades	24,74	562,12	567,68	5,56	01:40	04:15	0	22:34	1,83	11674,38	3-7
	84	Propriedades	26,84	561,41	566,95	5,54	01:50	04:45	1	01:10	1,85	10459,78	>7
	82	Propriedades	27,25	561,31	566,74	5,43	01:50	04:50	1	01:33	2,24	10248,78	>7
	73	Propriedades	31,33	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15	1,47	9115,74	>7
	65	Propriedades	33,73	560,08	565,43	5,35	02:20	05:40	1	06:10	1,07	8526,23	0,5 - 1
	60	Propriedades	35,51	559,93	565,13	5,20	02:25	05:45	1	06:25	1,58	8404,76	>7
	50	Propriedades	39,36	559,21	563,95	4,74	02:35	06:20	1	08:05	1,32	7747,56	>7
	44	Propriedades	41,24	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56	1,59	7177,69	>7
	34	Propriedades	45,13	558,03	562,61	4,58	02:50	07:25	1	10:28	1,39	6519,41	>7
	29	Início Cidade Unai	46,64	557,95	562,55	4,60	03:20	07:30	1	10:05	0,87	6518,87	>7
	25	Ponte	47,40	557,35	562,16	4,81	03:25	07:35	1	10:20	2,17	6479,12	0,5 - 1
	4	Fim Cidade Unai	53,88	552,62	556,01	3,39	04:05	07:55	1	11:55	3,15	6405,29	>7
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	550,12	552,55	2,43	04:10	07:55	1	11:55	5,43	6404,62		

Tabela 57 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m²/s)	Consequências
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 - 1	Adultos são arrastados
1-3	Danos de submersão em edifícios e estruturas em casas fracas
3-7	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7	Colapso de certos edifícios

11 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

11.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a Defesa Civil do Estado de Minas Gerais, bem como com a Defesa Civil municipais de Unaí e Uberlândia, Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, e Prefeitura do município de Unaí (atingido).

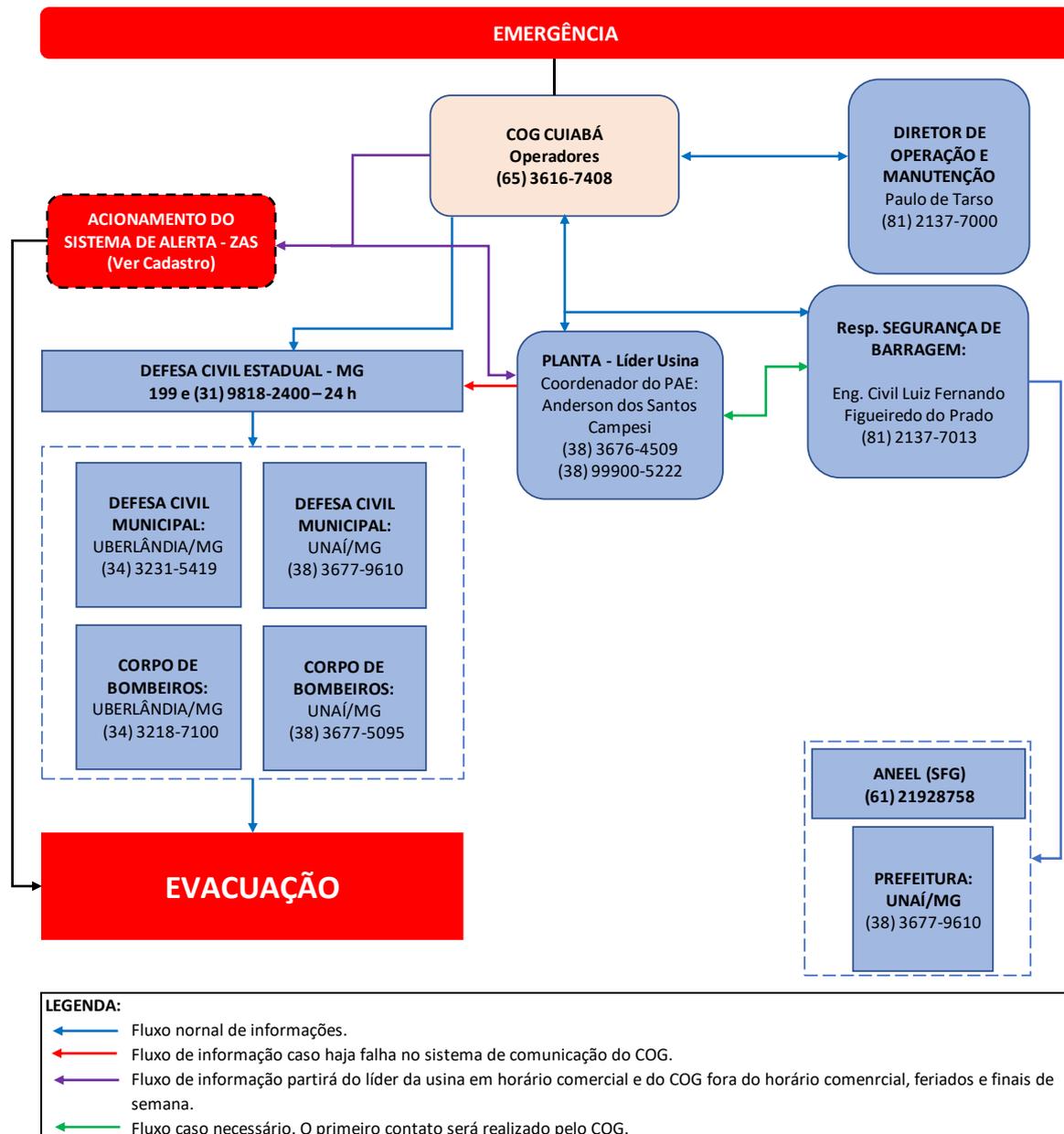
Será elaborado o Plano de comunicação com comunidade de jusante em caso de emergência, principalmente na Zona de Autossalvamento em conjunto com órgãos externos. Este sistema será definido em conjunto com Prefeitura/Corpo de Bombeiros após o cadastro da população na ZAS e irá prever meios de comunicação tipo:

- sistema alerta principal por SMS para os telefones cadastrados na ZAS;
- sistema secundário com carro de som no trecho ZAS;
- sistema terciário a partir de anúncio em rádio FM da região.

A definição do plano de comunicação será integrada com Agentes externos (Defesa Civil, Bombeiros e Prefeituras).

11.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 4 que mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, Gerência Operação e UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S.A., e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil do estado de Minas Gerais, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, e Prefeitura do município de Unaí (atingido).



Fluxograma 4 – Acionamento emergências

Este fluxograma está apresentado no Anexo VIII e deverá ficar na Usina em local de fácil visualização em caso de emergência com o contato dos atingidos para evacuação da área em casos extremos.

Este fluxograma deverá ser acionado nas seguintes hipóteses:

- Cheias ocorridas a partir do **tempo de recorrência de 10 anos**, ou seja, **vazão afluente maior que 549 m³/s**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os proprietários atingidos deverão ser avisados para evacuação da área de inundação em condições naturais;
- Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.

Como o risco de galgamento da barragem da PCH Unai Baixo em condições normais de operação é baixo, quase nulo, a segurança da estrutura depende da qualidade do

monitoramento e da agilidade na recuperação de eventuais danos estruturais. Somente poderá ocorrer galgamento da barragem por falha no sistema do vertedouro de comportas.

O rebaixamento do reservatório é uma condição possível de ser realizada (em condições hidrológicamente favoráveis) até o limite imposto pelas comportas do Vertedouro e da Tomada de Água. Esse procedimento reduz de maneira substancial os danos a jusante decorrentes do rompimento da barragem devido a redução do volume do reservatório.

É um procedimento que pode ser realizado com segurança permitindo também a redução dos esforços sobre o barramento facilitando trabalhos de recuperação da estrutura.

12 FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

As declarações estão apresentadas no Anexo X.

13 RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO

A implementação eficaz de um PAE exige que os documentos base sejam controlados, com a distribuição de cópias restringidas a todas as entidades com responsabilidades instituídas, garantindo o conhecimento e a utilização de planos sempre atualizados. Assim, deve estar identificada a relação das entidades que receberam cópia (Tabela 58).

Deverá ser mantido uma cópia física atualizada do PAE na sala de controle da Usina.

Tabela 58 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Entidade Fiscalizadora (ANEEL)	1
Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado - MG	1
Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – MG	1
Defesa Civil Municipal – Uberlândia e Unai - MG	1
Corpo de Bombeiros – Uberlândia e Unai - MG	1
Prefeituras envolvidas – Unai - MG	1

Tabela 59 – Controle das Entidades que receberam uma cópia do PAE

1	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
2	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
3	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
4	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
5	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____

14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se realizar o cadastramento socioeconômico da população atingida na área da macha de inundação em caso de rompimento da barragem (utilizar mapas TR 10.000 anos com glagamento – pior condição).

Está prevista que a necessidade de revisão e adaptação deste plano se fará necessária quando:

- Houver alteração na estrutura do operador, incorporação ou revisão do Plano de Segurança da Barragem (mudanças características da Barragem), e por força de legislação;
- Atualização dos nomes dos responsáveis da Usina e das equipes de operação, manutenção, monitoramento e de inspeção;
- Atualização dos responsáveis, principalmente nos órgãos Estaduais.

Devido as características das estruturas e região do entorno a barragem da PCH Unaí Baixo foi classificada como **Classe B**, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Alto. Barragem Classe B necessita realizar a Revisão Periódica de Segurança (RPS) a cada 7 anos onde o produto a ser elaborado consta de um relatório onde estarão listadas as considerações sobre o exame de toda a documentação existente, a avaliação dos critérios de projeto, a análise da instrumentação, a identificação de anomalias e as condições de manutenção, e quais as Recomendações e Conclusões sobre a segurança da Barragem, devendo ser reavaliadas as condições de segurança das estruturas do barramento sendo então realizada novamente a classificação da barragem nos critérios da lei de segurança vigente na época do RPS.

Neste ano de 2022 foi a primeira revisão periódica de segurança com revisão estudos hidrológicos, hidráulicos, estruturais, geotécnicos e com isso revisão de todo Plano de Segurança da Barragem e Plano de Ação de Emergências.

Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR 100 anos ($Q=> 791 \text{ m}^3/\text{s}$) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil, em particular a calha do vertedouro no trecho em rocha sã. Essa inspeção pode ser realizada pela equipe de segurança de barragem do empreendedor.

Recomenda-se após condição de cheia igual ou maior que TR 1.000 anos ($Q=> 1028 \text{ m}^3/\text{s}$) seja realizada uma inspeção de Segurança Especial na estrutura do barramento e região do entorno. Essa inspeção deve ser realizada por equipe de consultores especialistas.

15 EQUIPE TÉCNICA

Nome	Formação	Função
Henrique Yabrudi Vieira	Engenharia Civil	Hidráulica – Segurança de Barragens
Patrícia Becker	Engenharia Civil	Estruturas – Segurança de Barragem
Ronaldo Corrêa	Engenharia Civil	Geotecnia – Segurança de Barragem

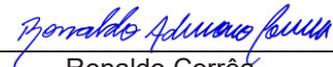
As Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) dos profissionais envolvidos nos trabalhos estão apresentadas no Anexo X.



Henrique Yabrudi Vieira
Eng. Civil Hidráulica



Patrícia Becker
Eng. Civil Estruturas



Ronaldo Corrêa
Eng. Civil Geotecnia e Geologia

16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. B. de. **A gestão do risco em sistemas hídricos: conceitos e metodologias aplicadas a vales com barragens**. 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, APR. Cabo Verde, 2003.

ALMEIDA. Antônio Betâmio de. **Emergências e Gestão do Risco**: Risco a Jusante de Barragens. Lisboa.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1995.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Versão final 02 para editoração – abril de 2016.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - Manual do empreendedor da Ana relativo a revisão periódica, plano de segurança de barragens, plano de ação de emergência e inspeções de segurança de barragens (<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/ManualEmpreendedor>).

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Resolução Normativa Nº 696, de 15 de Dezembro de 2015 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BARBOSA, N. P.; MENDONÇA, A. V.; SANTOS, C. A. G.; LIRA, B. B. **Barragem de Camará**. Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia. Ministério Público Federal. Procuradoria da República no Estado da Paraíba. PB, 2004. Disponível em: <www.prpb.mpf.gov.br/>. Acesso em 23/09/2008.

CETESB. **Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos**. Norma P4.261, Maio/2003.

COLLISCHONN, V. **Análise do rompimento da barragem de Ernestina**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: UFRGS, 1997.

CRUZ, P.T. **100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projetos.** Oficina de Textos, São Paulo, 2004.

DUARTE, Moacir. Riscos Industriais: **Etapas para a investigação e a prevenção de acidentes.** Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

FEEMA. **Manual do Curso de Análise de Riscos Ambientais.** Agosto de 1998.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, Comitê Brasileiro De Grandes Barragens, Núcleo Regional De São Paulo.

LEI Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010, **Política Nacional de Segurança de Barragens,** Presidência da República, alterada pela Lei 14.066/2020.

MENESCAL, R. A.; VIEIRA, V. P. P. B.; FONTENELLE, A. S.; OLIVEIRA, S. K. F. 2001. **Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem.** XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R. A.; MIRANDA, A. N.; PITOMBEIRA, E. S.; PERINI, D. S. **As Barragens e as Enchentes.** Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004 Florianópolis - SC.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil** / [Organizador, Rogério de Abreu Menescal]. Brasília: Proágua, 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens.** Brasília, 2002.

SILVA, M. M. A.; LACERDA, M. J.; SILVA, P. K.; SILVA, M. M. P. **Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande, PB.** Revista de Biologia e Ciências da Terra. Volume 6 – Número 1. 2006.

SILVEIRA, J.F.A. **Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento.** Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

17 ANEXOS

Anexo I – Dados (somente digital)

Anexo II – Área Resguardada e Acessos

Anexo III – Curva de Referência

Anexo IV – Seções Restituição

Anexo V – Mapas de Inundação

Anexo VI – Zona de Auto salvamento

Anexo VII – Risco Hidrodinâmico

Anexo VIII – Fluxograma de Acionamento

Anexo IX – Apresentação PAE

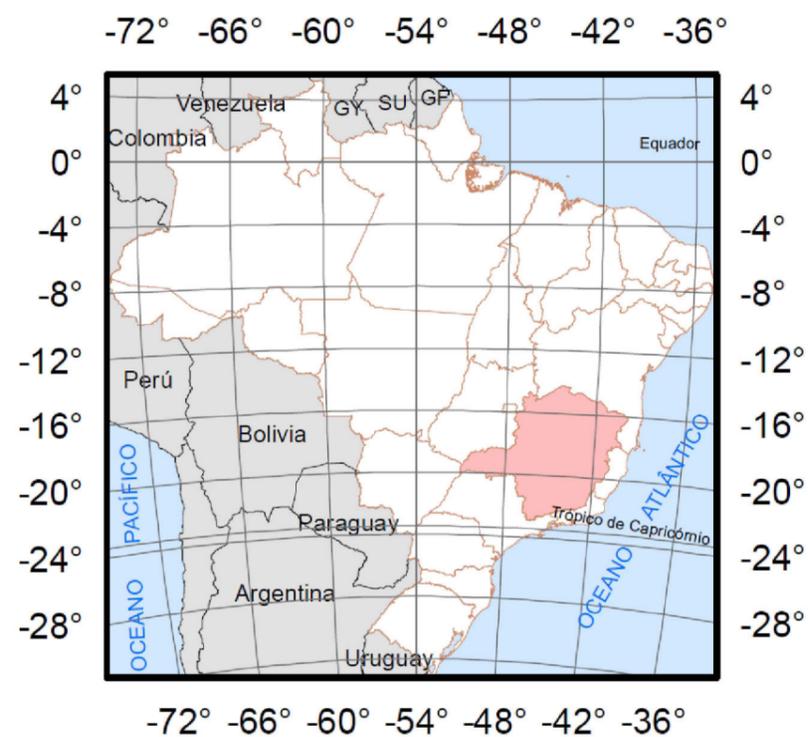
Anexo X – Formulários

Anexo XI – ART

ANEXO I – DADOS (SOMENTE DIGITAL)

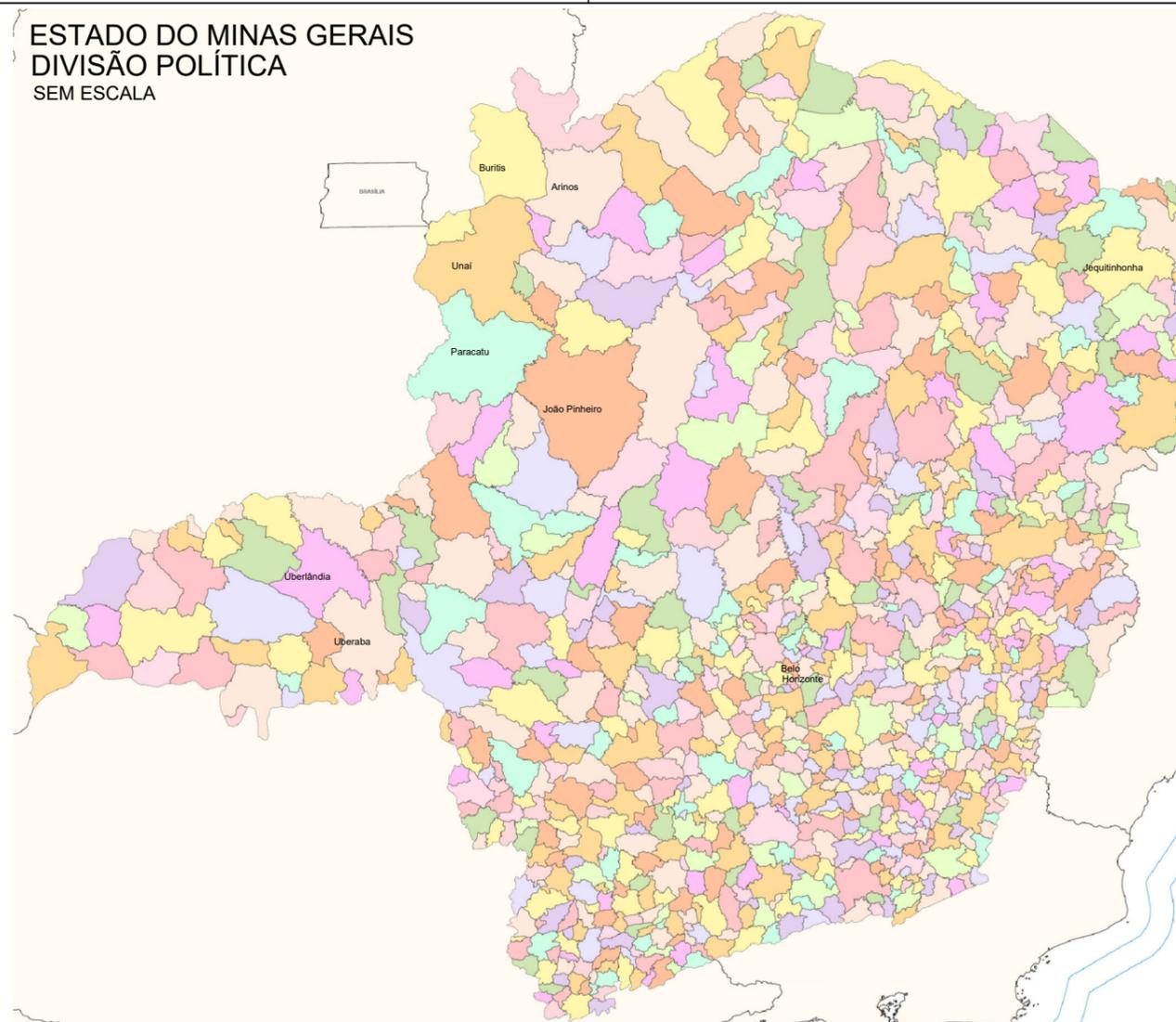
ANEXO II – ÁREA RESGUARDADA E ACESSOS

LOCALIZAÇÃO DO ESTADO



LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO MINAS GERAIS SEM ESCALA

ESTADO DO MINAS GERAIS DIVISÃO POLÍTICA SEM ESCALA



PLANTA CHAVE

LEGENDA

- Ponte
- Ferrovia
- Rodovia pavimentada
- Rodovia sem pavimentação
- Outras estradas
- Hidrovia
- Curso d'água permanente
- Curso d'água temporário
- Rio de margem dupla

DISTÂNCIAS

Brasília - Unai	166 km
Belos Horizonte - Unai	601 km
PCH Unai Baixo - Unai	28 km

ACESSOS E LOCALIZAÇÃO SEM ESCALA



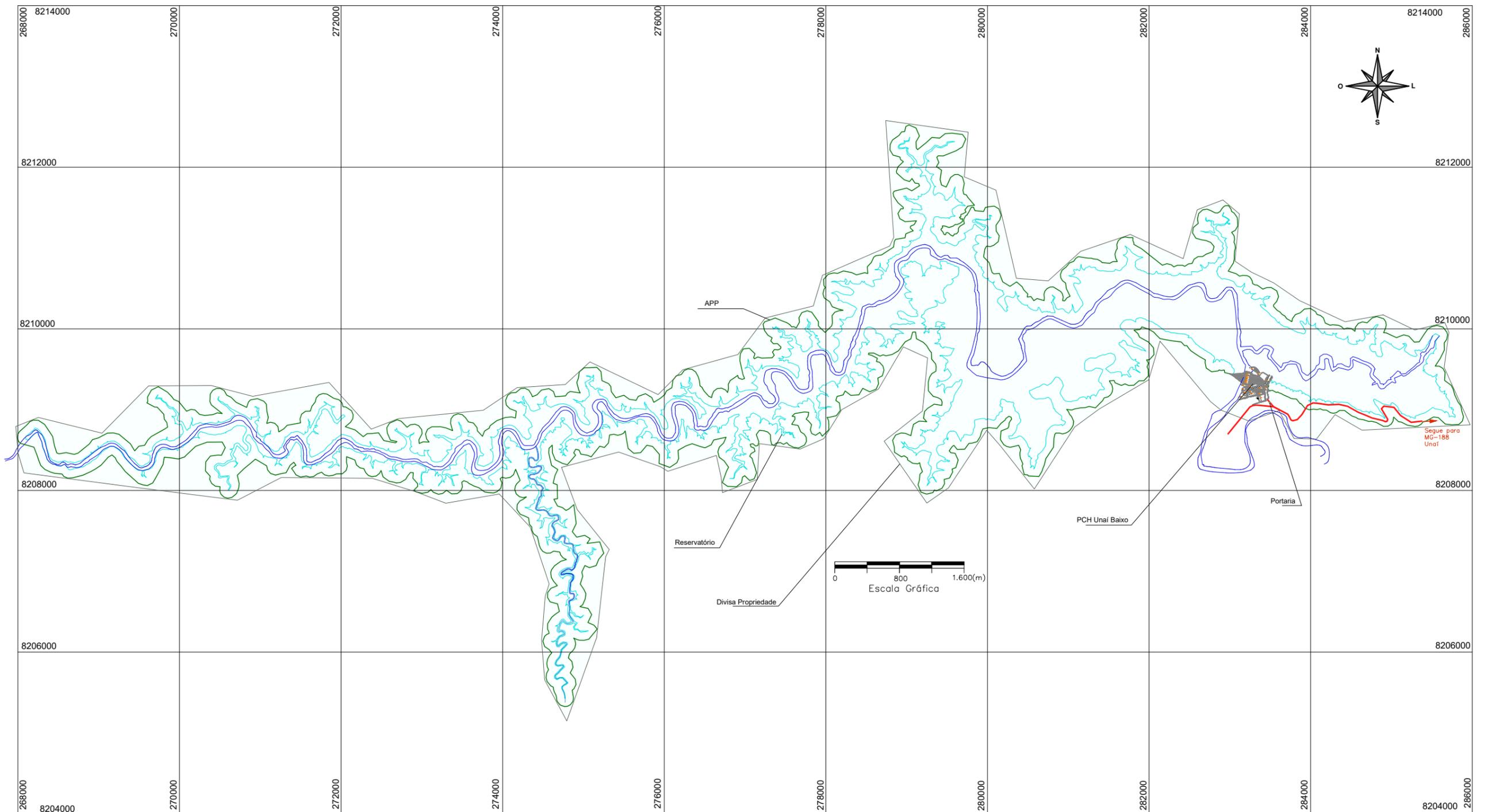
EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	01/02/17
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:



PROJETO			Plano de Ação de Emergências PCH Unai Baixo
CLIENTE			Unai Baixo Energética S.A
REFERÊNCIA			Acesso Geral a Usina
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D		PRANCHA 01
PROJETO	Henrique		55
DESENHO	Henrique	DATA 02/2017	ESCALA sem escala
Nº DOCUMENTO	UNB-C-AGE-001-00-17	REV. 00	DATA 01/02/17



CONVENÇÕES			
PCH UNAI BAIXO			
ESTRADAS e ACESSOS			
EDIFICAÇÃO			
PORTARIA			
RIO PERENE			
HIDROGRAFIA			
RESERVATÓRIOS			
LIMITE PROPRIEDADE			
EMIÇÃO INICIAL		HYV	HYV 01/02/17
REVISÃO		VERIF.	APROV. DATA



BRENNAND
energia

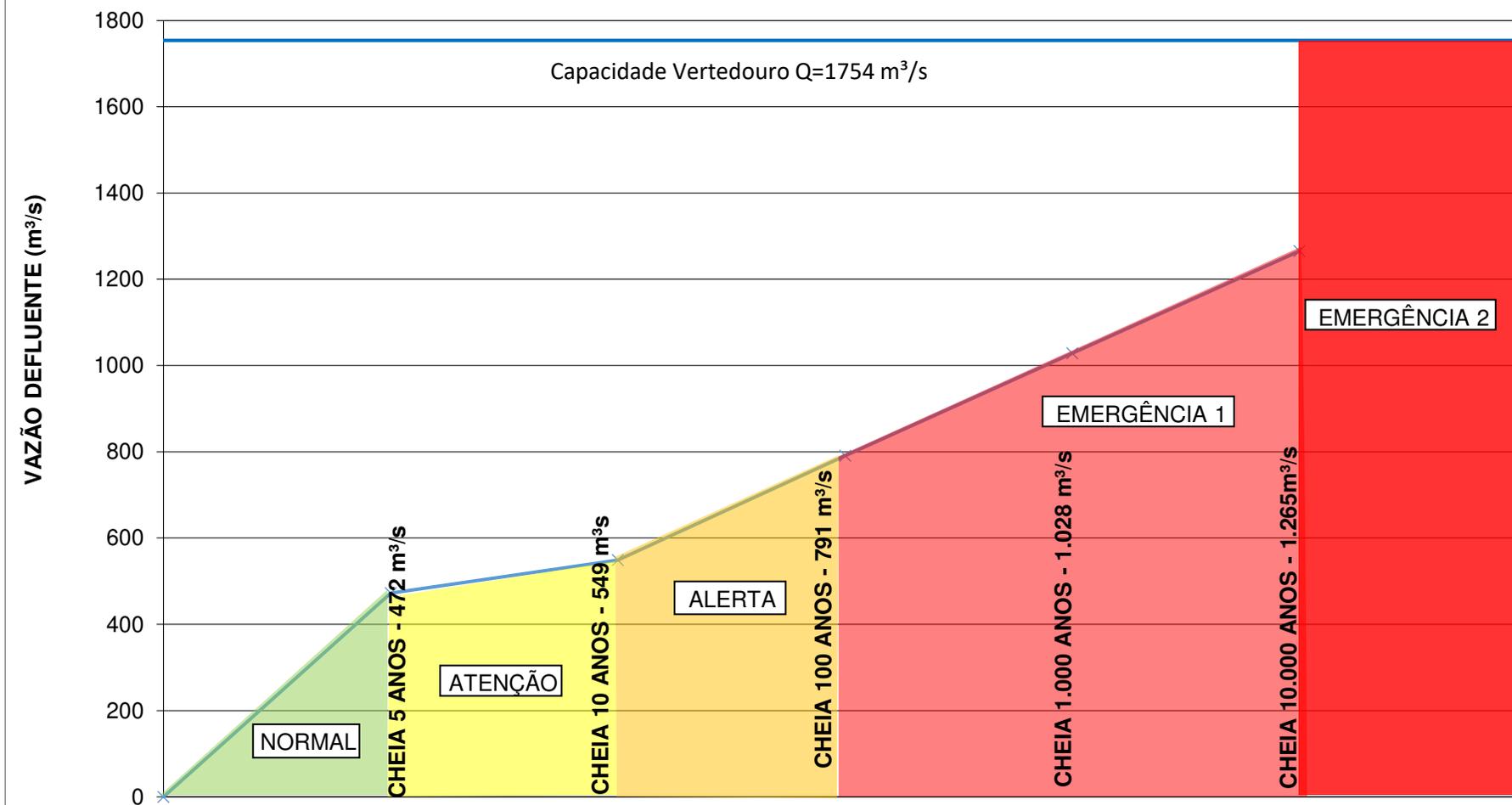
ELABORADO POR:



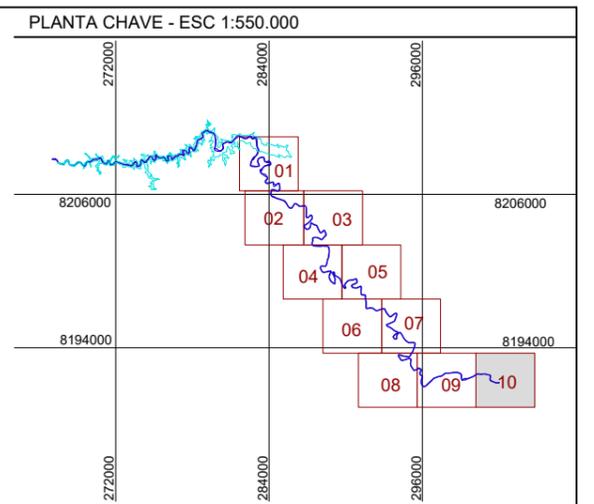
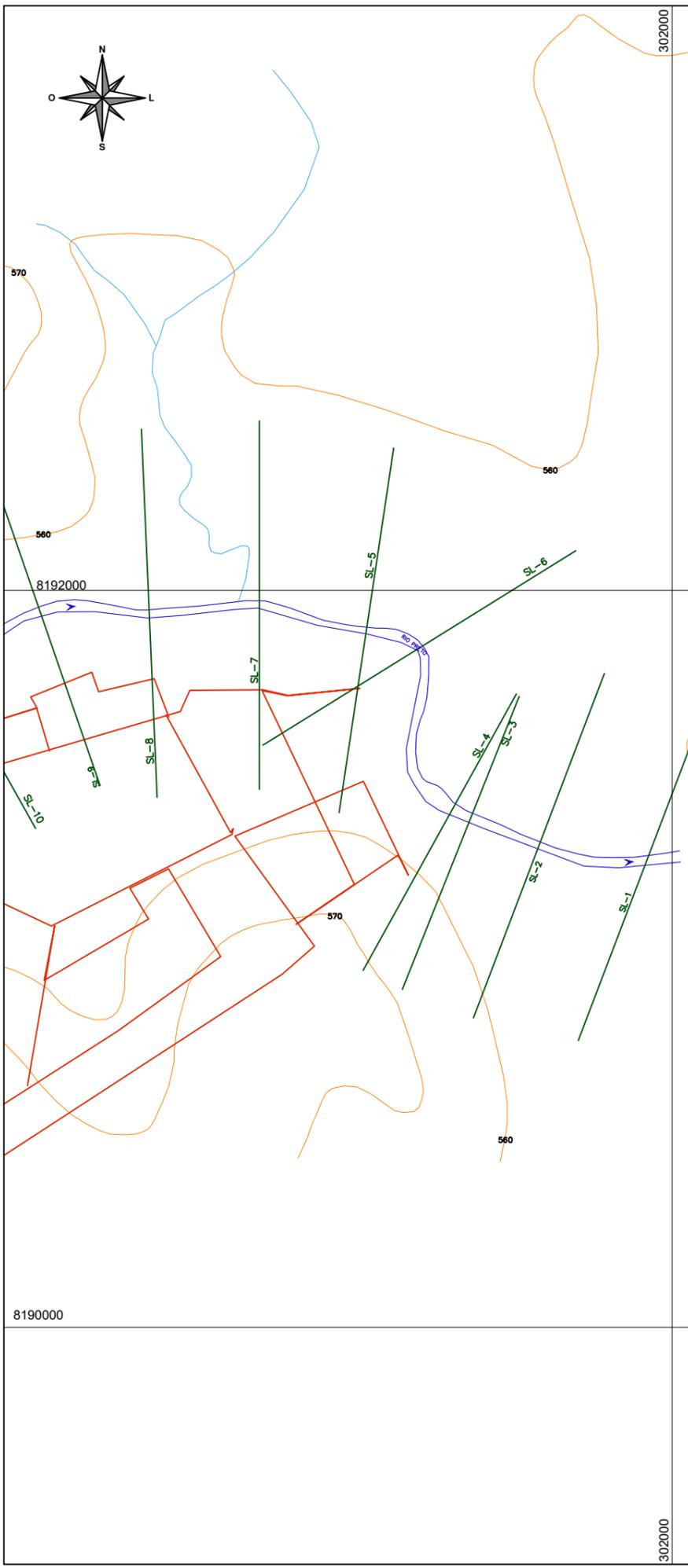
PROJETO			Plano de Ação de Emergências PCH Unai Baixo		
CLIENTE			Unai Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA			Propriedade e Área Resguardada		
RESP. TÉCNICO		Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D		PRANCHA	
PROJETO		Henrique		02	
DESENHO		Henrique		DATA	02/2017
Nº DOCUMENTO		UNB-C-PRE-001-00-17		ESCALA	1:50.000
		REV. 00		DATA	01/02/17

ANEXO III – CURVA DE REFERÊNCIA

PCH UNAÍ BAIXO - CURVA REFERENCIAL DA BARRAGEM



ANEXO IV – SEÇÕES RESTITUIÇÃO



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	

RIO PRETO
SL-147

EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

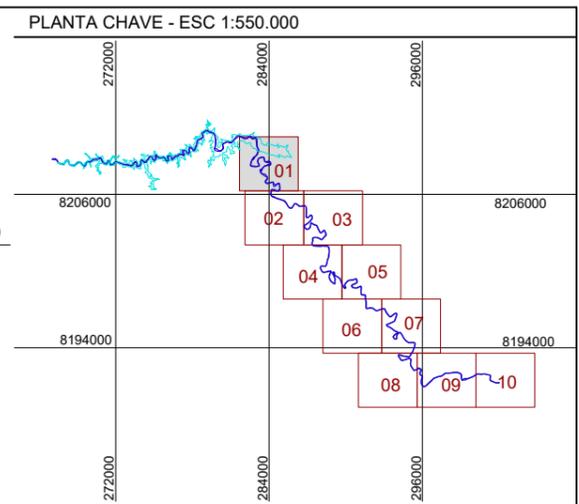
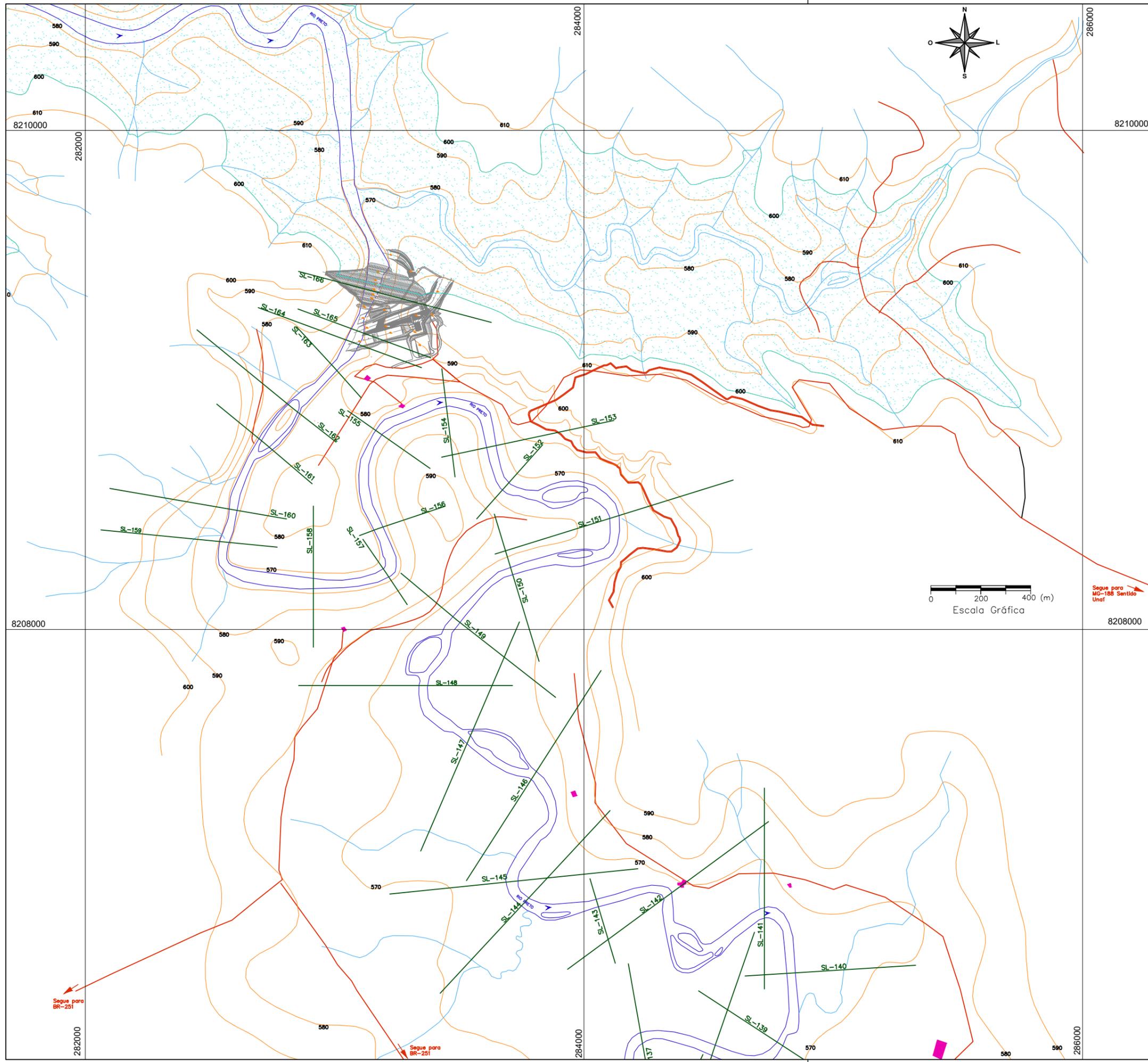
PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unai Baixo
CLIENTE	Unai Baixo Energética S.A

REFERÊNCIA

Seções da Restituição
Localização das Seções - FI 10/10

RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	10 10
PROJETO	Henrique		
DESENHO	Henrique	DATA	08/2022
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	ESCALA	1:15.000
		REV.	00
		DATA	29/08/2022



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
PCH Unaí Baixo	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
RESERVATÓRIO	

EMISSION INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

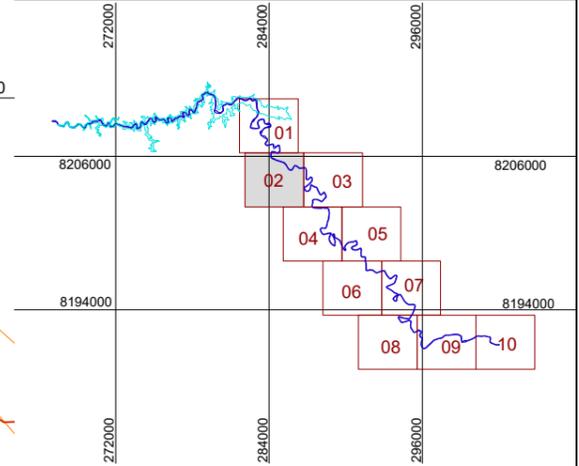


ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

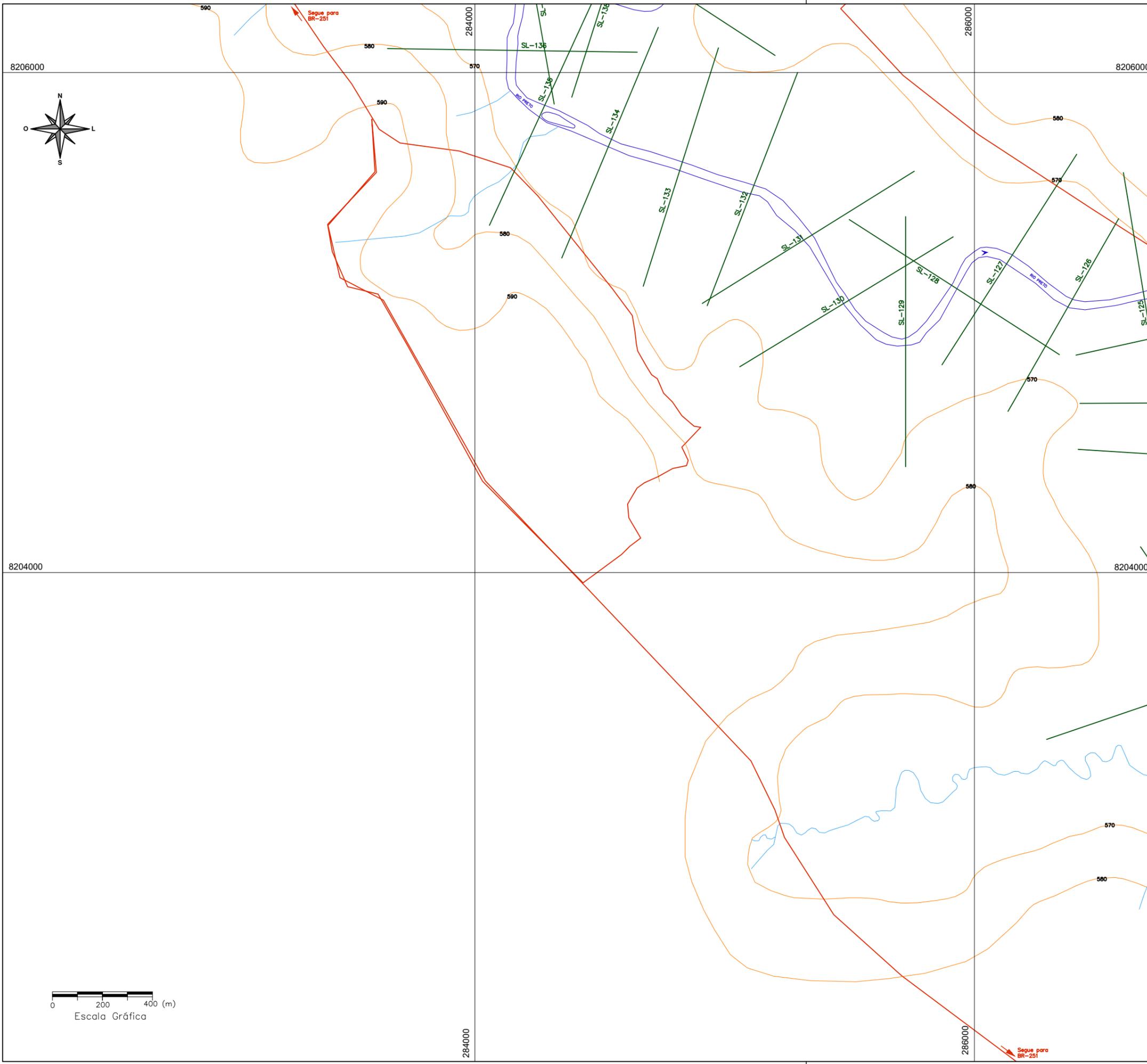
PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unaí Baixo		
CLIENTE	Unaí Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 01/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	01
PROJETO	Henrique		10
DESENHO	Henrique	DATA	08/2022
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	REVISÃO	00
		ESCALA	1:15.000
		DATA	29/08/2022

PLANTA CHAVE - ESC 1:550.000



CONVENÇÕES

- CURVA 10 m
 - ESTRADAS e ACESSOS
 - EDIFICAÇÃO
 - RIO PERENE
 - HIDROGRAFIA
 - SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO
-



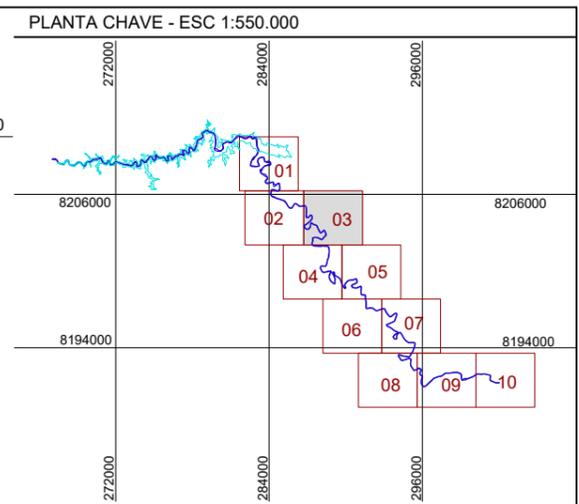
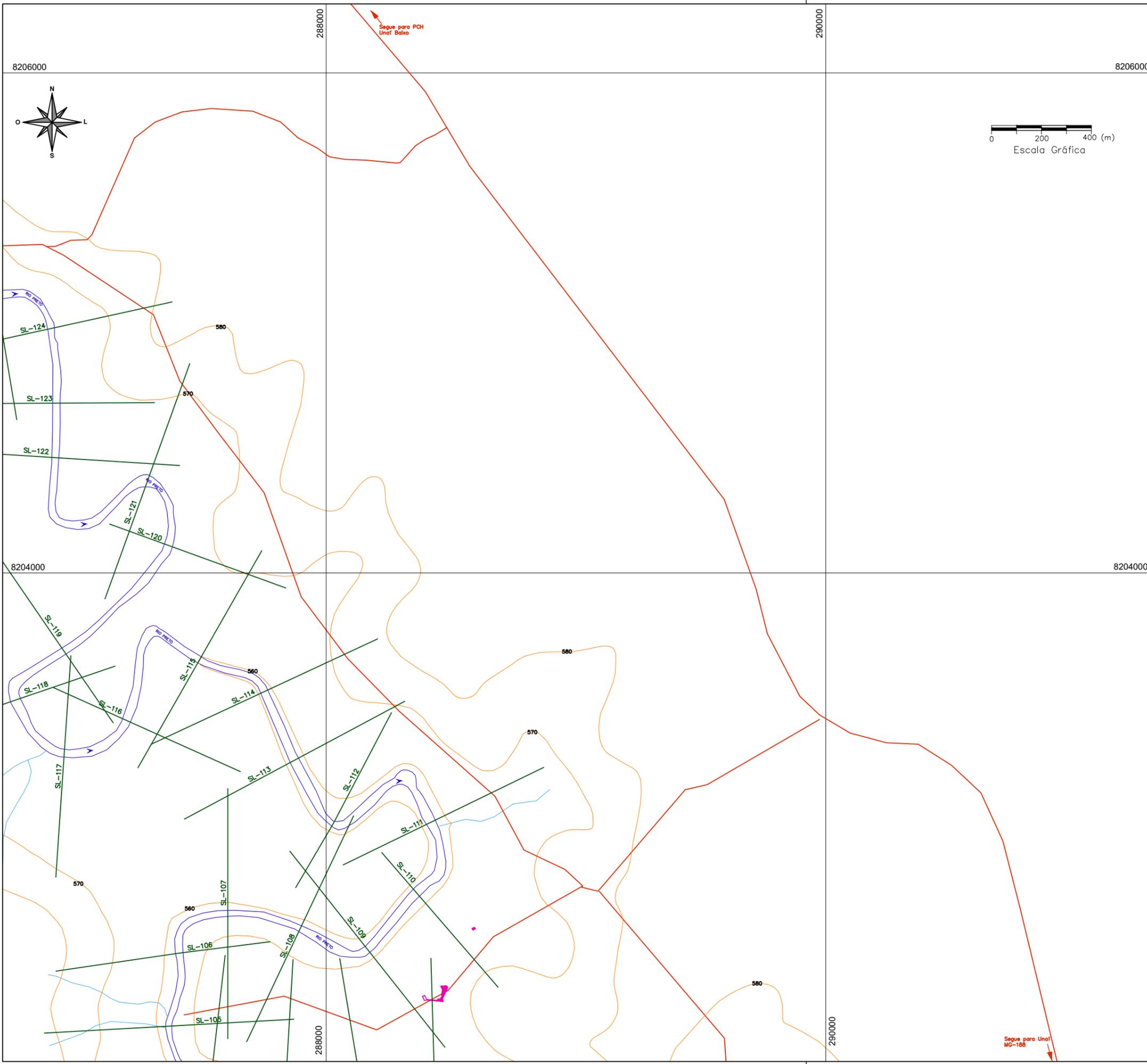
EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unai Baixo		
CLIENTE	Unai Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 02/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	02
PROJETO	Henrique		10
DESENHO	Henrique	DATA	08/2022
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	ESCALA	1:15.000
	REV.	00	DATA
			29/08/2022



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	

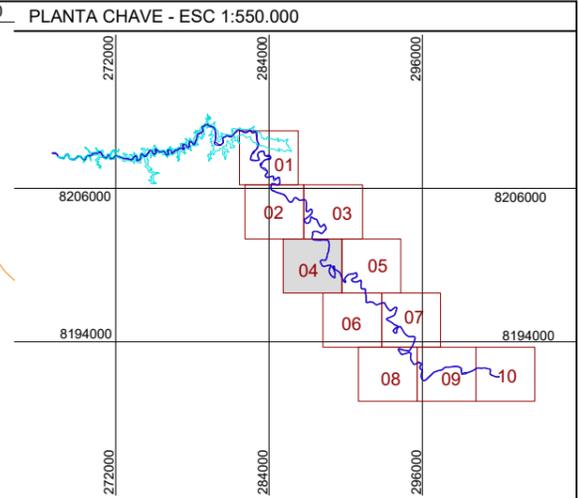
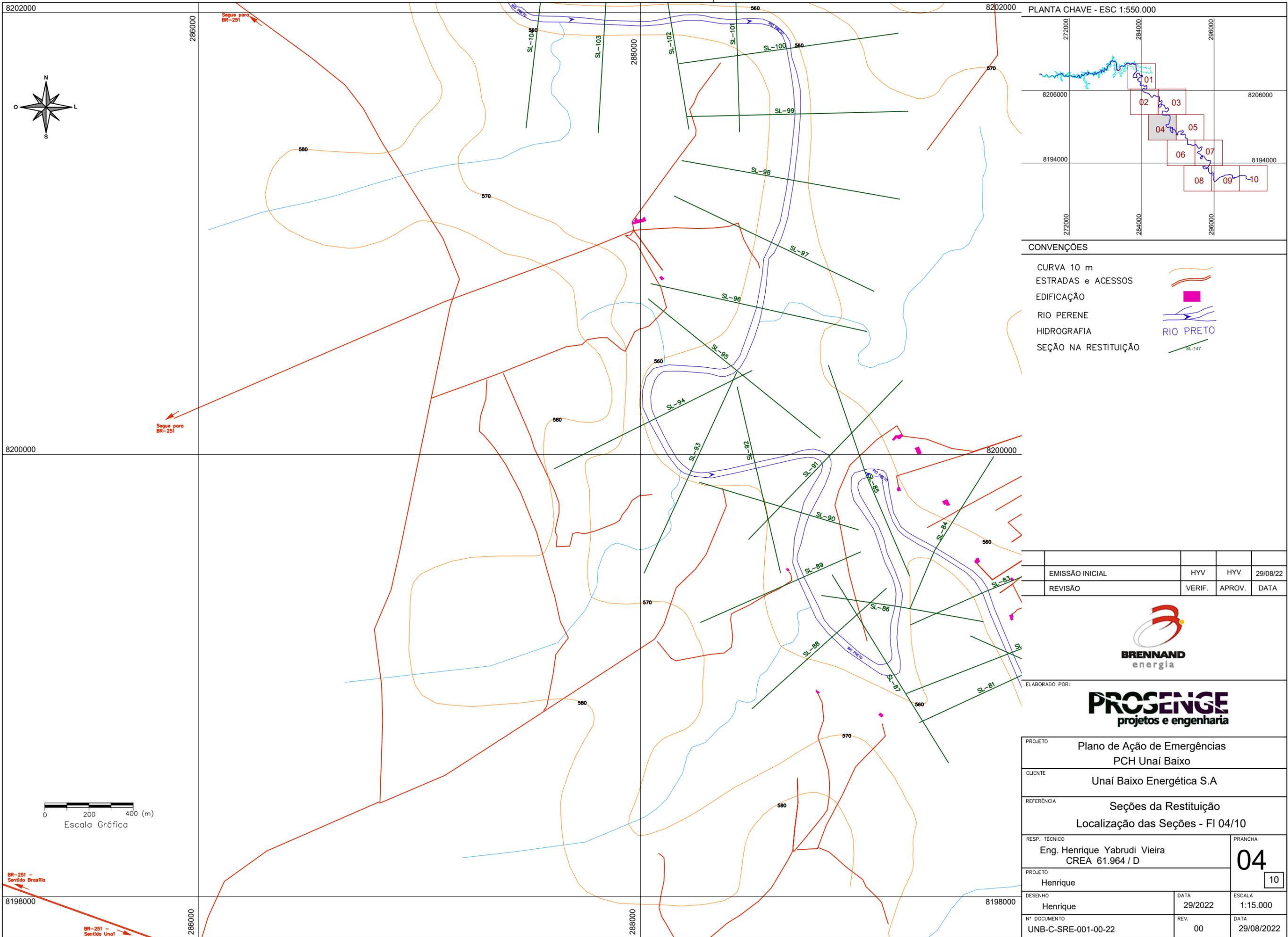
EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unaf Baixo		
CLIENTE	Unaf Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 03/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	03
PROJETO	Henrique	DATA	08/2022
DESENHO	Henrique	ESCALA	1:15.000
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	REV.	00
		DATA	29/08/2022



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	

EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

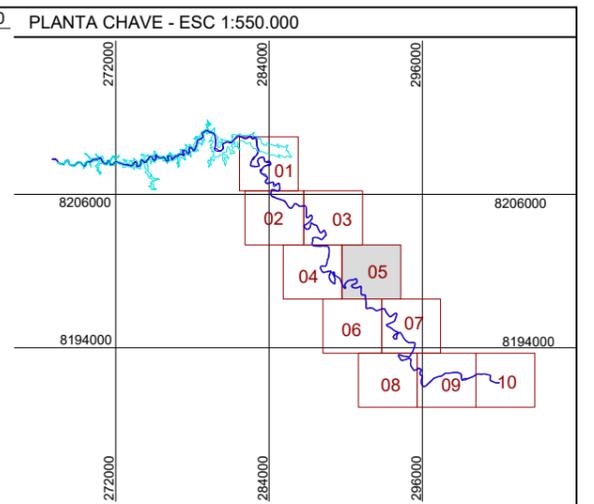
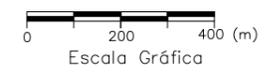
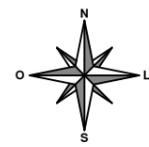
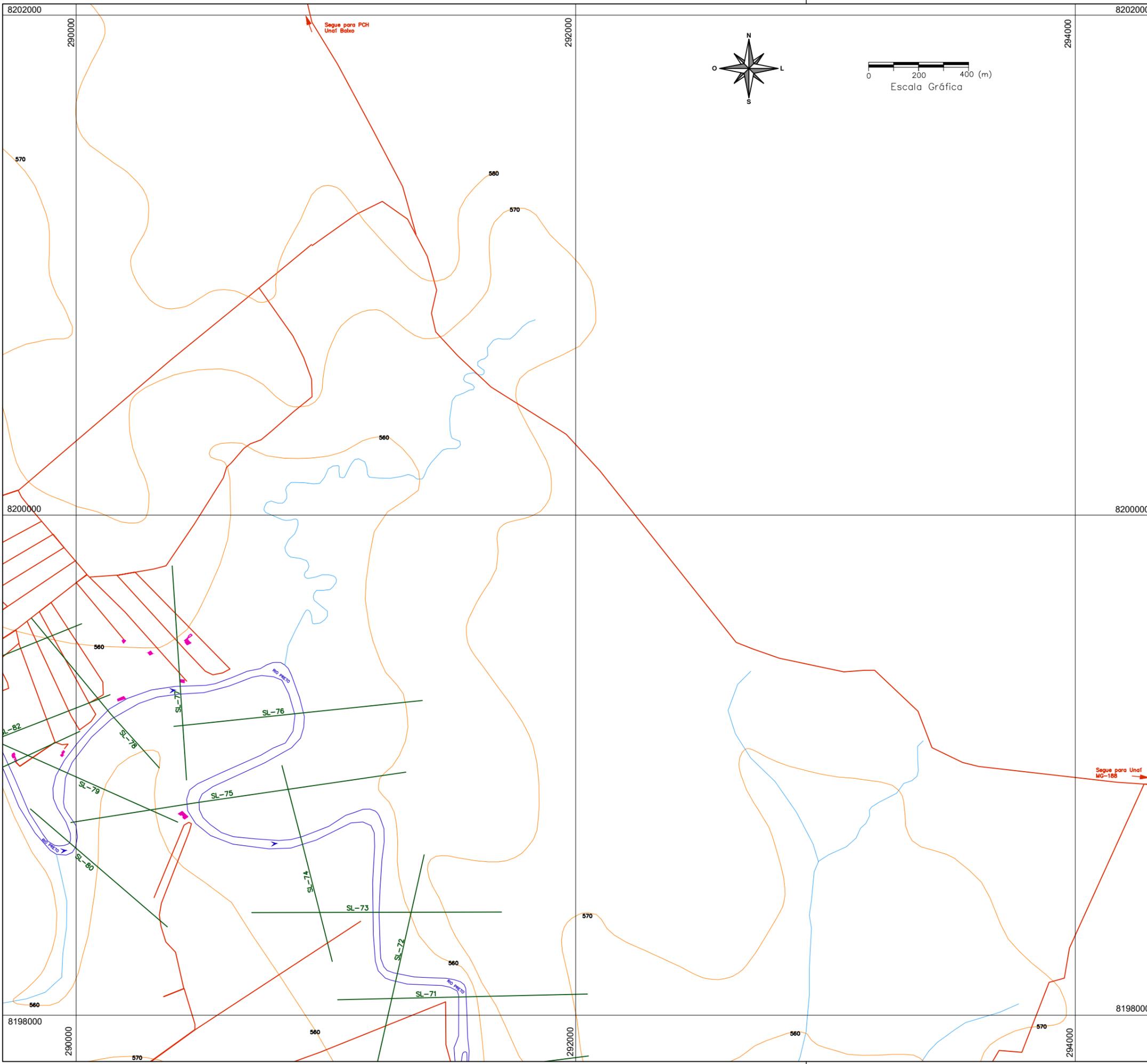


ELABORADO POR:
PROSENGE
 projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unai Baixo		
CLIENTE	Unai Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 04/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	04
PROJETO	Henrique	DATA	29/08/22
DESENHO	Henrique	ESCALA	1:15.000
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	REV.	00
		DATA	29/08/2022



BR-251 - Sentido Brasília
 BR-251 - Sentido Unai



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	

EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

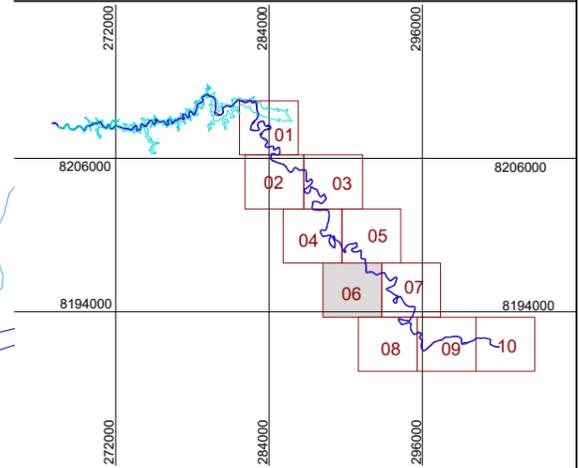


ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unaf Baixo		
CLIENTE	Unaf Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 05/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	05
PROJETO	Henrique	DESENHO	Henrique
DATA	08/2022	ESCALA	1:15.000
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	REV.	00
DATA	29/08/2022		

PLANTA CHAVE - ESC 1:550.000



CONVENÇÕES

- CURVA 10 m
- ESTRADAS e ACESSOS
- EDIFICAÇÃO
- RIO PERENE
- HIDROGRAFIA
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO

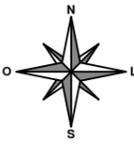
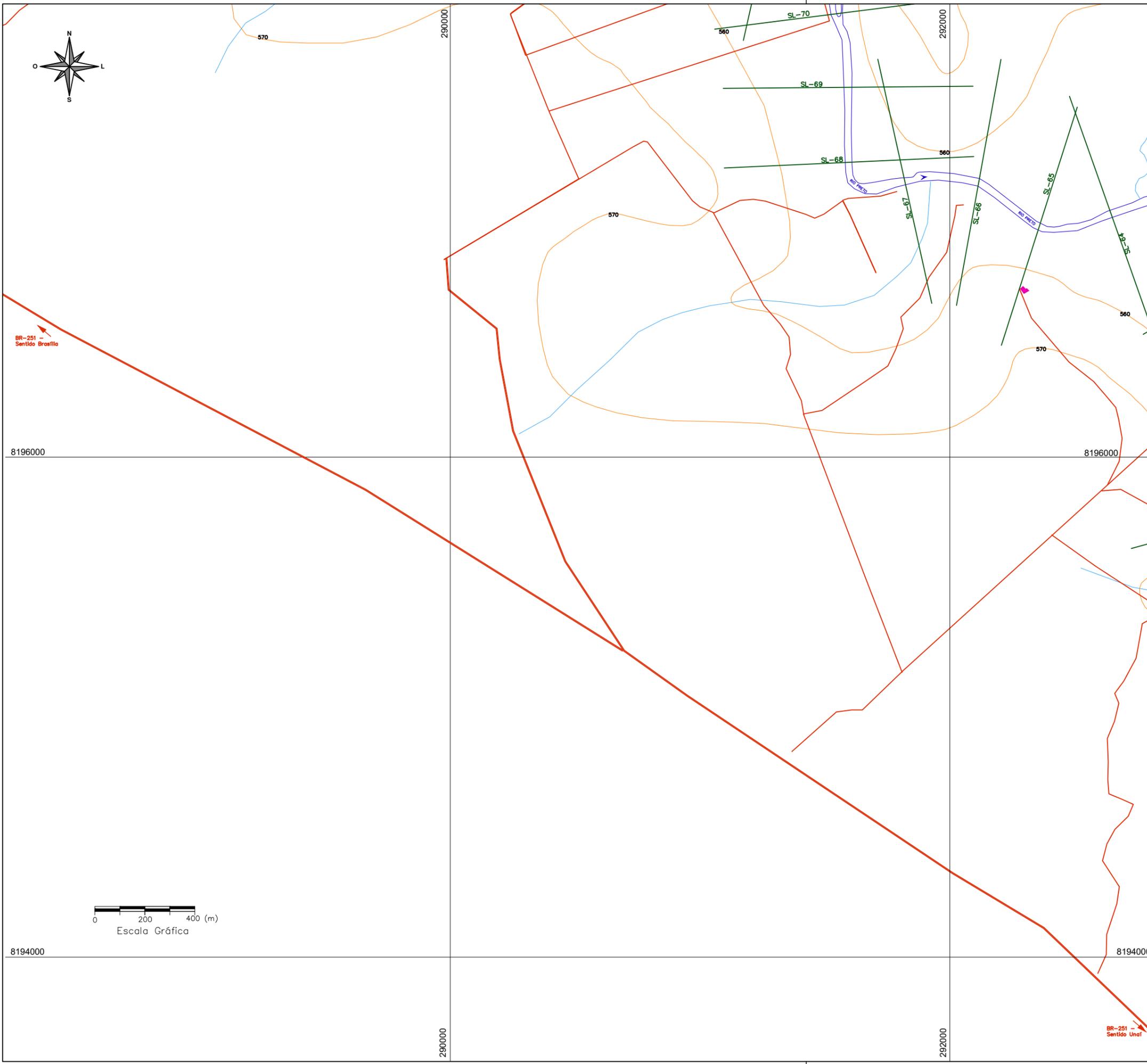
EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

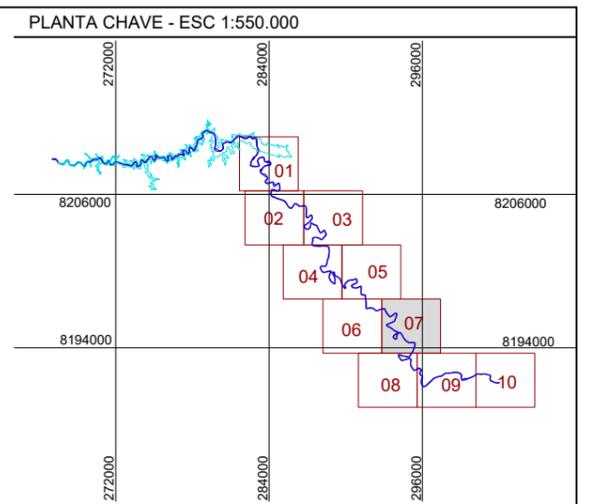
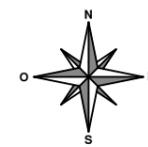
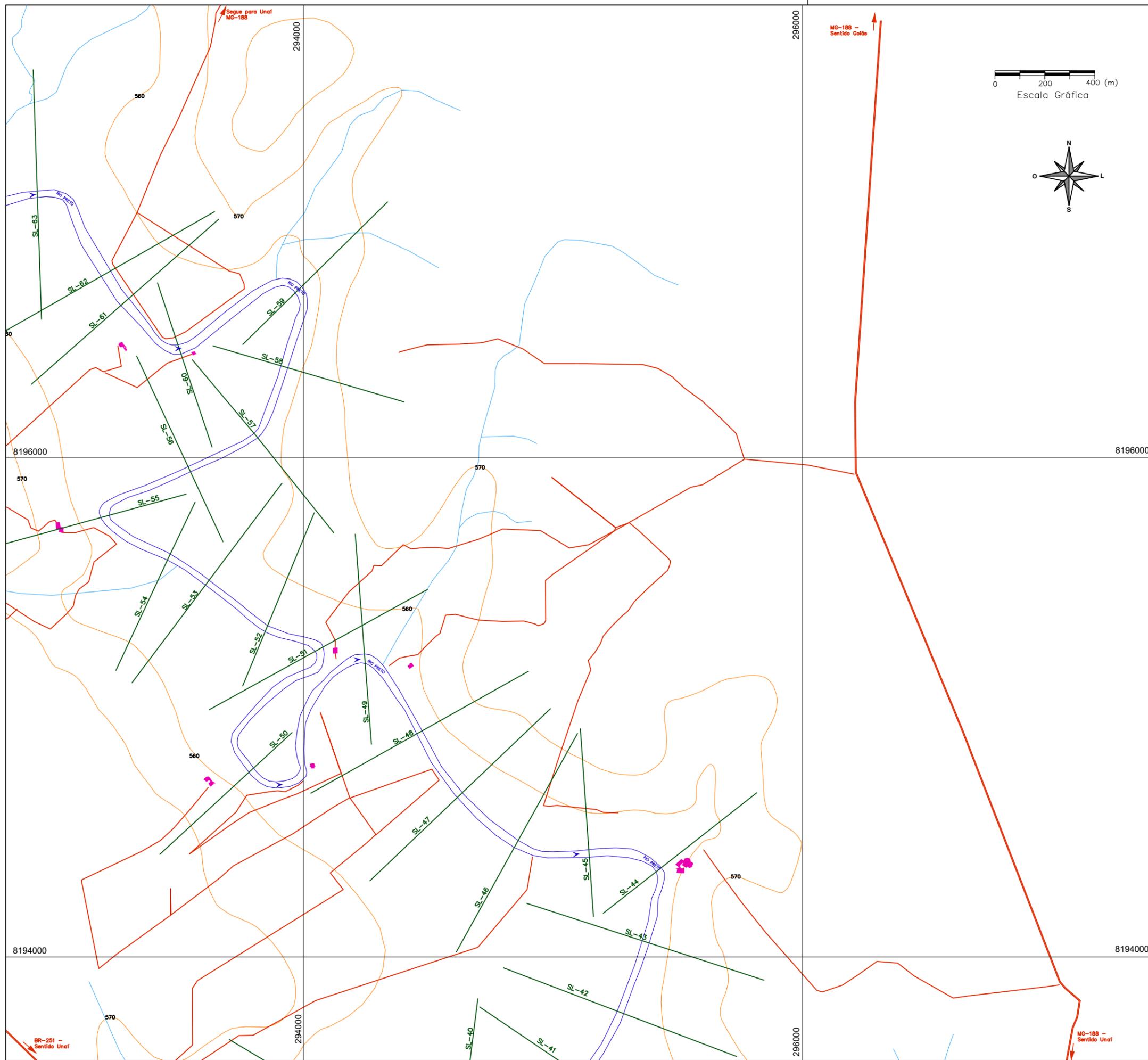


ELABORADO POR:



PROJETO			Plano de Ação de Emergências PCH Unai Baixo		
CLIENTE			Unai Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA			Seções da Restituição Localização das Seções - FI 06/10		
RESP. TÉCNICO		Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D		PRANCHA	
				06	
PROJETO			Henrique		
DESENHO		Henrique		DATA	08/2022
				ESCALA	1:15.000
Nº DOCUMENTO		UNB-C-SRE-001-00-22		REV.	00
				DATA	29/08/2022





CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	

EMISSION INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

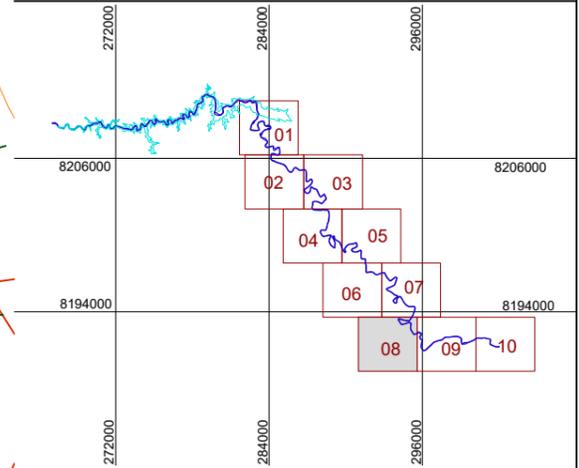


ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

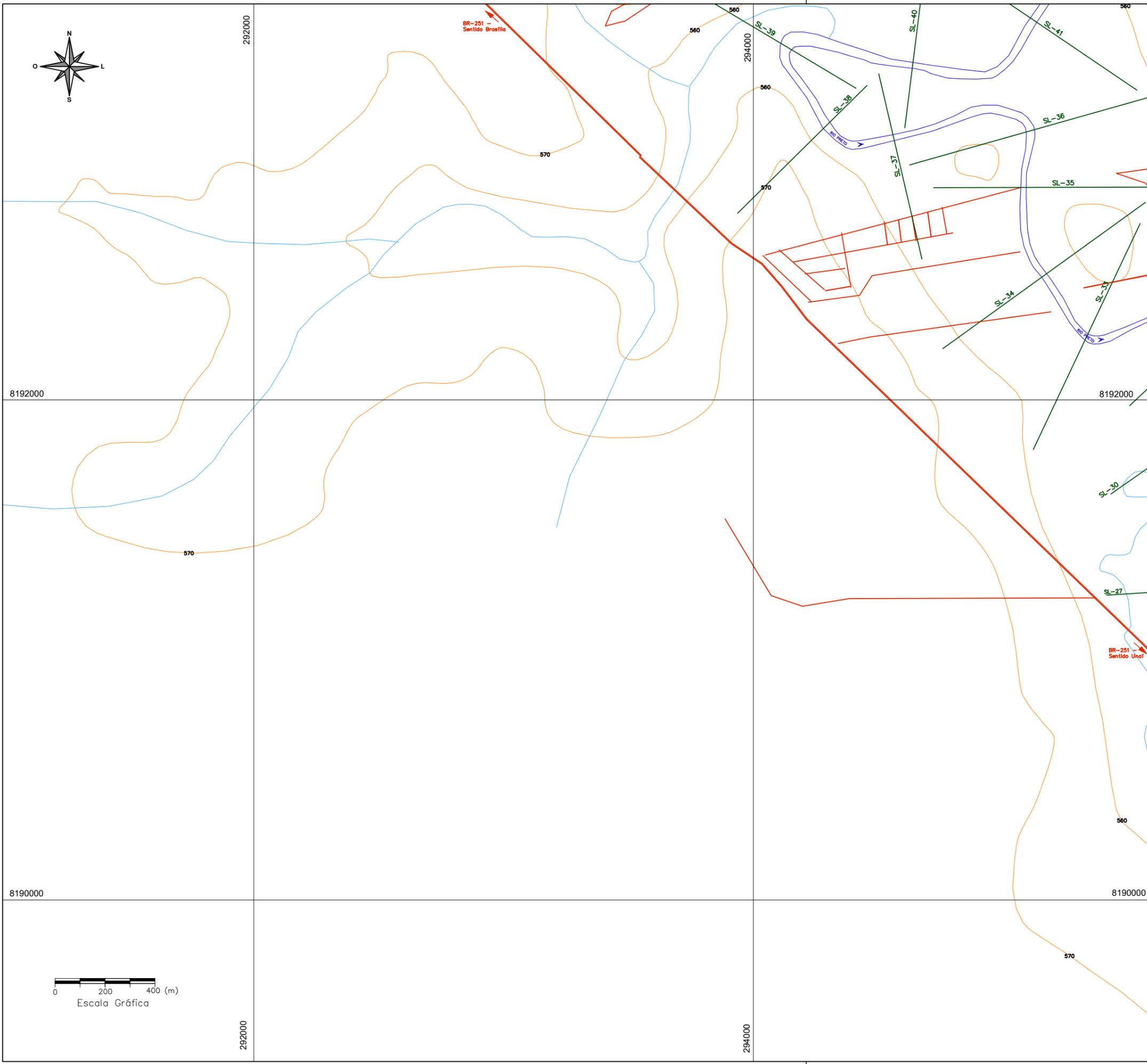
PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unai Baixo		
CLIENTE	Unai Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 07/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	07
PROJETO	Henrique		10
DESENHO	Henrique	DATA	08/2022
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	ESCALA	1:15.000
		REV.	00
		DATA	29/08/2022

PLANTA CHAVE - ESC 1:550.000



CONVENÇÕES

- CURVA 10 m
 - ESTRADAS e ACESSOS
 - EDIFICAÇÃO
 - RIO PERENE
 - HIDROGRAFIA
 - SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO
-



EMISSION INICIAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



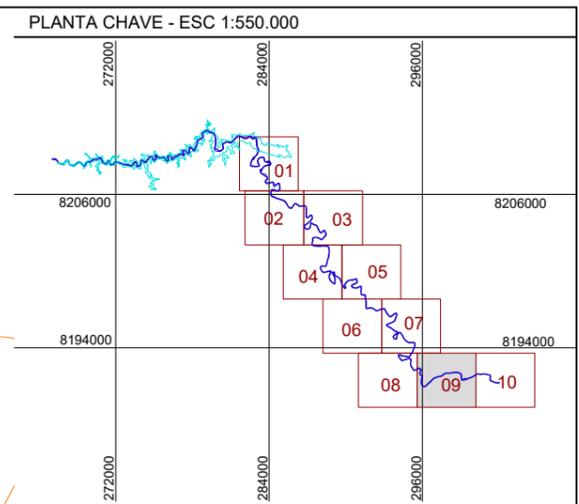
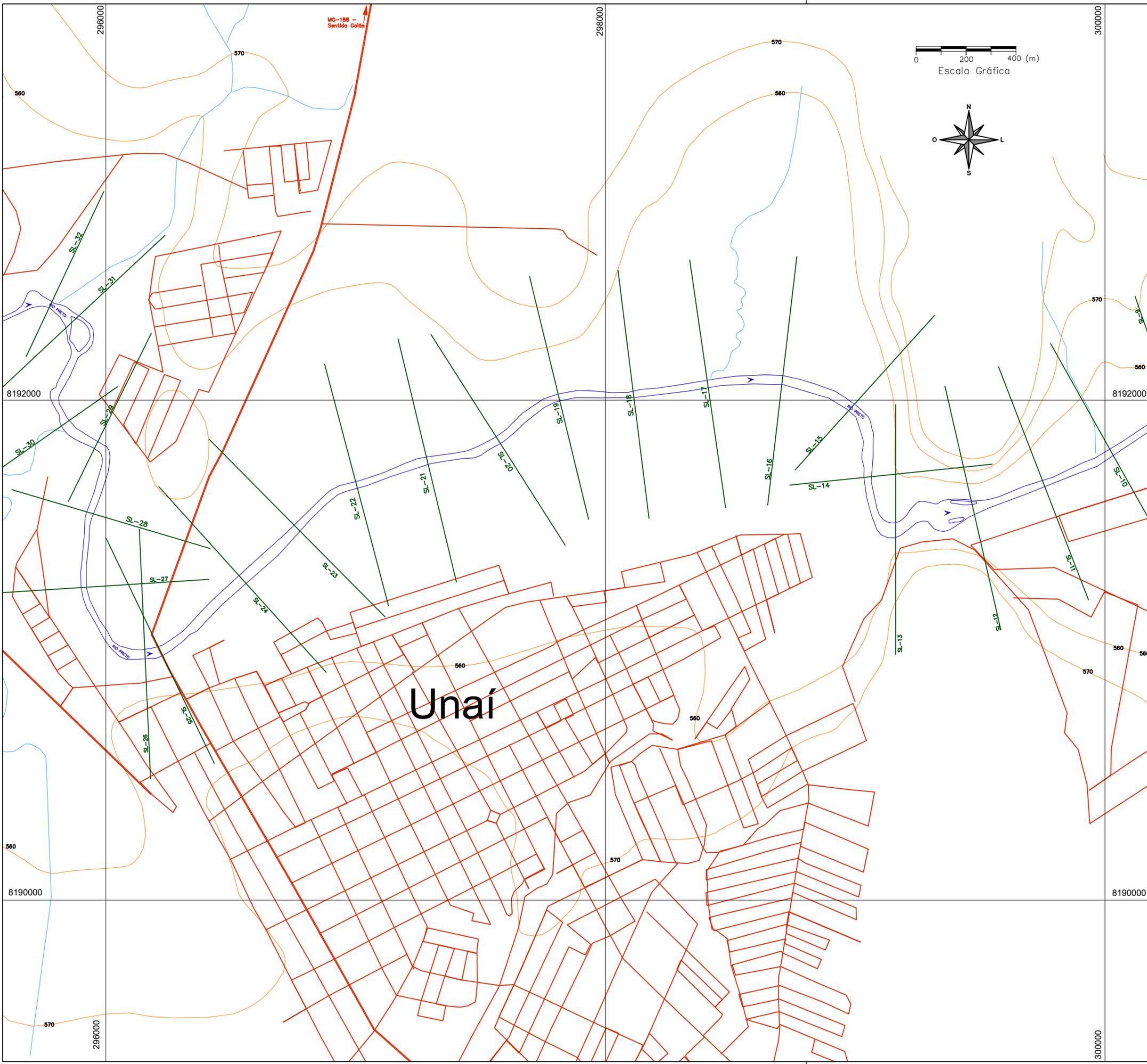
ELABORADO POR:



PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unaí Baixo		
CLIENTE	Unaí Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 08/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudí Vieira CREA 61.964 / D		PRANCHA 08
PROJETO	Henrique		10
DESENHO	Henrique	DATA 08/2022	ESCALA 1:15.000
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	REV. 00	DATA 29/08/22



Escala Gráfica



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	

EMISSIONAL	HYV	HYV	29/08/22
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

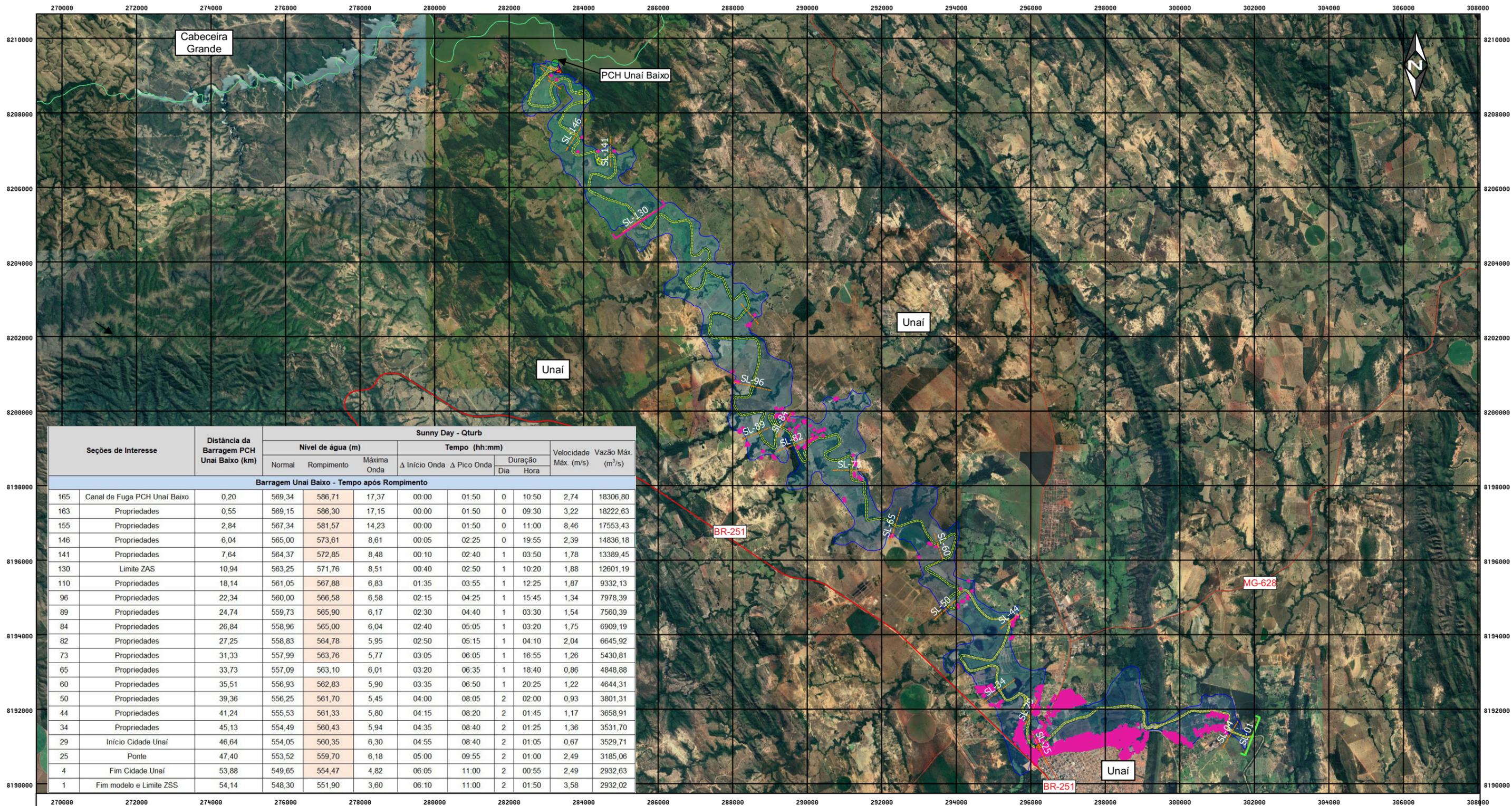


ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

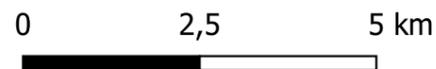
PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Unaí Baixo		
CLIENTE	Unaí Baixo Energética S.A		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 09/10		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	09
PROJETO	Henrique		10
DESENHO	Henrique	DATA	08/2022
Nº DOCUMENTO	UNB-C-SRE-001-00-22	ESCALA	1:15.000
		REV.	00
		DATA	29/08/2022

ANEXO V – MAPAS DE INUNDAÇÃO



Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	Sunny Day - Qturb									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia	Hora			
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	569,34	586,71	17,37	00:00	01:50	0	10:50	2,74	18306,80
163	Propriedades	0,55	569,15	586,30	17,15	00:00	01:50	0	09:30	3,22	18222,63
155	Propriedades	2,84	567,34	581,57	14,23	00:00	01:50	0	11:00	8,46	17553,43
146	Propriedades	6,04	565,00	573,61	8,61	00:05	02:25	0	19:55	2,39	14836,18
141	Propriedades	7,64	564,37	572,85	8,48	00:10	02:40	1	03:50	1,78	13389,45
130	Limite ZAS	10,94	563,25	571,76	8,51	00:40	02:50	1	10:20	1,88	12601,19
110	Propriedades	18,14	561,05	567,88	6,83	01:35	03:55	1	12:25	1,87	9332,13
96	Propriedades	22,34	560,00	566,58	6,58	02:15	04:25	1	15:45	1,34	7978,39
89	Propriedades	24,74	559,73	565,90	6,17	02:30	04:40	1	03:30	1,54	7560,39
84	Propriedades	26,84	558,96	565,00	6,04	02:40	05:05	1	03:20	1,75	6909,19
82	Propriedades	27,25	558,83	564,78	5,95	02:50	05:15	1	04:10	2,04	6645,92
73	Propriedades	31,33	557,99	563,76	5,77	03:05	06:05	1	16:55	1,26	5430,81
65	Propriedades	33,73	557,09	563,10	6,01	03:20	06:35	1	18:40	0,86	4848,88
60	Propriedades	35,51	556,93	562,83	5,90	03:35	06:50	1	20:25	1,22	4644,31
50	Propriedades	39,36	556,25	561,70	5,45	04:00	08:05	2	02:00	0,93	3801,31
44	Propriedades	41,24	555,53	561,33	5,80	04:15	08:20	2	01:45	1,17	3658,91
34	Propriedades	45,13	554,49	560,43	5,94	04:35	08:40	2	01:25	1,36	3531,70
29	Início Cidade Unai	46,64	554,05	560,35	6,30	04:55	08:40	2	01:05	0,67	3529,71
25	Ponte	47,40	553,52	559,70	6,18	05:00	09:55	2	01:00	2,49	3185,06
4	Fim Cidade Unai	53,88	549,65	554,47	4,82	06:05	11:00	2	00:55	2,49	2932,63
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	548,30	551,90	3,60	06:10	11:00	2	01:50	3,58	2932,02

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Ciente:



Elaborado:



Projeto:

Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo

Resp. Técnico:

Eng. Henrique Y Vieira
CREA/PR: 61.964/D

Projeto:

PMP

Prancha:

01/07

Título:

Mapa Inundação Geral - Q Turbinada Natural e Dam Break (Sunny Day)

Data:

Ago/2022

Escala:

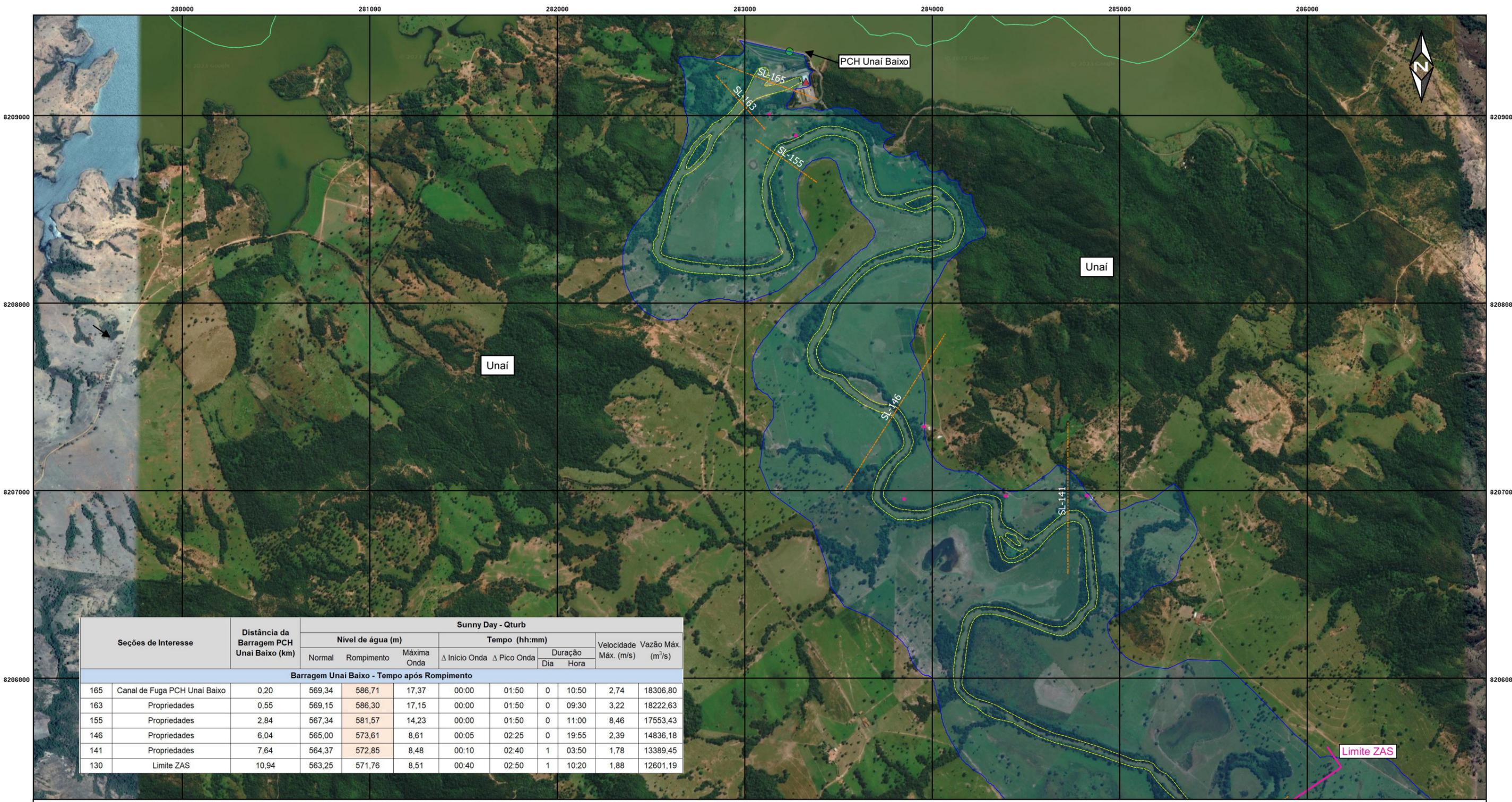
1:100.000

Número:

UNB-C-MPI-001-00-22

Sirgas 2000 - 23S

Folha: 1/1 (A3)

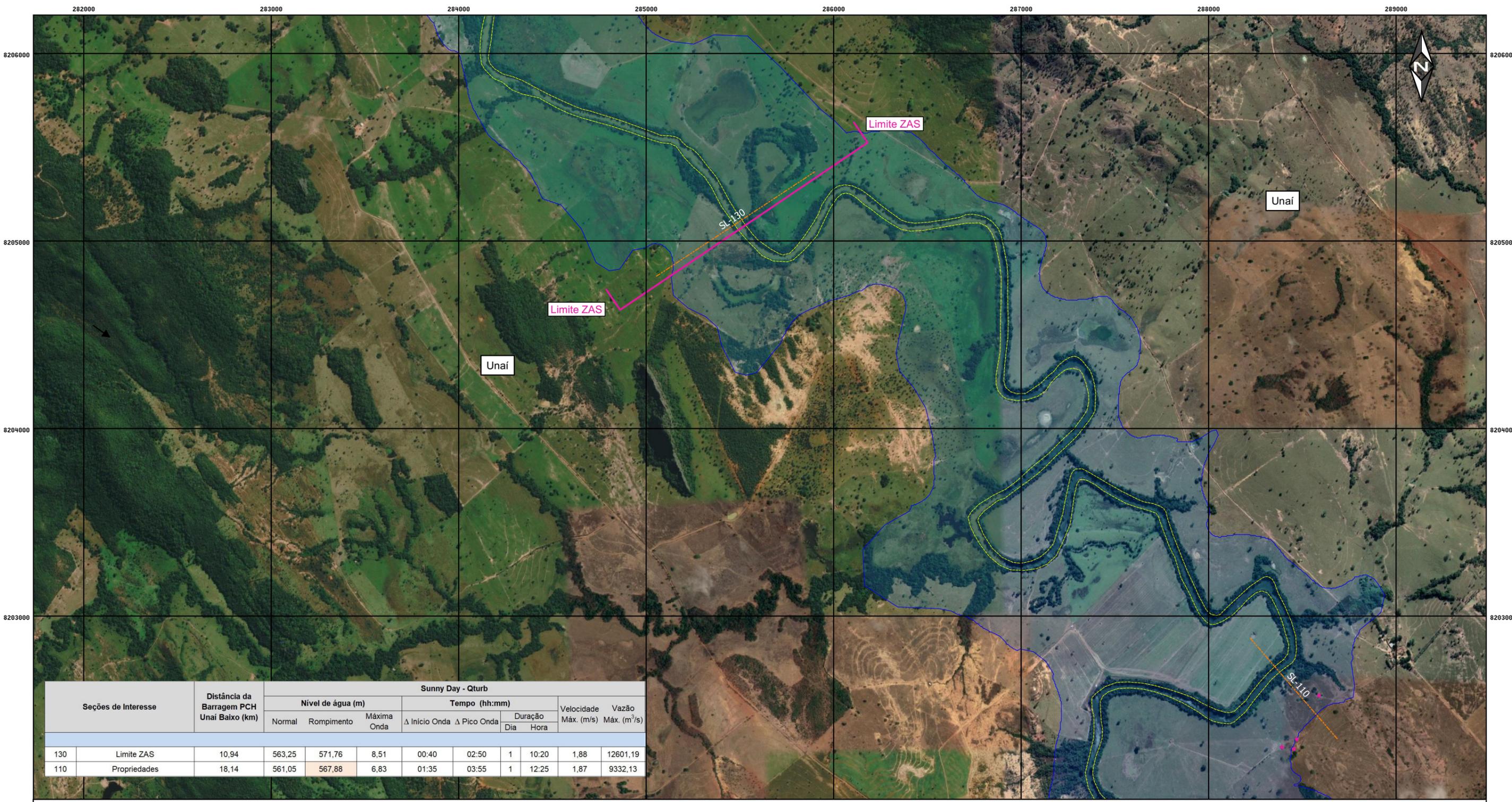


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	Sunny Day - Qturb									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
							Dia	Hora			
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	569,34	586,71	17,37	00:00	01:50	0	10:50	2,74	18306,80
163	Propriedades	0,55	569,15	586,30	17,15	00:00	01:50	0	09:30	3,22	18222,63
155	Propriedades	2,84	567,34	581,57	14,23	00:00	01:50	0	11:00	8,46	17553,43
146	Propriedades	6,04	565,00	573,61	8,61	00:05	02:25	0	19:55	2,39	14836,18
141	Propriedades	7,64	564,37	572,85	8,48	00:10	02:40	1	03:50	1,78	13389,45
130	Limite ZAS	10,94	563,25	571,76	8,51	00:40	02:50	1	10:20	1,88	12601,19

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Cliente: 	Elaborado: 		
Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo	Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 02/07
Título: Mapa Inundação Geral - Q Turbinada Natural e Dam Break (Sunny Day)	Data: Ago/2022	Escala: 1:20.000 Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-001-00-22 Folha: 1/6 (A3)

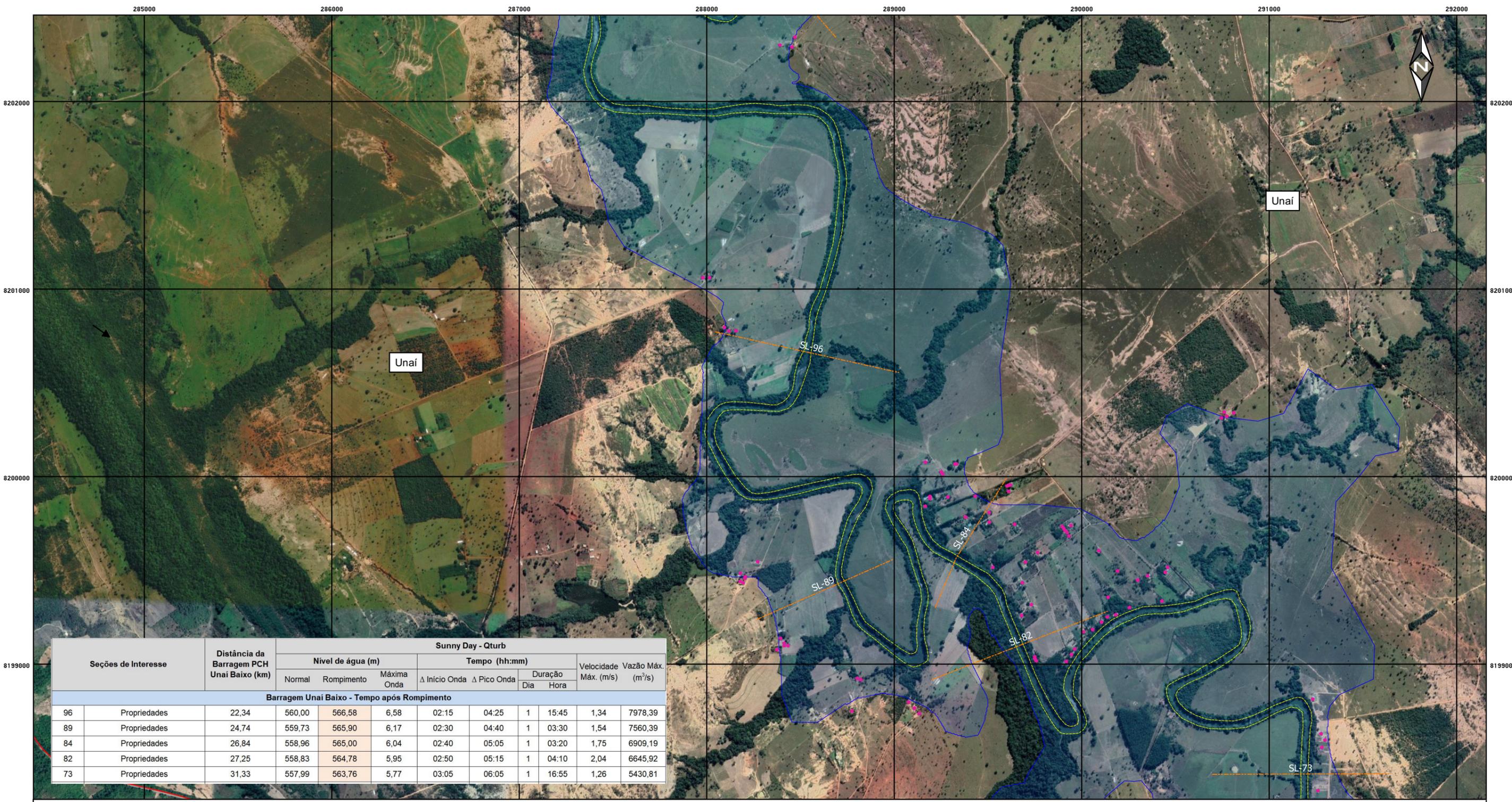


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unaí Baixo (km)	Sunny Day - Qturb									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
							Dia	Hora			
130	Limite ZAS	10,94	563,25	571,76	8,51	00:40	02:50	1	10:20	1,88	12601,19
110	Propriedades	18,14	561,05	567,88	6,83	01:35	03:55	1	12:25	1,87	9332,13

- Legenda:
- Barragem PCH Unaí Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unaí Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Cliente: 		Elaborado: 			
Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unaí Baixo		Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D		Projeto: PMP	Prancha: 03/07
Título: Mapa Inundação Geral - Q Turbinada Natural e Dam Break (Sunny Day)		Data: Ago/2022	Escala: 1:20.000 Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-001-00-22 Folha: 2/6 (A3)	

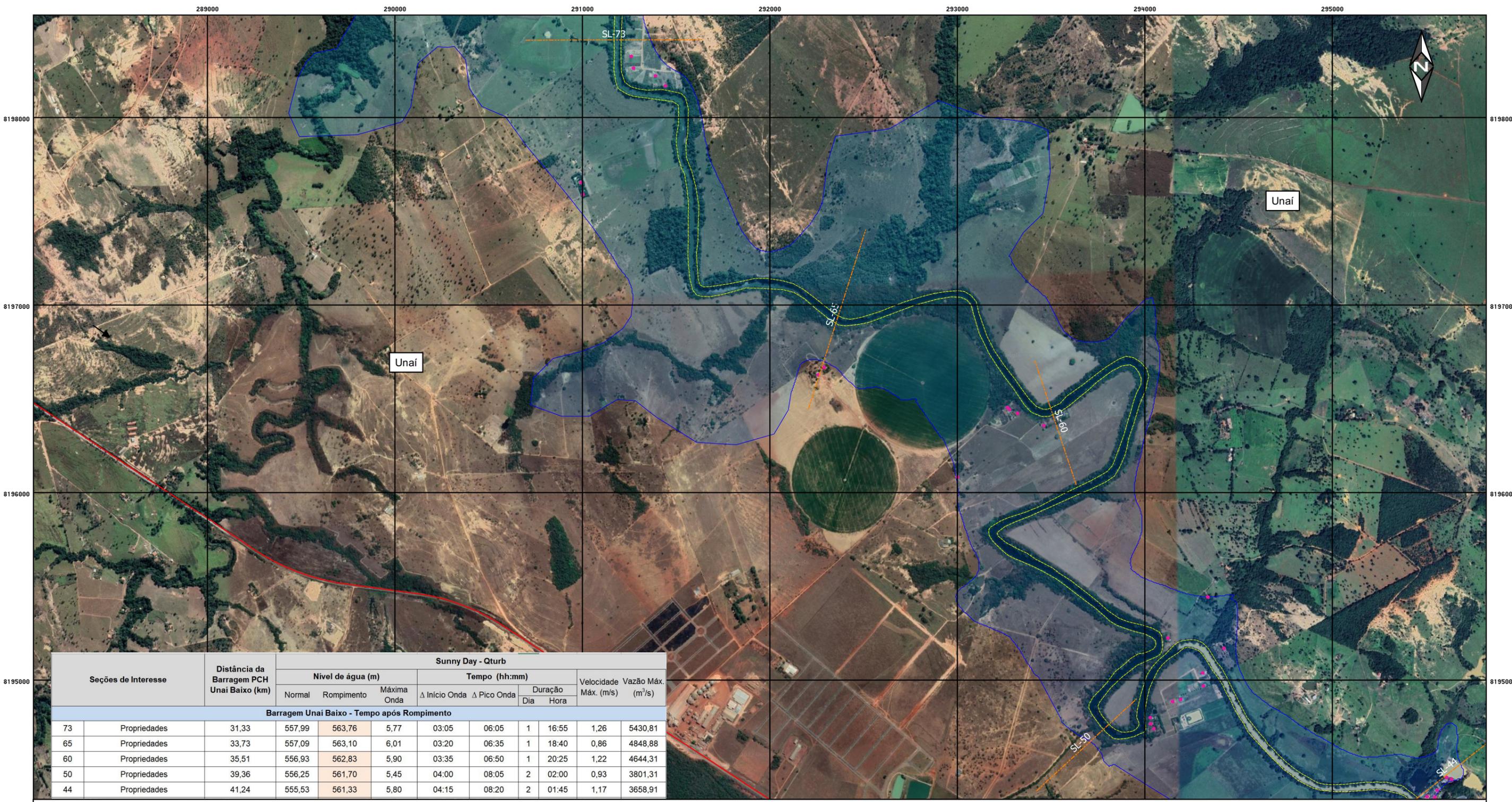


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unaí Baixo (km)	Sunny Day - Qturb									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)		
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia			Hora	
Barragem Unaí Baixo - Tempo após Rompimento											
96	Propriedades	22,34	560,00	566,58	6,58	02:15	04:25	1	15:45	1,34	7978,39
89	Propriedades	24,74	559,73	565,90	6,17	02:30	04:40	1	03:30	1,54	7560,39
84	Propriedades	26,84	558,96	565,00	6,04	02:40	05:05	1	03:20	1,75	6909,19
82	Propriedades	27,25	558,83	564,78	5,95	02:50	05:15	1	04:10	2,04	6645,92
73	Propriedades	31,33	557,99	563,76	5,77	03:05	06:05	1	16:55	1,26	5430,81

- Legenda:
- Barragem PCH Unaí Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unaí Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Cliente:			Elaborado:				
Projeto:	Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unaí Baixo			Resp. Técnico:	Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 04/07
Título:	Mapa Inundação Geral - Q Turbinada Natural e Dam Break (Sunny Day)			Data:	Ago/2022	Escala:	1:20.000
						Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-001-00-22 Folha: 3/6 (A3)

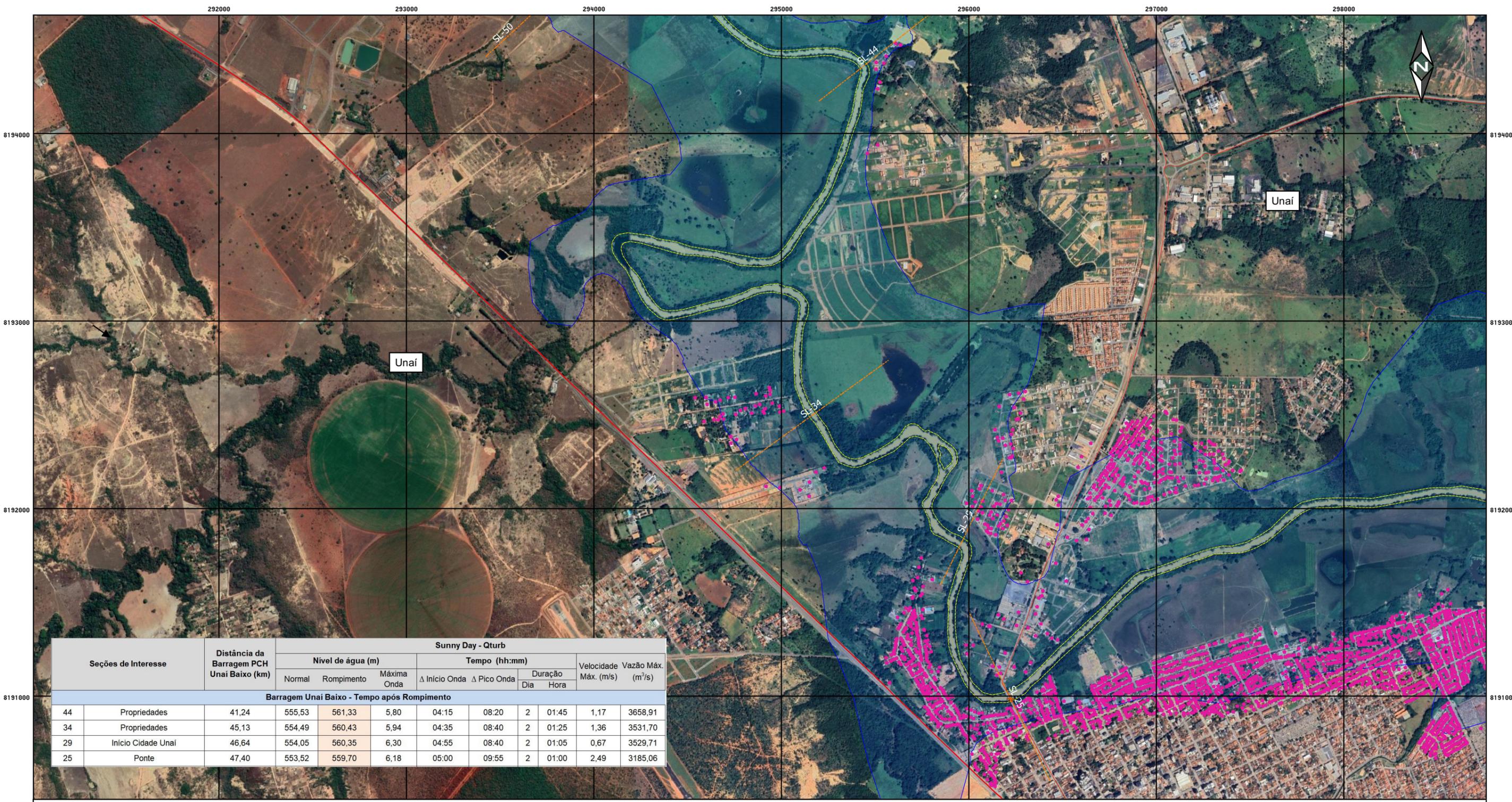


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unaí Baixo (km)	Sunny Day - Qturb									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
Barragem Unaí Baixo - Tempo após Rompimento											
73	Propriedades	31,33	557,99	563,76	5,77	03:05	06:05	1	16:55	1,26	5430,81
65	Propriedades	33,73	557,09	563,10	6,01	03:20	06:35	1	18:40	0,86	4848,88
60	Propriedades	35,51	556,93	562,83	5,90	03:35	06:50	1	20:25	1,22	4644,31
50	Propriedades	39,36	556,25	561,70	5,45	04:00	08:05	2	02:00	0,93	3801,31
44	Propriedades	41,24	555,53	561,33	5,80	04:15	08:20	2	01:45	1,17	3658,91

- Legenda:
- Barragem PCH Unaí Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unaí Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS

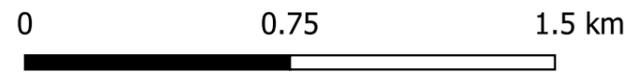


Cliente:			Elaborado:				
Projeto:	Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unaí Baixo			Resp. Técnico:	Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 05/07
Título:	Mapa Inundação Geral - Q Turbinada Natural e Dam Break (Sunny Day)			Data:	Ago/2022	Escala:	1:20.000
						Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-001-00-22 Folha: 4/6 (A3)

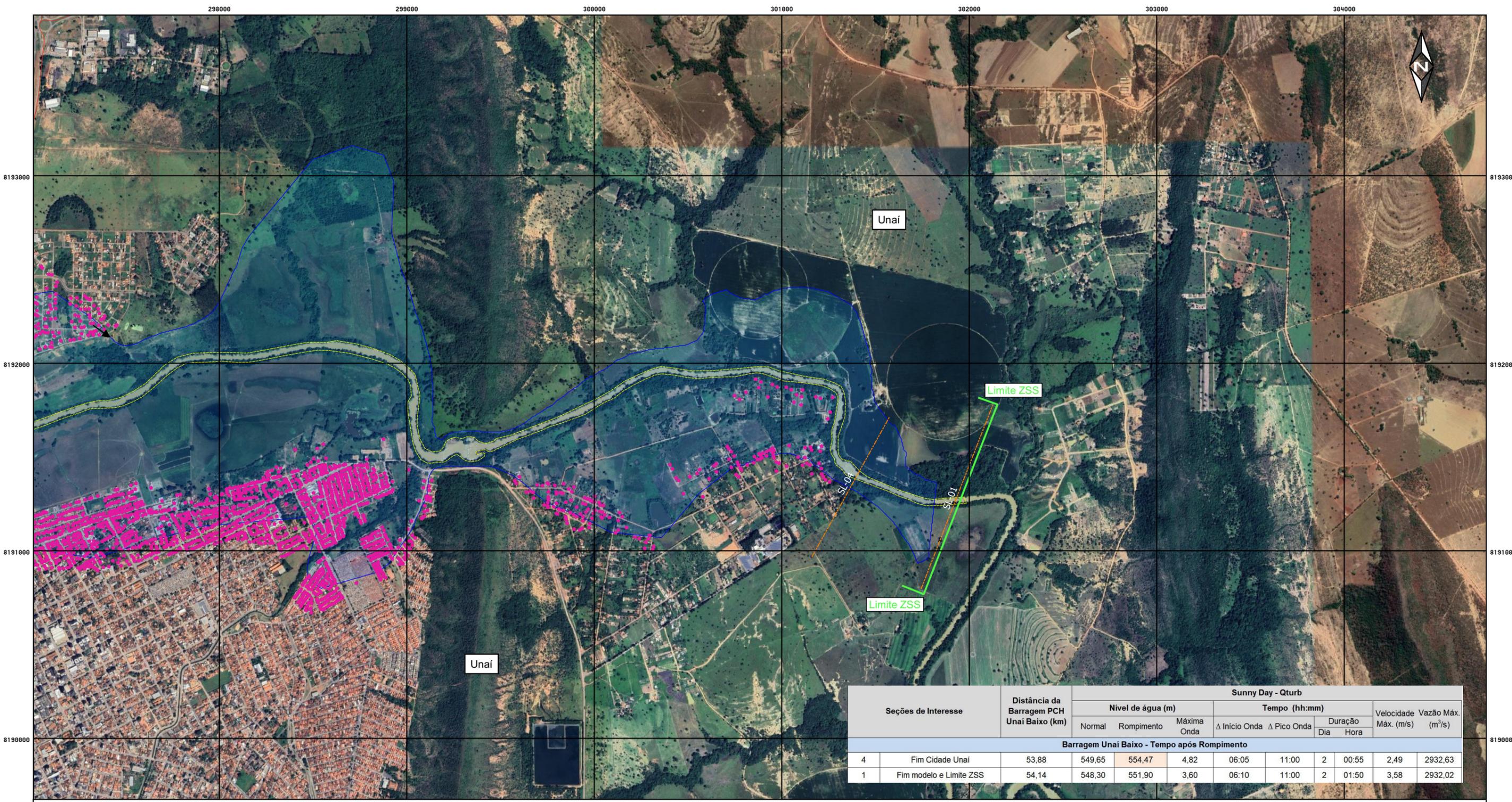


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	Sunny Day - Qturb									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
						Dia	Hora				
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
44	Propriedades	41,24	555,53	561,33	5,80	04:15	08:20	2	01:45	1,17	3658,91
34	Propriedades	45,13	554,49	560,43	5,94	04:35	08:40	2	01:25	1,36	3531,70
29	Início Cidade Unai	46,64	554,05	560,35	6,30	04:55	08:40	2	01:05	0,67	3529,71
25	Ponte	47,40	553,52	559,70	6,18	05:00	09:55	2	01:00	2,49	3185,06

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Cliente: 	Elaborado: 		
Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo	Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 06/07
Título: Mapa Inundação Geral - Q Turbinada Natural e Dam Break (Sunny Day)	Data: Ago/2022	Escala: 1:20.000 Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-001-00-22 Folha: 5/6 (A3)



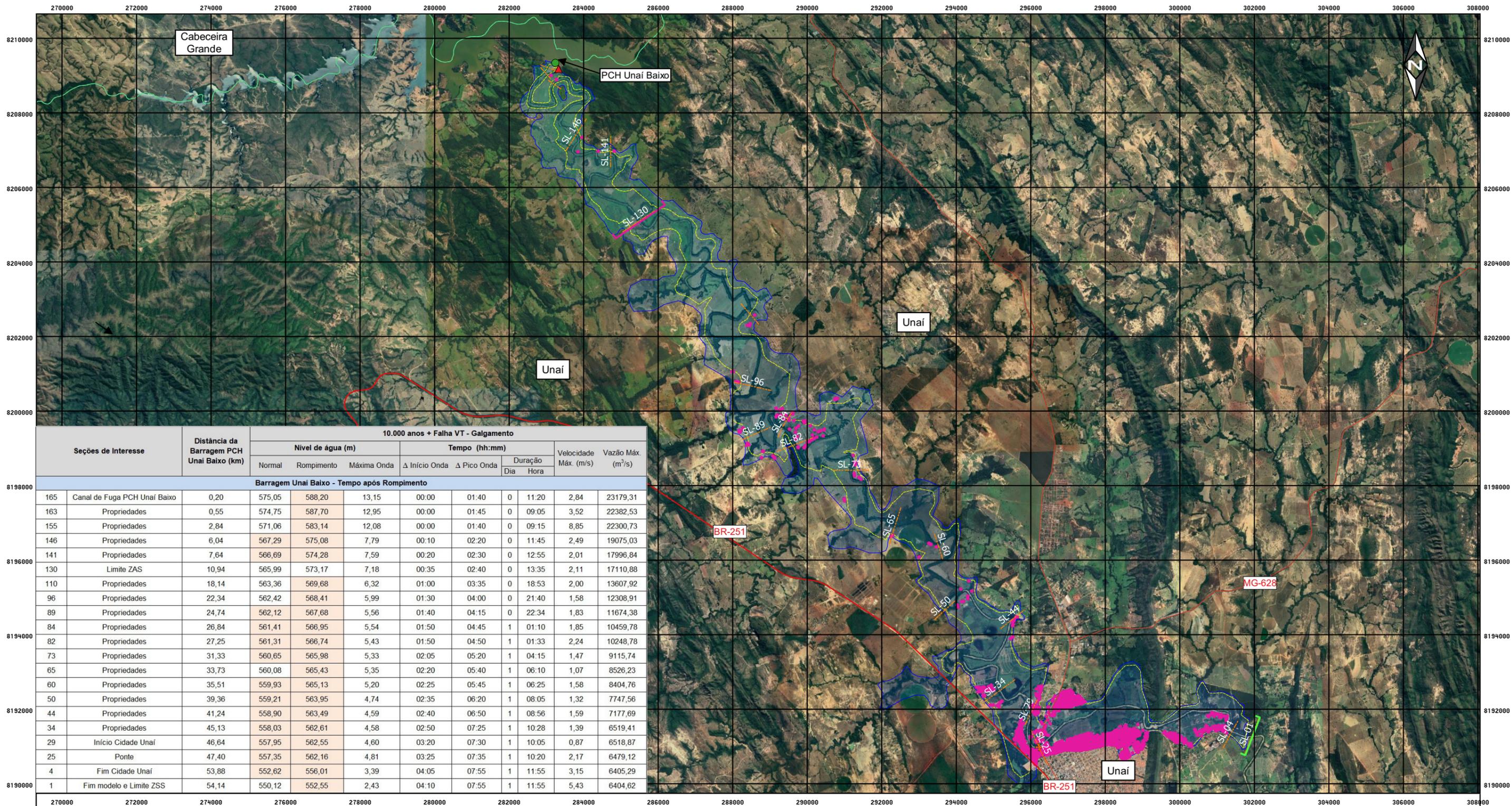
Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	Sunny Day - Qturb									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia	Hora			
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
4	Fim Cidade Unai	53,88	549,65	554,47	4,82	06:05	11:00	2	00:55	2,49	2932,63
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	548,30	551,90	3,60	06:10	11:00	2	01:50	3,58	2932,02

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - - - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



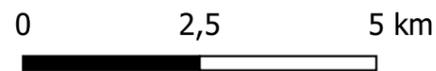
Ciente:  Elaborado: 

Projeto:	Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo	Resp. Técnico:	Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto:	PMP	Prancha:	07/07
Título:	Mapa Inundação Geral - Q Turbinada Natural e Dam Break (Sunny Day)	Data:	Ago/2022	Escala:	1:20.000	Número:	UNB-C-MPI-001-00-22
				Sirgas 2000 - 23S		Folha:	6/6 (A3)

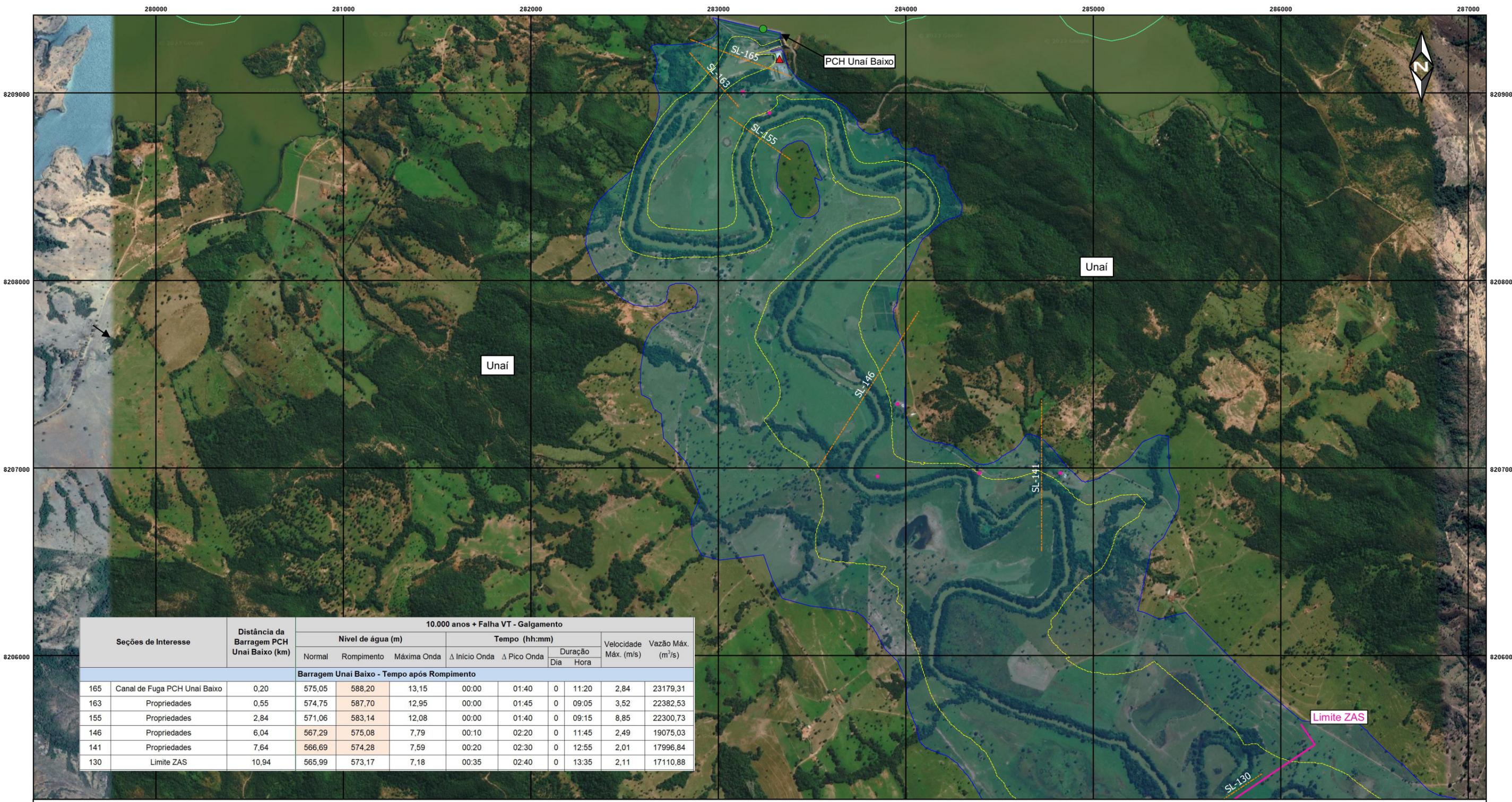


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia	hora			
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20	2,84	23179,31
163	Propriedades	0,55	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05	3,52	22382,53
155	Propriedades	2,84	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15	8,85	22300,73
146	Propriedades	6,04	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45	2,49	19075,03
141	Propriedades	7,64	566,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55	2,01	17996,84
130	Limite ZAS	10,94	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88
110	Propriedades	18,14	563,36	569,68	6,32	01:00	03:35	0	18:53	2,00	13607,92
96	Propriedades	22,34	562,42	568,41	5,99	01:30	04:00	0	21:40	1,58	12308,91
89	Propriedades	24,74	562,12	567,68	5,56	01:40	04:15	0	22:34	1,83	11674,38
84	Propriedades	26,84	561,41	566,95	5,54	01:50	04:45	1	01:10	1,85	10459,78
82	Propriedades	27,25	561,31	566,74	5,43	01:50	04:50	1	01:33	2,24	10248,78
73	Propriedades	31,33	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15	1,47	9115,74
65	Propriedades	33,73	560,08	565,43	5,35	02:20	05:40	1	06:10	1,07	8526,23
60	Propriedades	35,51	559,93	565,13	5,20	02:25	05:45	1	06:25	1,58	8404,76
50	Propriedades	39,36	559,21	563,95	4,74	02:35	06:20	1	08:05	1,32	7747,56
44	Propriedades	41,24	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56	1,59	7177,69
34	Propriedades	45,13	558,03	562,61	4,58	02:50	07:25	1	10:28	1,39	6519,41
29	Início Cidade Unai	46,64	557,95	562,55	4,60	03:20	07:30	1	10:05	0,87	6518,87
25	Ponte	47,40	557,35	562,16	4,81	03:25	07:35	1	10:20	2,17	6479,12
4	Fim Cidade Unai	53,88	552,62	556,01	3,39	04:05	07:55	1	11:55	3,15	6405,29
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	550,12	552,55	2,43	04:10	07:55	1	11:55	5,43	6404,62

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS

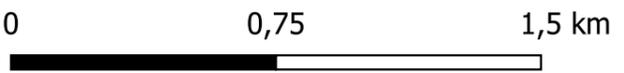


Cliente: 		Elaborado: 		
Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo		Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 01/07
Título: Mapa Inundação Geral - TR 10.000 anos Natural e Dam Break (Galgamento)		Data: Ago/2022	Escala: 1:100.000 Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-002-00-22 Folha: 1/1 (A3)

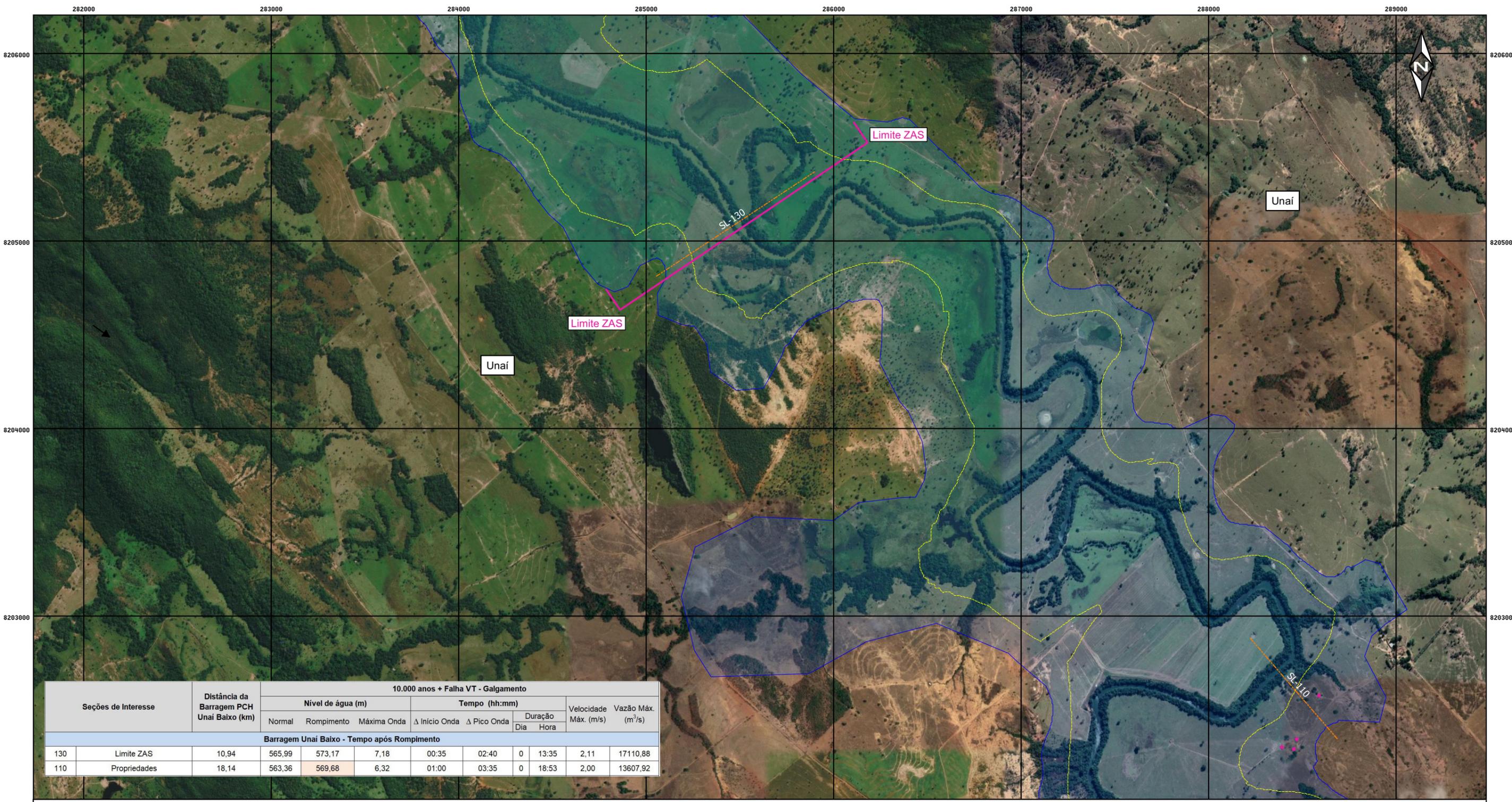


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia	hora			
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20	2,84	23179,31
163	Propriedades	0,55	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05	3,52	22382,53
155	Propriedades	2,84	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15	8,85	22300,73
146	Propriedades	6,04	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45	2,49	19075,03
141	Propriedades	7,64	566,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55	2,01	17996,84
130	Limite ZAS	10,94	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Cliente: 	Elaborado: 		
Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo	Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 02/07
Título: Mapa Inundação Geral - TR 10.000 anos Natural e Dam Break (Galgamento)	Data: Ago/2022	Escala: 1:20.000 Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-002-00-22 Folha: 1/6 (A3)

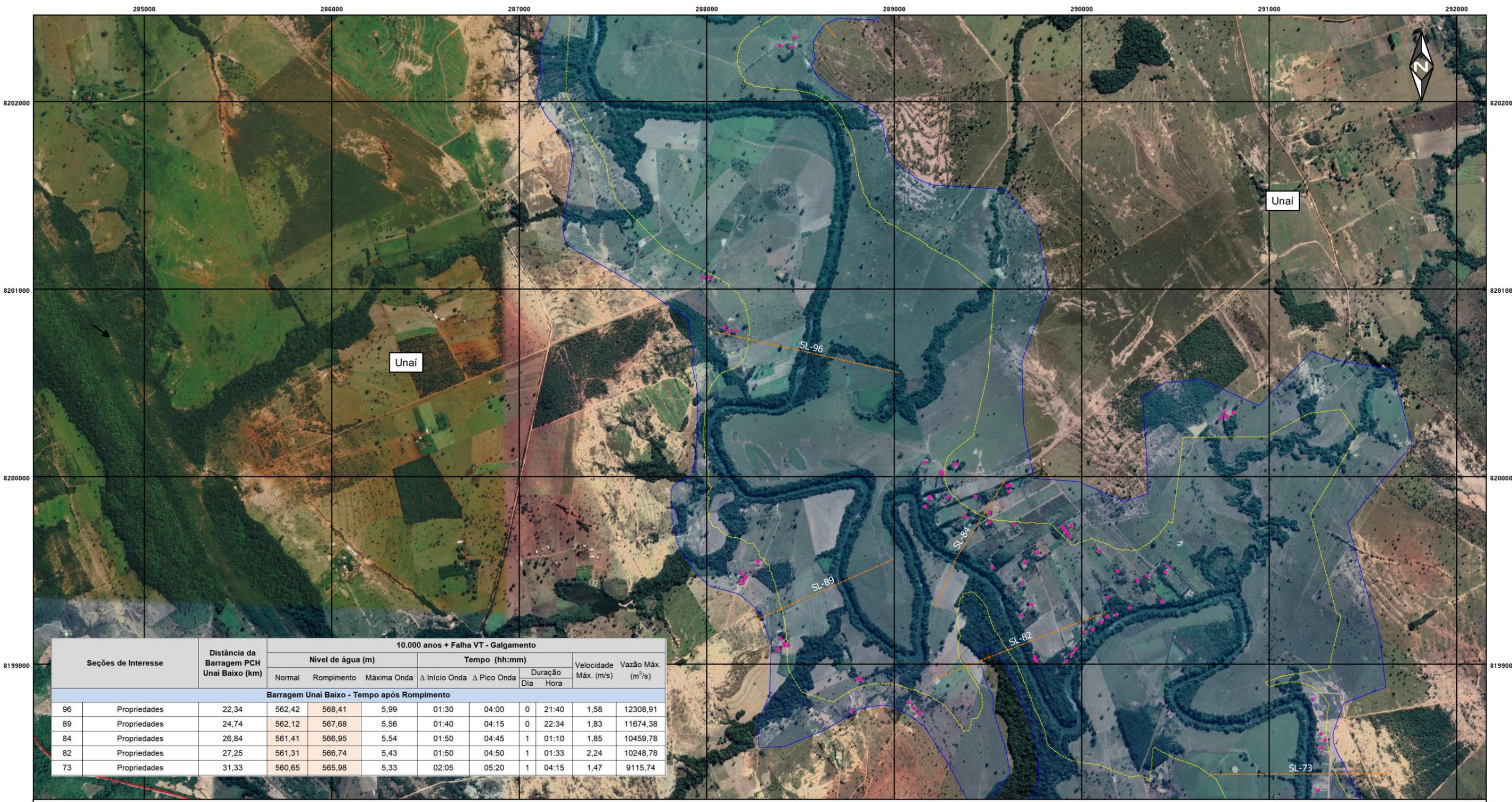


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)		
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia			hora	
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
130	Limite ZAS	10,94	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88
110	Propriedades	18,14	563,36	569,68	6,32	01:00	03:35	0	18:53	2,00	13607,92

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS

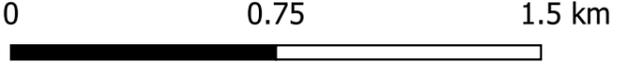


Cliente: 		Elaborado: 			
Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo		Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D		Projeto: PMP	Prancha: 03/07
Título: Mapa Inundação Geral - TR 10.000 anos Natural e Dam Break (Galgamento)		Data: Ago/2022	Escala: 1:20.000	Número: UNB-C-MPI-002-00-22	
			Sirgas 2000 - 23S	Folha: 2/6 (A3)	

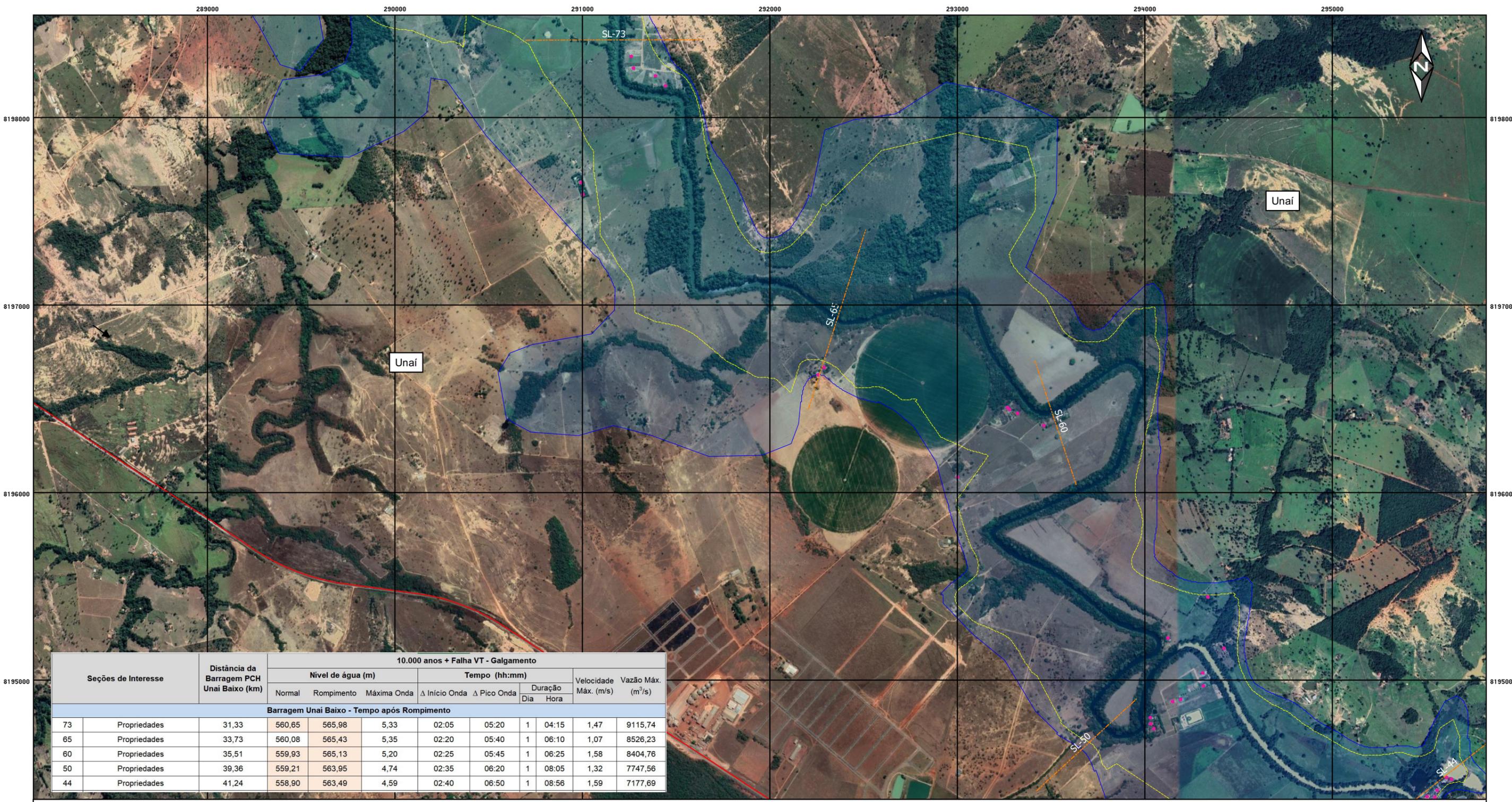


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
96	Propriedades	22,34	562,42	568,41	5,99	01:30	04:00	0	21:40	1,58	12308,91
89	Propriedades	24,74	562,12	567,68	5,56	01:40	04:15	0	22:34	1,83	11674,38
84	Propriedades	26,84	561,41	566,95	5,54	01:50	04:45	1	01:10	1,85	10459,78
82	Propriedades	27,25	561,31	566,74	5,43	01:50	04:50	1	01:33	2,24	10248,78
73	Propriedades	31,33	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15	1,47	9115,74

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Cliente:			Elaborado:				
Projeto:	Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo			Resp. Técnico:	Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 04/07
Título:	Mapa Inundação Geral - TR 10.000 anos Natural e Dam Break (Galgamento)			Data:	Ago/2022	Escala:	1:20.000
						Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-MPI-002-00-22 Folha: 3/6 (A3)

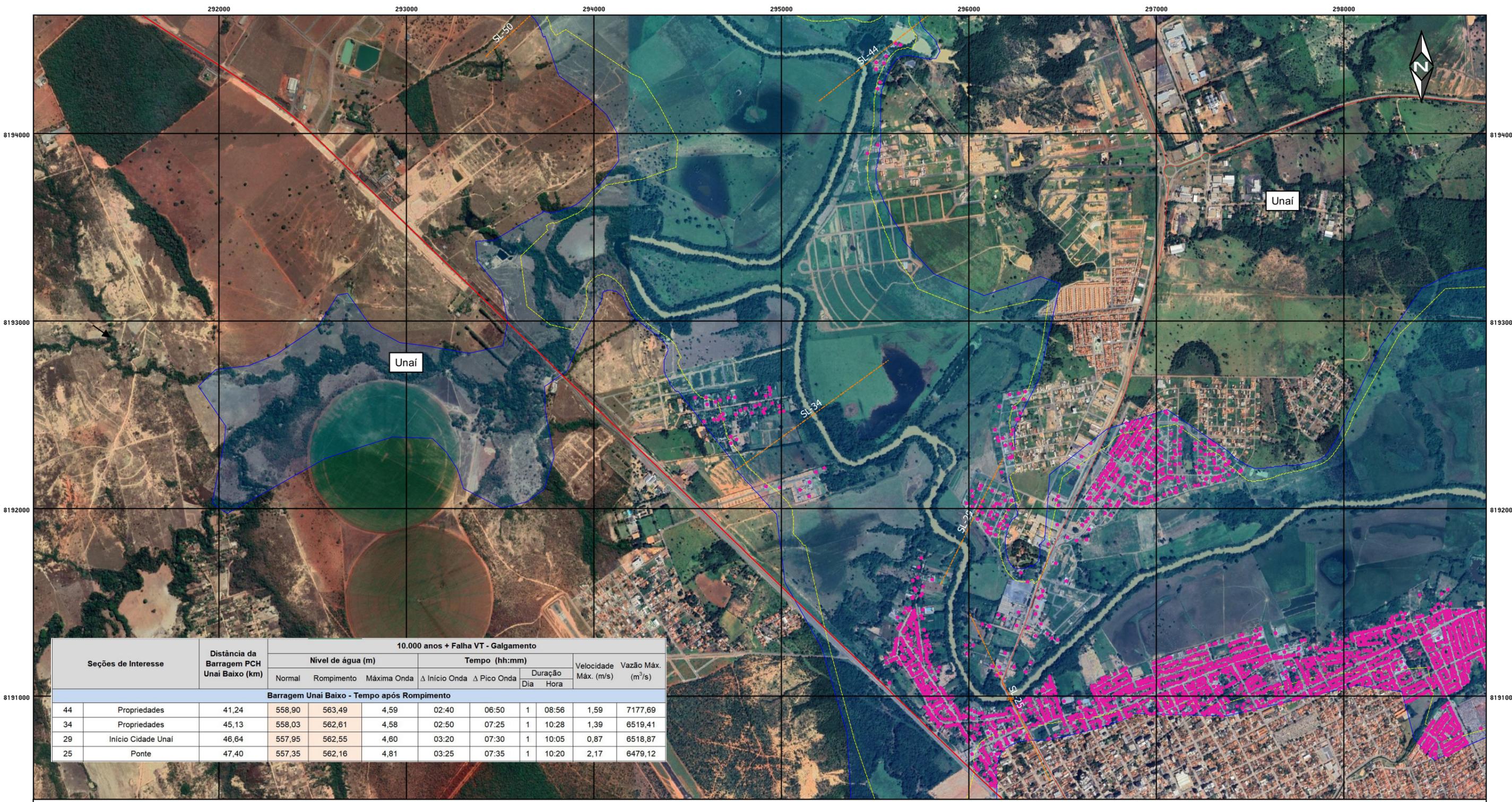


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unaí Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
Barragem Unaí Baixo - Tempo após Rompimento											
73	Propriedades	31,33	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15	1,47	9115,74
65	Propriedades	33,73	560,08	565,43	5,35	02:20	05:40	1	06:10	1,07	8526,23
60	Propriedades	35,51	559,93	565,13	5,20	02:25	05:45	1	06:25	1,58	8404,76
50	Propriedades	39,36	559,21	563,95	4,74	02:35	06:20	1	08:05	1,32	7747,56
44	Propriedades	41,24	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56	1,59	7177,69

- Legenda:
- Barragem PCH Unaí Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unaí Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Cliente:			Elaborado:				
Projeto:	Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unaí Baixo			Resp. Técnico:	Eng. Henrique Y Vieira	Projeto:	Prancha:
					CREA/PR: 61.964/D	PMP	05/07
Título:	Mapa Inundação Geral - TR 10.000 anos Natural e Dam Break (Galgamento)			Data:	Escala:	Número:	
				Ago/2022	1:20.000	UNB-C-MPI-002-00-22	
					Sirgas 2000 - 23S	Folha: 4/6 (A3)	

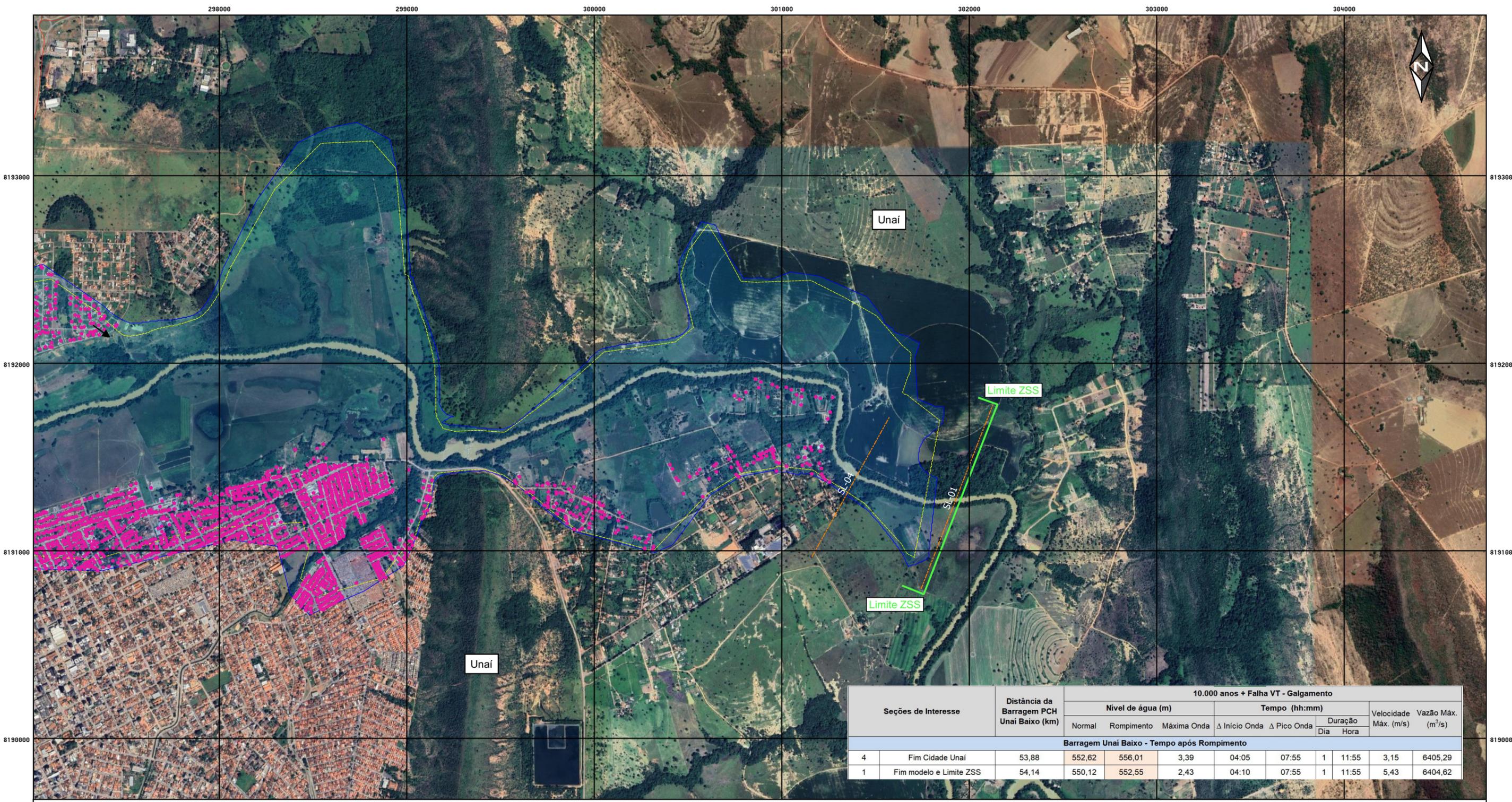


Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração				
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
44	Propriedades	41,24	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56	1,59	7177,69
34	Propriedades	45,13	558,03	562,61	4,58	02:50	07:25	1	10:28	1,39	6519,41
29	Início Cidade Unai	46,64	557,95	562,55	4,60	03:20	07:30	1	10:05	0,87	6518,87
25	Ponte	47,40	557,35	562,16	4,81	03:25	07:35	1	10:20	2,17	6479,12

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Projeto:	Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo	Resp. Técnico:	Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto:	PMP	Prancha:	06/07
Título:	Mapa Inundação Geral - TR 10.000 anos Natural e Dam Break (Galgamento)	Data:	Ago/2022	Escala:	1:20.000	Número:	UNB-C-MPI-002-00-22
				Sirgas 2000 - 23S		Folha:	5/6 (A3)



Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia	hora			
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
4	Fim Cidade Unai	53,88	552,62	556,01	3,39	04:05	07:55	1	11:55	3,15	6405,29
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	550,12	552,55	2,43	04:10	07:55	1	11:55	5,43	6404,62

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Natural
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS



Ciente:  Elaborado: 

Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo

Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira
CREA/PR: 61.964/D

Projeto: PMP

Prancha: 07/07

Título: Mapa Inundação Geral - TR 10.000 anos Natural e Dam Break (Galgamento)

Data: Ago/2022

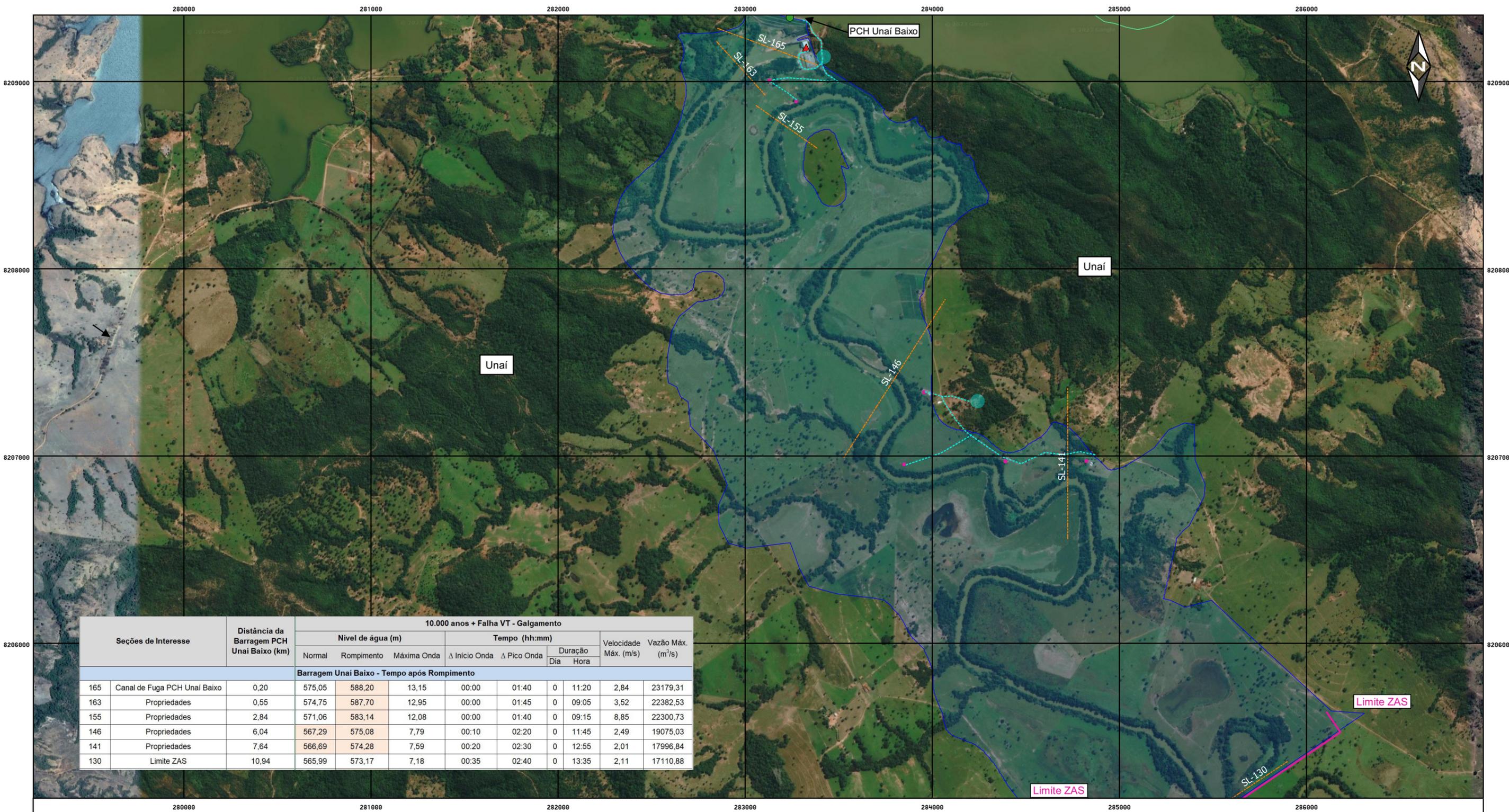
Escala: 1:20.000

Sirgas 2000 - 23S

Número: UNB-C-MPI-002-00-22

Folha: 6/6 (A3)

ANEXO VI – ZONA DE AUTO SALVAMENTO



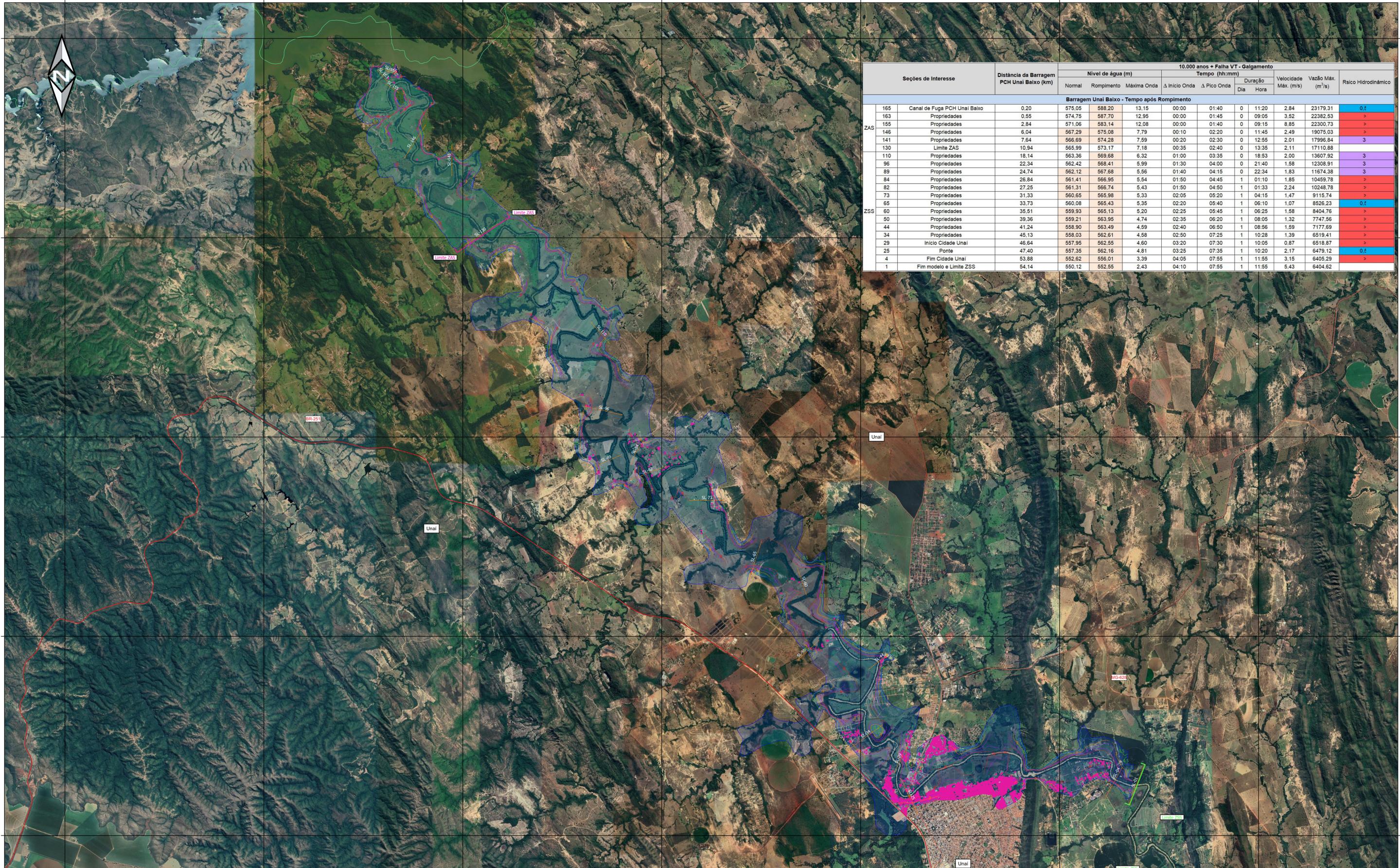
Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento									
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)				Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia	hora			
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento											
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20	2,84	23179,31
163	Propriedades	0,55	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05	3,52	22382,53
155	Propriedades	2,84	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15	8,85	22300,73
146	Propriedades	6,04	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45	2,49	19075,03
141	Propriedades	7,64	566,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55	2,01	17996,84
130	Limite ZAS	10,94	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Rota de Fuga
 - Ponto de Encontro



Cliente: 	Elaborado: 		
Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo	Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto: PMP	Prancha: 01/01
Título: Zona de Autossalvamento - TR 10.000 anos Dam Break (Galgamento)	Data: Ago/2022	Escala: 1:20.000 Sirgas 2000 - 23S	Número: UNB-C-ZAS-001-00-22 Folha: 1/1 (A3)

ANEXO VII – RISCO HIDRODINÂMICO



Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Unai Baixo (km)	10.000 anos + Falha VT - Galgamento										
		Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)		Duração (Dia Hora)	Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Risco Hidrodinâmico		
		Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda						
Barragem Unai Baixo - Tempo após Rompimento												
165	Canal de Fuga PCH Unai Baixo	0,20	575,05	588,20	13,15	00:00	01:40	0	11:20	2,84	23179,31	0,5
163	Propriedades	0,55	574,75	587,70	12,95	00:00	01:45	0	09:05	3,52	22382,53	>
155	Propriedades	2,84	571,06	583,14	12,08	00:00	01:40	0	09:15	8,85	22300,73	>
146	Propriedades	6,04	567,29	575,08	7,79	00:10	02:20	0	11:45	2,49	19075,03	>
141	Propriedades	7,64	565,69	574,28	7,59	00:20	02:30	0	12:55	2,01	17996,84	3
130	Limite ZAS	10,94	565,99	573,17	7,18	00:35	02:40	0	13:35	2,11	17110,88	>
110	Propriedades	18,14	563,36	569,68	6,32	01:00	03:35	0	16:53	2,00	13607,92	3
96	Propriedades	22,34	562,42	568,41	5,99	01:30	04:00	0	21:40	1,58	12308,91	3
89	Propriedades	24,74	562,12	567,68	5,56	01:40	04:15	0	22:34	1,83	11674,38	3
84	Propriedades	26,84	561,31	566,95	5,54	01:50	04:45	1	01:10	1,85	10459,78	>
82	Propriedades	27,25	561,31	566,74	5,43	01:50	04:50	1	01:33	2,24	10248,78	>
73	Propriedades	31,33	560,65	565,98	5,33	02:05	05:20	1	04:15	1,47	9115,74	>
65	Propriedades	33,73	560,08	565,43	5,35	02:20	05:40	1	06:10	1,07	8526,23	0,5
60	Propriedades	35,51	559,93	565,13	5,20	02:25	05:45	1	06:25	1,58	8404,76	>
50	Propriedades	39,36	559,21	563,95	4,74	02:35	06:20	1	08:05	1,32	7747,56	>
44	Propriedades	41,24	558,90	563,49	4,59	02:40	06:50	1	08:56	1,59	7177,69	>
34	Propriedades	45,13	558,03	562,61	4,58	02:50	07:25	1	10:28	1,39	6519,41	>
29	Início Cidade Unai	46,64	557,95	562,55	4,60	03:20	07:30	1	10:05	0,87	6518,87	>
25	Ponte	47,40	557,35	562,16	4,81	03:25	07:35	1	10:20	2,17	6479,12	0,5
4	Fim Cidade Unai	53,88	552,62	556,01	3,39	04:05	07:55	1	11:55	3,15	6405,29	>
1	Fim modelo e Limite ZSS	54,14	550,12	552,55	2,43	04:10	07:55	1	11:55	5,43	6404,62	>

- Legenda:
- Barragem PCH Unai Baixo
 - ▲ Casa de Força PCH Unai Baixo
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - + Pontes
 - Divisa Municipal
 - Mapa Rompimento
 - Seções Interesse
 - Limite ZAS
 - Limite ZSS

Risco Hidrodinâmico (m²/s)	Consequências
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 - 1	Adultos são arrastados
1 - 3	Danos de submersão em edifícios e estruturas em casas fracas
3 - 7	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
> 7	Colapso de certos edifícios

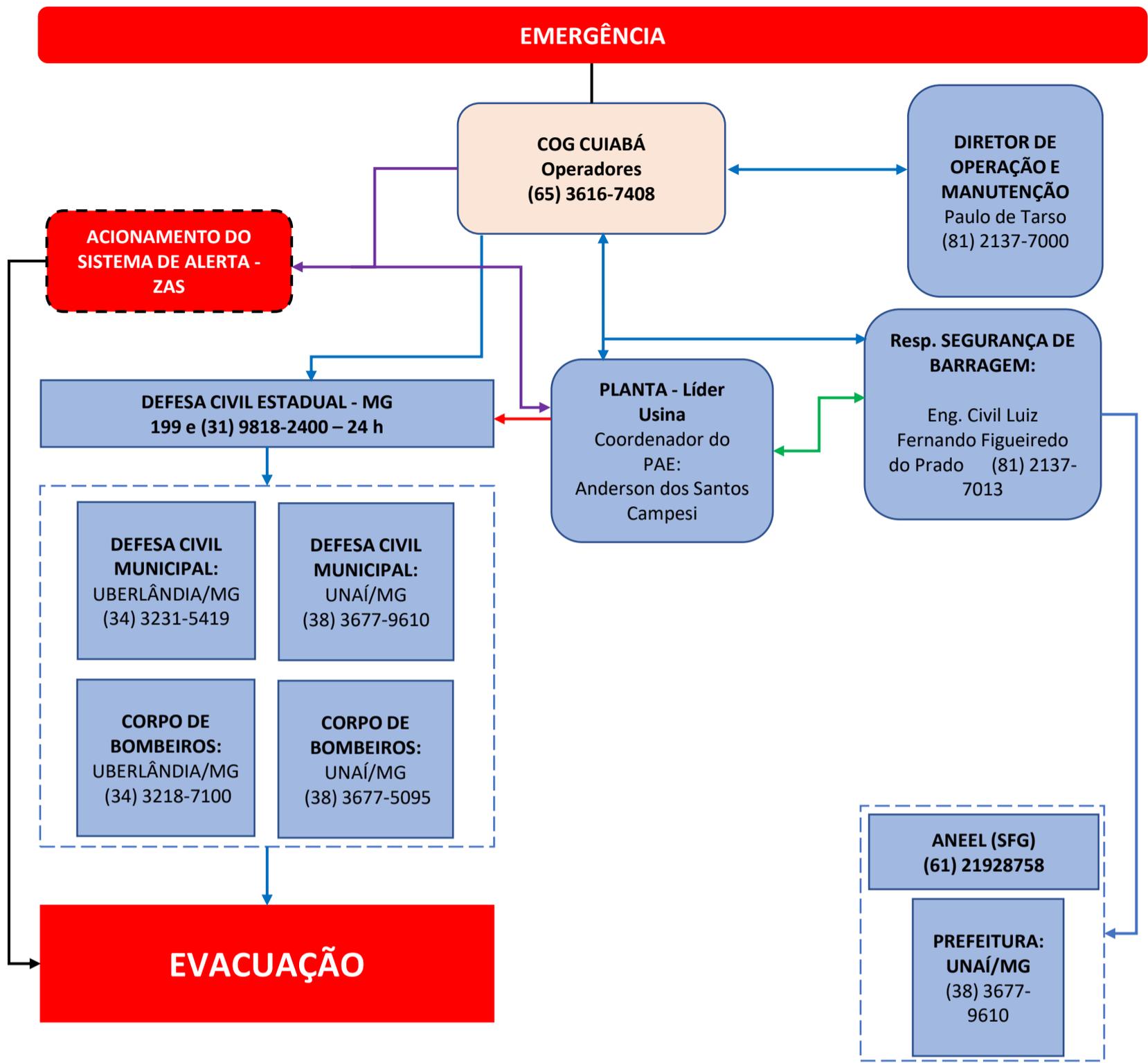


Cliente: Elaborado:

Projeto: Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unai Baixo Resp. Técnico: Eng. Henrique Y Vieira CREA/SC: DPR 61964/D Projeto: PMP Prancha: 01/01

Título: Mapa de Inundação Geral - TR 10.000 anos Risco Hidrodinâmico - Dam Break Data: Out/22 Escala: 1:100.000 Número: UNB-C-RHI-001-00-22 Sirgas 2000 - 21S Folha: 1/1 - A1

ANEXO VIII – FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO



LEGENDA:

- ← Fluxo normal de informações.
- ← Fluxo de informação caso haja falha no sistema de comunicação do COG.
- ← Fluxo de informação partirá do líder da usina em horário comercial e do COG fora do horário comercial, feriados e finais de semana.
- ← Fluxo caso necessário. O primeiro contato será realizado pelo COG.

ANEXO IX – APRESENTAÇÃO PAE

APRESENTAÇÃO



PCH UNAÍ BAIXO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

RESPONSÁVEIS

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Nome do Empreendedor: Unaí Baixo Energética S/A

PCH: Unaí Baixo

CNPJ: 09.509.052/0002-43

Endereço: Fazenda Canto, S/N - Unaí - MG

Representantes Legais: Pedro Pontual Marletti e Ricardo Jeronimo Pereira Rego Junior

Fone: (81) 2137-7000

E-mail: pedro.pontual@brennandEnergética.com.br e ricardo.rego@brennandEnergética.com.br

Responsável Técnico da Segurança da Barragem: Eng. Civil Luiz Fernando Figueiredo do Prado

CREA: PE 047637

Telefone: (81) 2137-7013

E-mail: luiz.prado@brennandEnergética.com.br

IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO RPS, PSB E PAE

Empresa: PROSENGE PROJETOS E ENGENHARIA.

Endereço: Rua Lauro Linhares 2123 – Sala 204 Bloco B – Trindade Shopping – Florianópolis SC

Telefone: (048) 3206-8509

E-mail: henrique@prosenge.com

1. CARACTERÍSTICAS DA PCH Unaí Baixo

- ✓ Potência Instalada 26,00 MW – 2 máquinas Kaplan S Montante
- ✓ NA Normal Montante – 600,00 m;
- ✓ NA Máximo Maximorum Montante – 601,70 m (TR 10.000 anos);
- ✓ Vertedouro Comportas Segmento – 3 comportas com capacidade 1.754,00 m³/s;
- ✓ Barragem Terra – H_{máx} = 36,50 m;
- ✓ Cota Proteção Barramento – 604,50 m;
- ✓ Instrumentação Barragem – Piezômetro Casagrande, medidor de vazão, medidor de nível de água e marcos superficiais.

PCH UNAÍ BAIXO

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

1. CARACTERÍSTICAS DA PCH Unai Baixo

Ficha Resumo



FICHA TECNICA PCH UNAÍ BAIXO



IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	
Nome:	PCH Unai Baixo
Municípios:	Unai/MG
Proprietário:	Unai Baixo Energética S/A

DATAS	
Conclusão Barramento:	abril/2012
Início Operação:	abril/2012
Manutenção Barragem:	-----

BACIA HIDROGRÁFICA	
Curso d'Água:	Rio Preto
Bacia (ANEEL):	Paracatu- 42
Sub-Bacia (ANEEL):	São Francisco - 4

RESERVATÓRIO	
Área Drenagem - (km²):	4771,00
Área NA Normal - (km²):	10,55
Volume NA Normal (hm³):	134,45
Vazão Sanitária (m³/s):	-
Vazão Média - QMLT(m³/s):	69,00
Níveis de Água (m):	Máx. Max.: 601,70
	Normal: 600,00
	Mínimo: 599,00

BARRAGEM	
Tipo:	Terra
Comprimento (m):	405,65
Altura Máxima (m):	36,50
Largura Crista (m):	6,00
Elevação da Crista (m):	604,50
Borda Livre NA Máx Max (m)	2,80
Fundação:	siltito

CASCATA	
Usina Montante:	PCH Mata Velha
Usina Jusante:	-

ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO	
Tipo:	Controlado - Comportas Segmento
Comprimento (m):	31
Número Comportas	3,0
Dimensões Vão (LxA - m):	7,0 x 12,73
Cota da Soleira (m):	589
Capacidade (m³/s):	1.754,00 (>TR 10.000 anos)
Fundação:	siltito

TOMADA D'ÁGUA	
Tipo:	Gravidade
Comprimento (m):	16,40
Comportas	Número: 2
	Altura (m): 5,00
	Largura (m): 4,00

CONDUTOS FORÇADO	
Unidades:	2
Diâmetro (m):	3,50
Comprimento Total (m):	63,10

CASA DE FORÇA	
Tipo:	Abrigada
Potência Instalada (MW)	26,00
Unidades Geradoras:	2 Kaplan S montante
Vazão Máxima (m³/s):	98,44
Queda Bruta (m)	29,86
Nível de água jusante (m):	Máx. Max.: 576,40
	Normal: 570,14
	Mínimo: -

TURBINA	
Potência Nominal [MW]	13,42 (2 Unid.)
Vazão Nominal [m³/s]	49,22
Rotação Nominal [rpm]	327

GERADOR	
Potência Nominal [kVA]	14600,00
Rotação Nominal [rpm]	327,27
Fator de Potência	0,9

1. CARACTERÍSTICAS DA PCH Unai Baixo



2. O PORQUÊ DA LEI DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

BARRAGENS → Obras associadas a um elevado potencial de risco → Ruptura

Consequências de rompimento:

- Perda de vidas humanas
- Danos ao meio ambiente
- Catástrofes para as estruturas
- Elevados custos econômicos

As causas:

- Falhas de projeto
- Falhas de execução
- **Falta de manutenção**

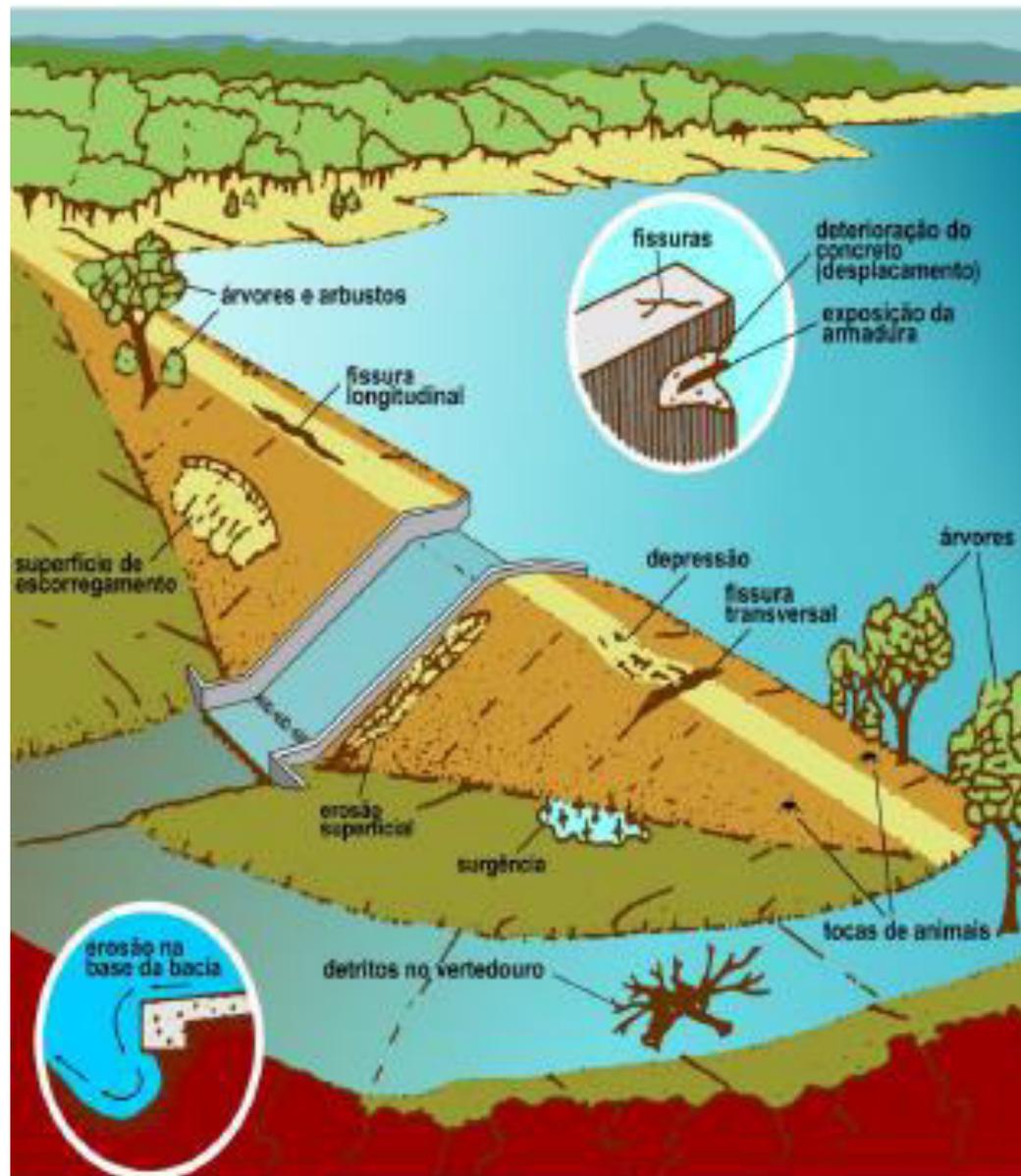
Segurança de Barragens:

- Inspeção Civil
- Auscultação da Instrumentação
- Manutenção das estruturas
- Planejamento de ações preventivas e corretivas.

Tipos de Rompimento:

- Galgamento: podem ocorrer devido os estudos hidrológico e dimensionamento com graves deficiências.
- Erosão Interna da barragem (Piping): procedimentos incorretos de projeto, dimensionamento do filtro e de construção.

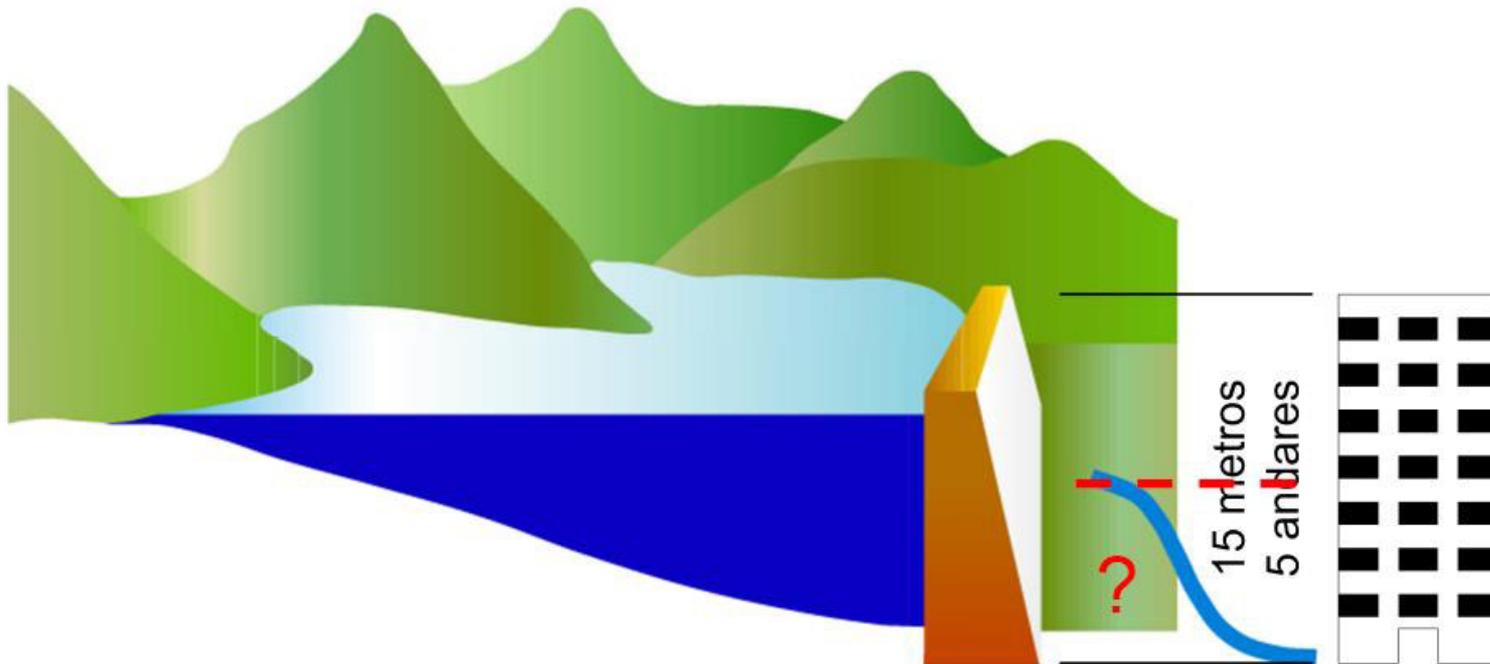
3. TIPOS DE PATOLOGIAS EM BARRAGENS



4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

I – Altura da Barragem ≥ 15 m (quinze metros) → PCH Unaí Baixo: $h = 36,50$ m



PCH Unaí Baixo → Necessário Plano de Segurança da Barragem

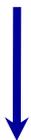
4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

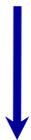
II – Volume reservatório

≥

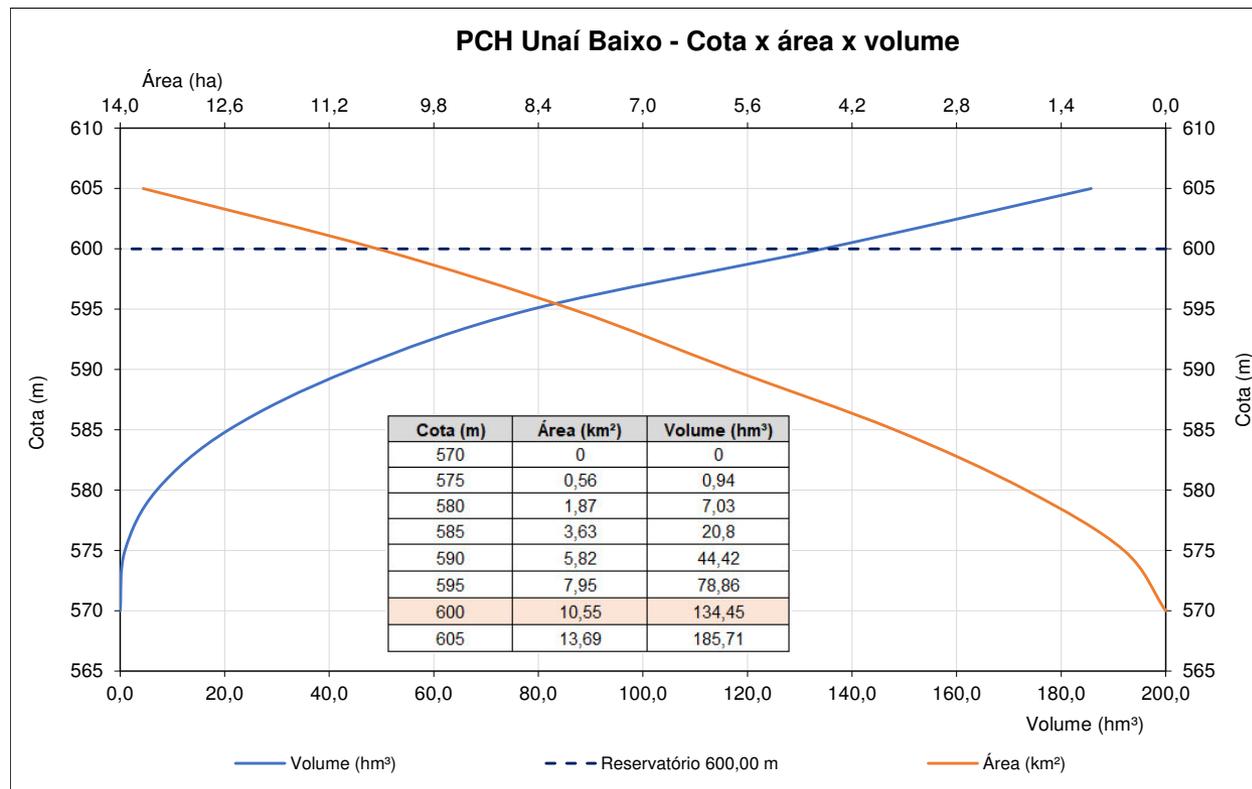
3.000.000 m³ (3 hm³)



PCH Unaí Baixo



134,45 hm³

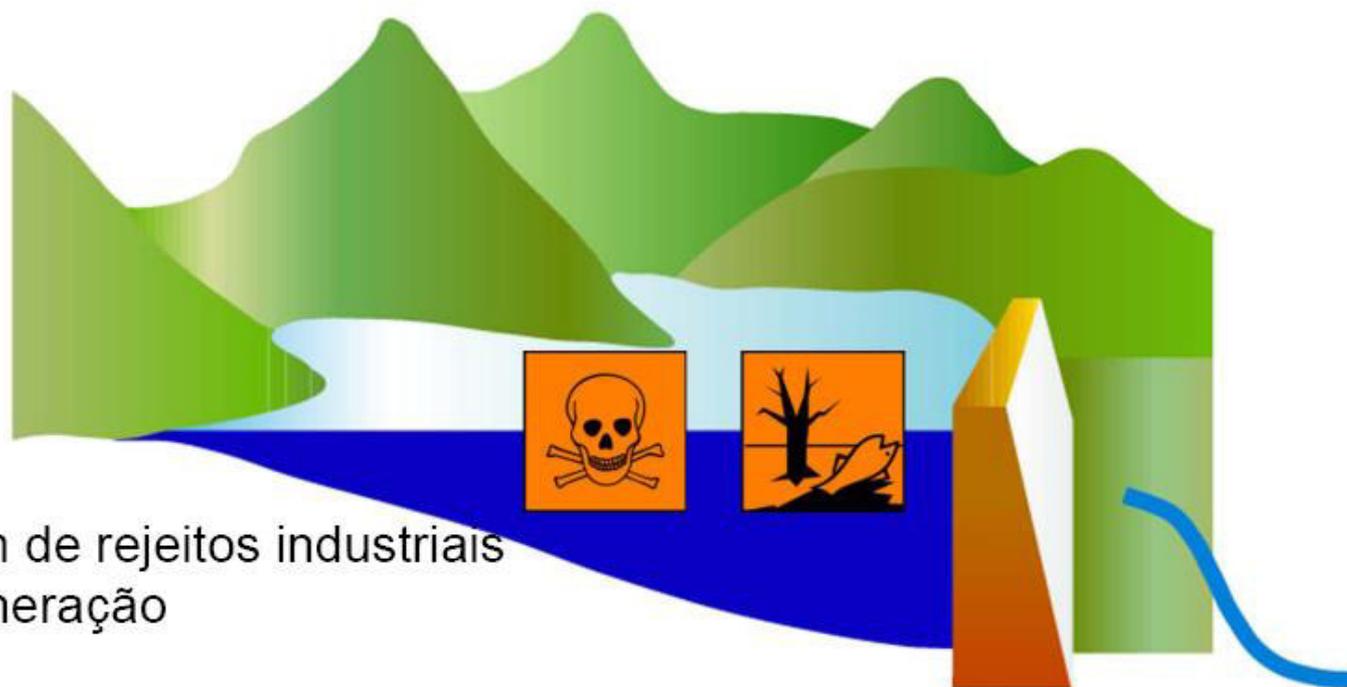


PCH Unaí Baixo → Necessário Plano de Segurança da Barragem

4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

III – Reservatório → Resíduos perigosos (NBR 10004:2004 e CONAMA 23/96)

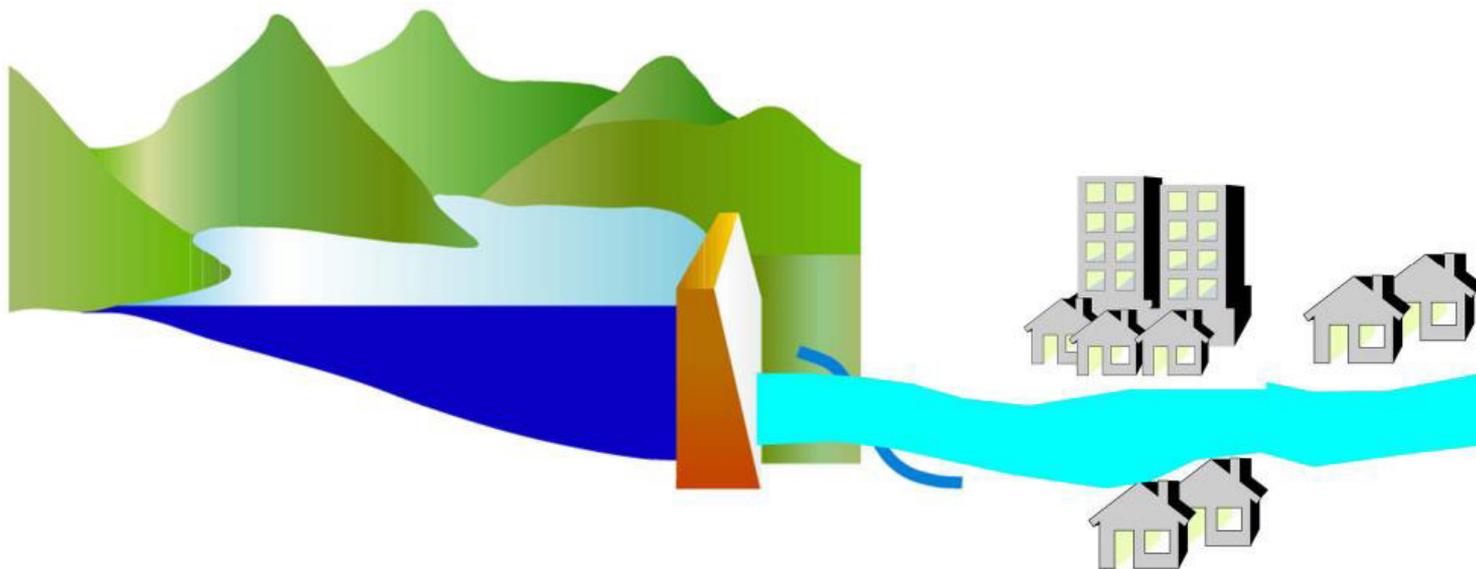


Barragem de rejeitos industriais
ou de mineração

4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

IV – Dano potencial associado → Termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas → **PCH Unai Baixo tem população a jusante → É necessário Plano de Ação de Emergência (PAE)**



4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Plano de Segurança da Barragem, deverá conter para a PCH Unaí Baixo:

- *Identificação do empreendedor;*
- *Dados técnicos empreendimento → necessários para a operação e manutenção da barragem;*
- *Estrutura organizacional e qualificação técnica → equipe de segurança da barragem;*
- *Manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;*
- *Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem*
- *Área a ser resguardada;*
- *Plano de Ação de Emergência → Dano potencial associado alto;*
- *Relatórios das inspeções de segurança;*
- *Revisões periódicas de segurança.*

5. MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO CIVIL

INSPEÇÕES CIVIL

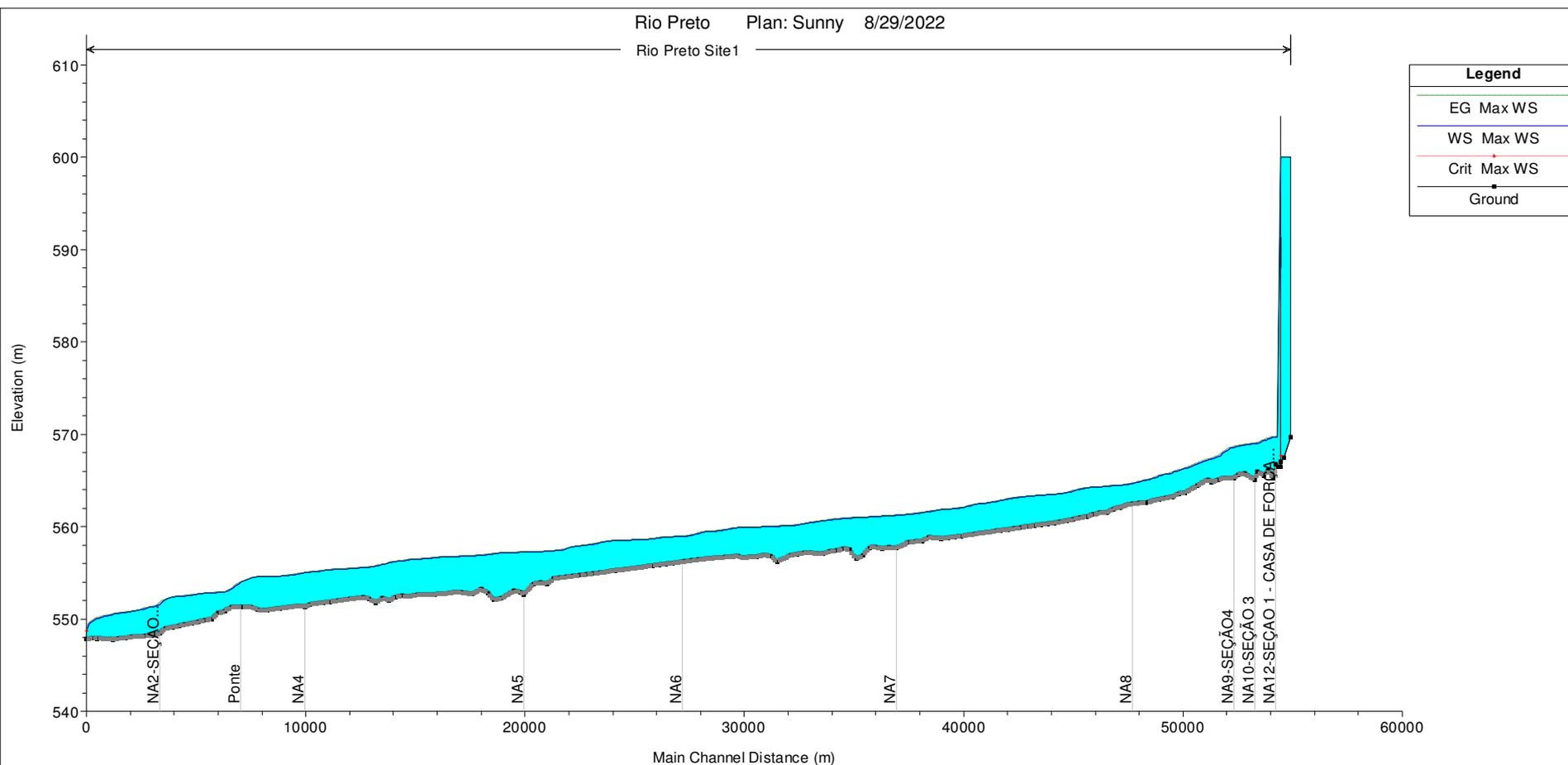
- ✓ **ROTINEIRAS – MENSAIS (OPERADORES) → Listas de Verificações Simplificada e leituras Instrumentação;**
- ✓ **REGULARES – ANUAL (ESPECIALISTAS) → Listas de Verificações – Detalhada e Recomendações Técnicas;**
- ✓ **ESPECIAIS – EMERGÊNCIAS (ESPECIALISTAS) → Listas de Verificações – Detalhada e Recomendações Técnicas**

Contato com Responsável Técnico da Barragem

6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

1. Programa Computacional

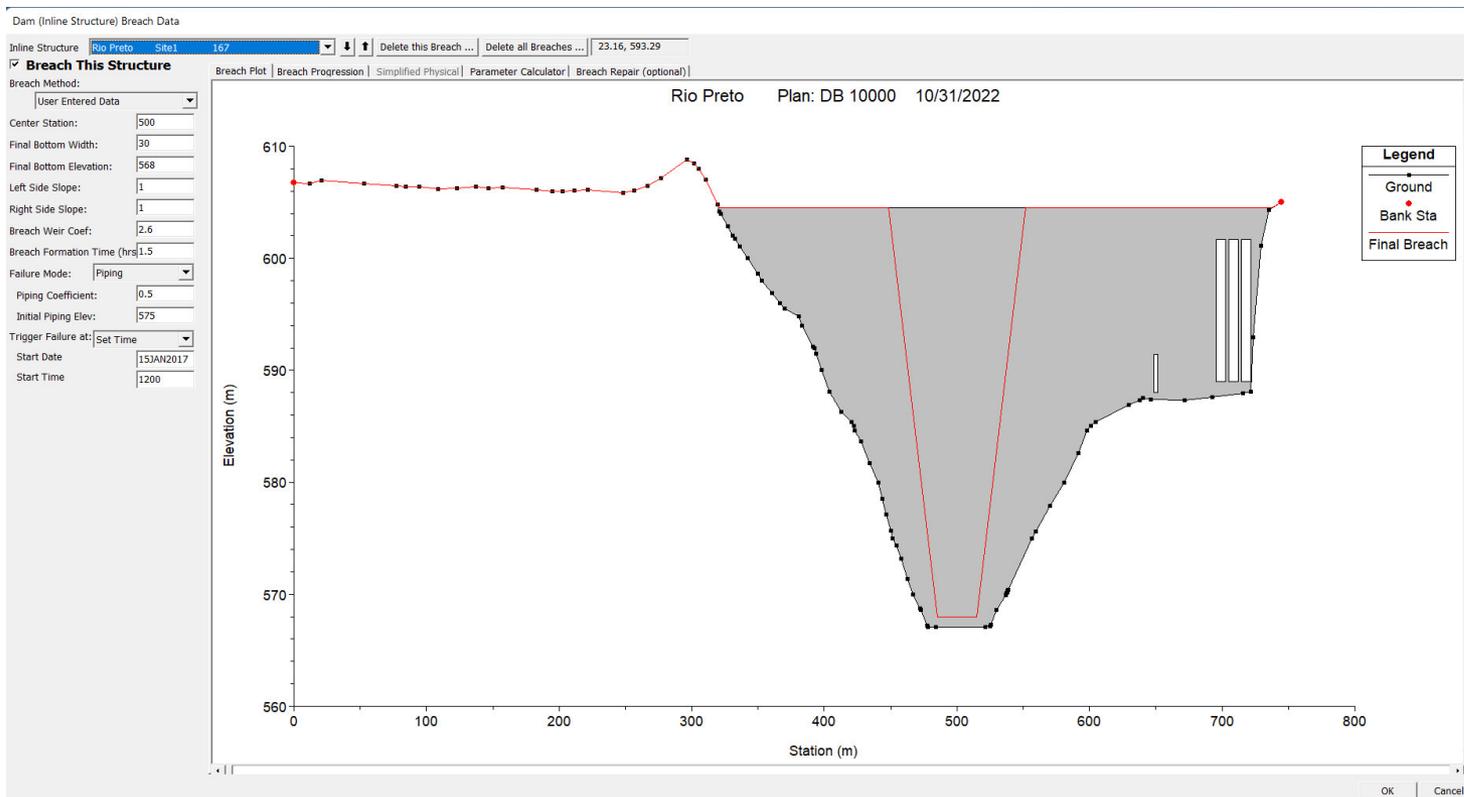
HEC-RAS 5.0.5 (desenvolvido por
U.S. Army Corps of Engineers)



6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

2. Dados de entrada

- ✓ Geografia da Barragem;

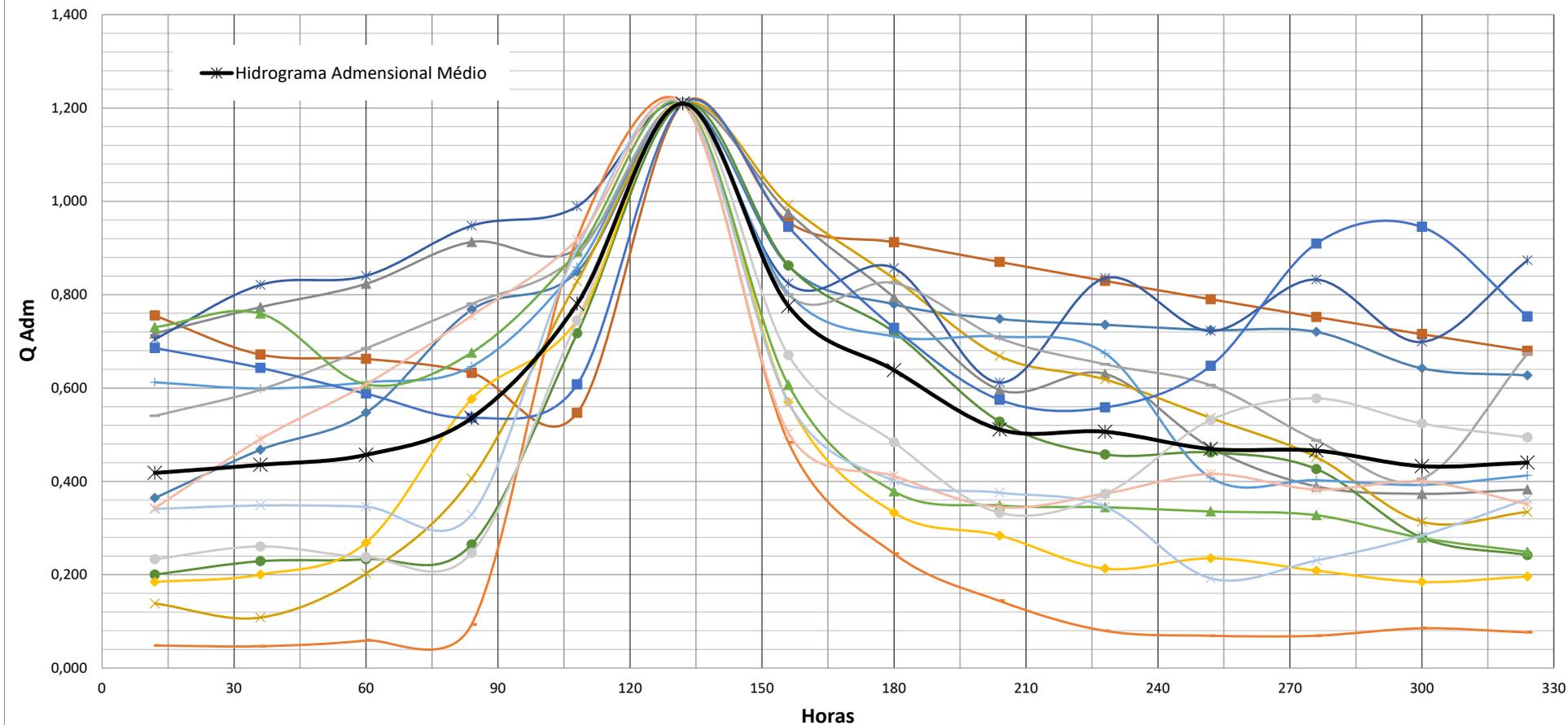


6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

2. Dados de entrada

- ✓ Hidrograma de Cheias – PCH Unaí Baixo;

Hidrograma de Cheia Adimensional Para PCH Unaí Baixo



6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

4. Zona de Autossalvamento

No estudo de rompimento da barragem da PCH Unaí Baixo o local do limite da ZAS se encontra a 10,94 km de distância da barragem para a pior condição de estudo que é o rompimento com a cheia de 10.000 anos.

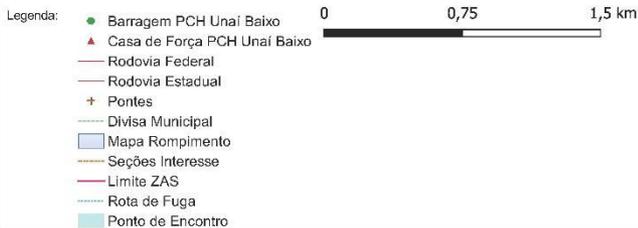
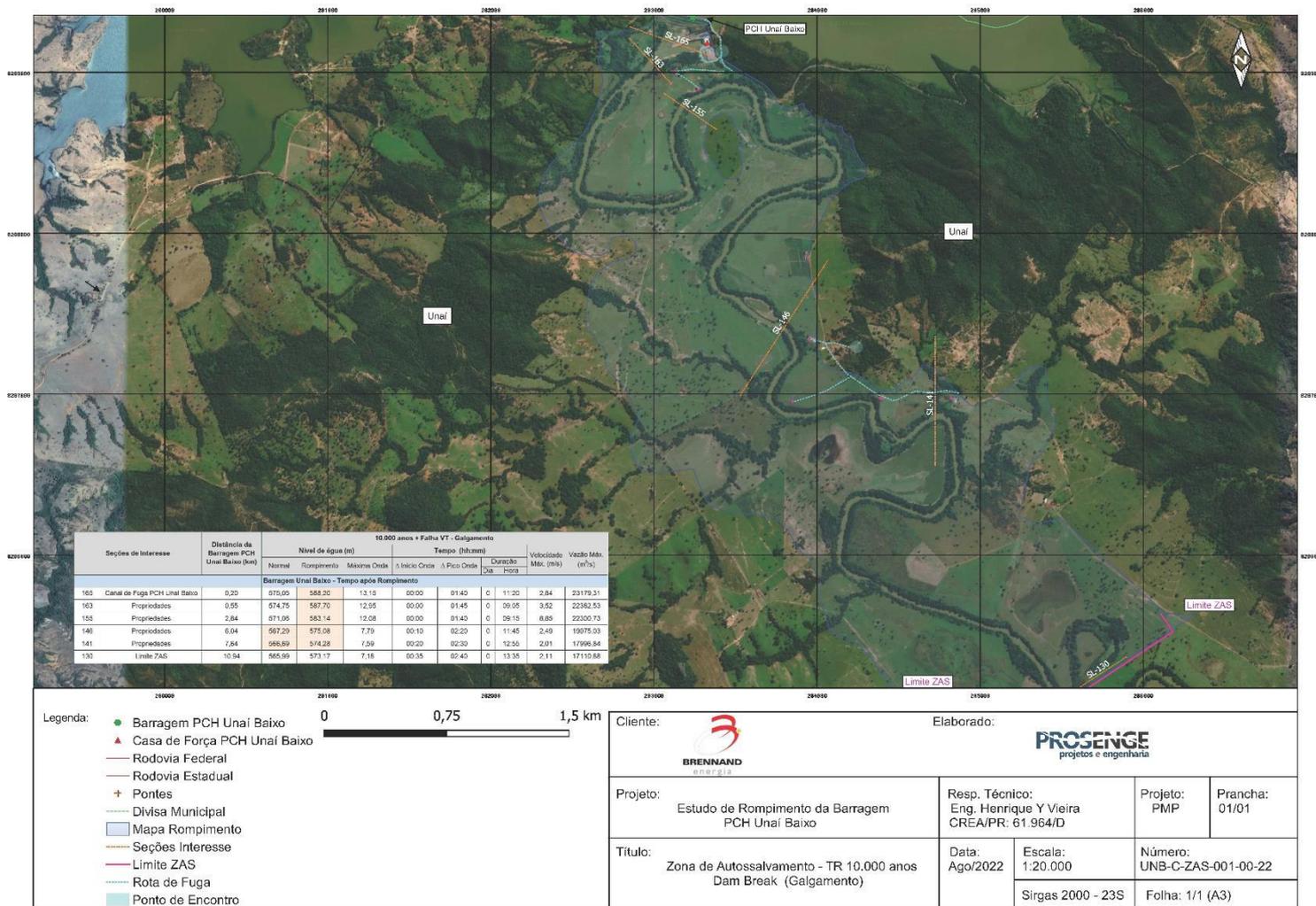
Dentro da ZAS existem aproximadamente (01) própria Casa de Força da PCH Unaí Baixo e (06) Propriedades no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia que resultante da ruptura da barragem. Na Tabela apresenta-se a sua localização e principais características.

BARRAGEM Unaí Baixo					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota DB (m) - TR 10.000 anos
165	Canal de Fuga PCH Unaí Baixo	16°11'17.49"S	47° 1'36.15"O	0,20	588,20
163	Propriedades	16°11'22.98"S	47° 1'43.03"O	0,55	587,70
155	Propriedades	16°11'26.78"S	47° 1'38.07"O	2,84	583,14
146	Propriedades	16°12'17.75"S	47° 1'15.40"O	6,04	575,08
141	Propriedades	16°12'29.55"S	47° 0'46.55"O	7,64	574,28
130	Limite ZAS	16°13'31.77"S	47° 0'23.70"O	10,94	573,17

BARRAGEM UNAÍ BAIXO			
Infraestrutura e Edificações - DB 10.000			
Zona	Município	Margem Rio	Quantidade Propriedades Atingidas
Autossalvamento	Unaí	Direita/Esquerda	6
Total ZAS			6
Segurança Secundária	Unaí	Direita/Esquerda	3147
Total ZSS			3147
Total ZAS e ZSS			3153

6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

4. Zona de Autossalvamento



Cliente:		Elaborado:			
					
Projeto:	Estudo de Rompimento da Barragem PCH Unaí Baixo	Resp. Técnico:	Eng. Henrique Y Vieira CREA/PR: 61.964/D	Projeto:	PMP
Título:	Zona de Autossalvamento - TR 10.000 anos Dam Break (Galgamento)	Data:	Ago/2022	Escala:	1:20.000
		Número:		UNB-C-ZAS-001-00-22	
		Sirgas 2000 - 23S		Folha: 1/1 (A3)	

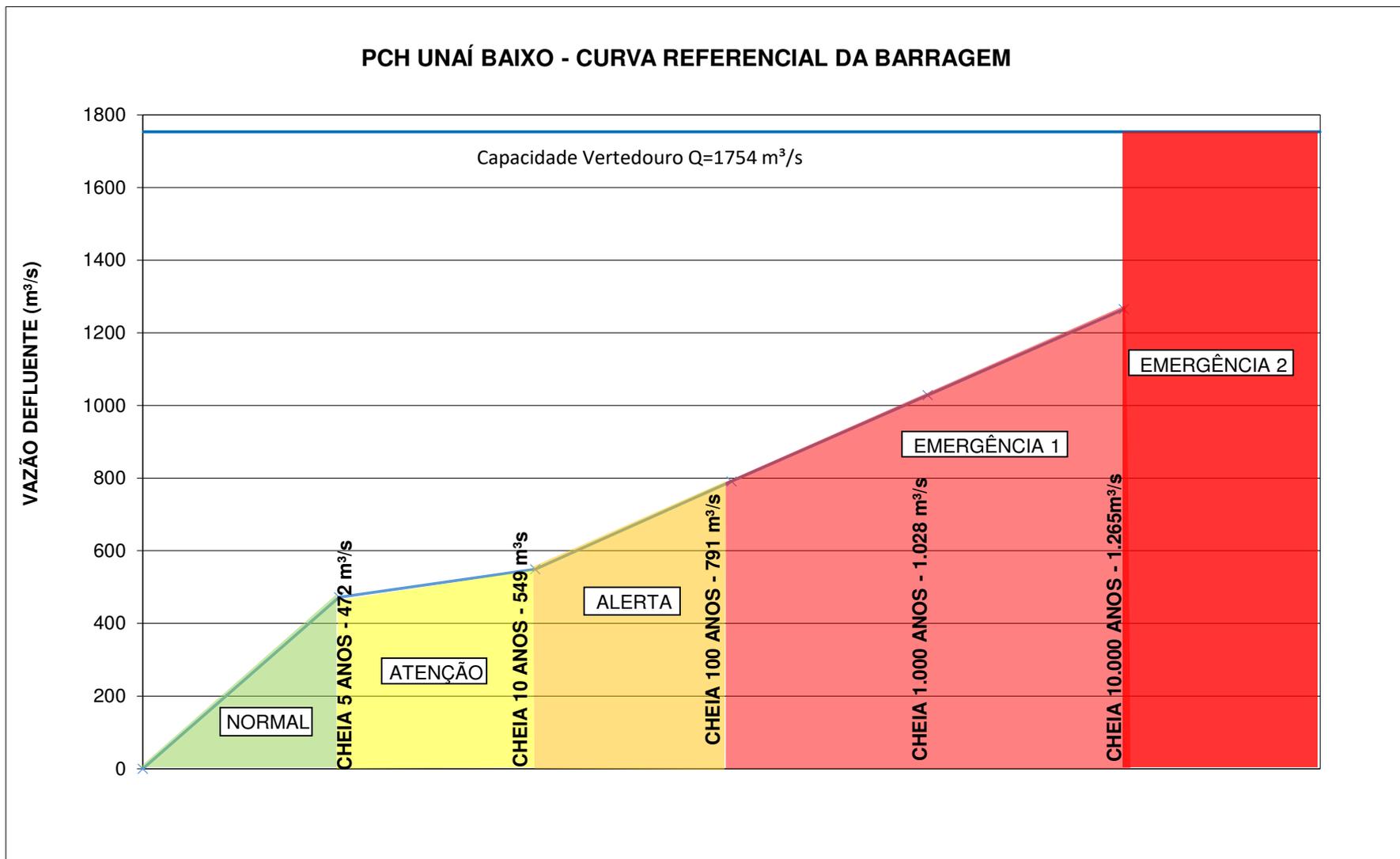
6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

4. Zona de Autossalvamento – Atingidos



7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

7.1 Condição Hidrológica



7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

7.1 Condição Hidrológica e Estrutural

Nível de Segurança	Condições e Situações
<p>Nível Normal (VERDE)</p> <p>a) Operação normal das estruturas de descarga</p>	<p>a) Vertimentos até 472 m³/s (TR até 5 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório.</p>
<p>Nível Atenção (AMARELO)</p> <p>a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS</p>	<p>a) cheia de 472 até 549 m³/s (TR entre 5 e 10 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com possibilidade de alagamento em localidades do município.</p>
<p>Nível Alerta (LARANJA)</p> <p>a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS</p> <p>b) Início Infiltração na Barragem com qualquer condição hidrológica ou problema de operação nas comportas em qualquer condição de cheia</p>	<p>a) cheia de 549 até 791 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento em localidades do município;</p> <p>b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou recuperar o sistema de operação do vertedouro;</p>
<p>Nível Emergência 1 (VERMELHO CLARO)</p> <p>a) Localidades com alagamento municípios de jusante, abrir comportas do vertedouro de modo aumentar capacidade de descarga</p> <p>b) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando no NA Máx Max com vertedouro sem condições de operação</p>	<p>a) cheia de 791 até 1.265 m³/s (TR entre 100 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento em localidades do município;</p> <p>b) Infiltração sem controle com carreamento de material da barragem, abrir vertedouro de maneira a baixar o nível do reservatório ou na eminência do galgamento abrir trincheira na ombreira direita → retirar pessoas dos pontos localizados na ZAS e atingidos de jusante;</p>
<p>Nível Emergência 2 (VERMELHO ESCURO)</p> <p>b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.</p>	<p>Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS e atingidos de jusante.</p>

a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.

EMERGÊNCIA 2 – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica formação de brecha ou em eventos extremos. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

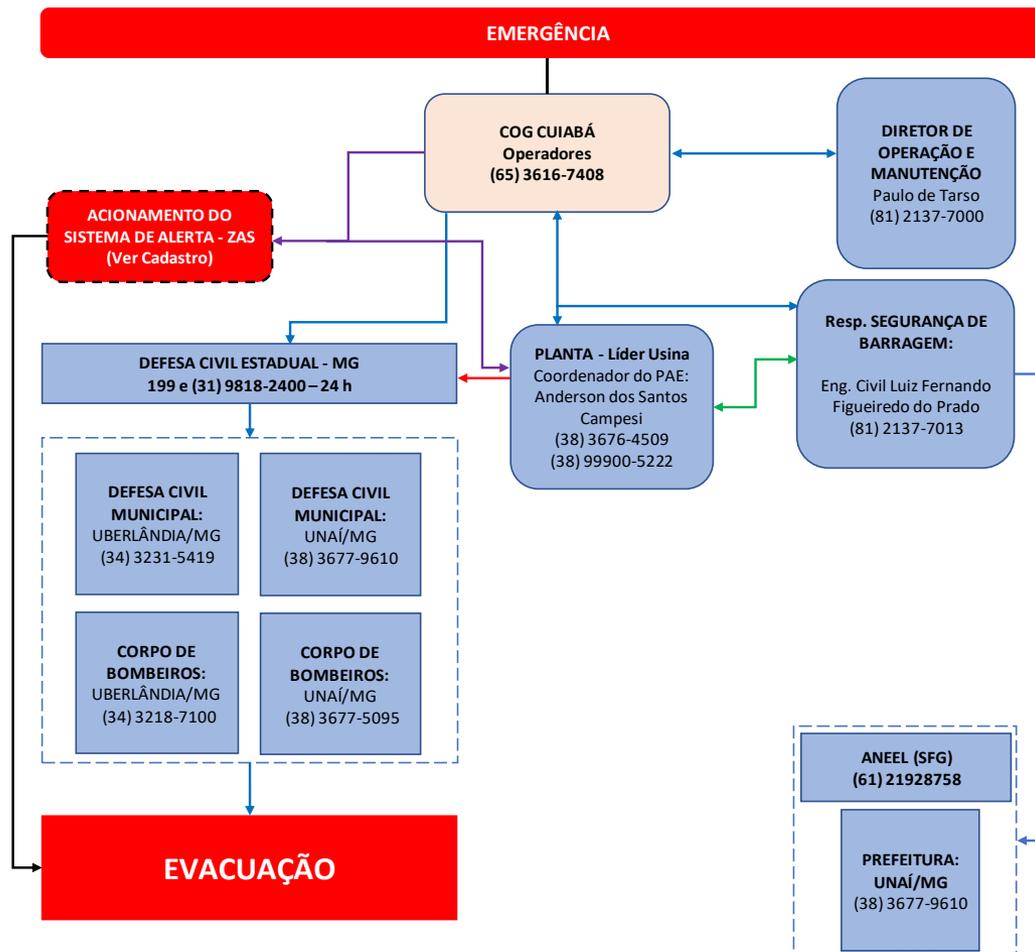
IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem. Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das comportas do vertedouro e das máquinas o que reduz substancialmente o impacto da onda de cheia em um eventual rompimento.

7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

7.2 Condição Estrutural – Plano de Segurança da Barragem



8. FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO



LEGENDA:

- ← Fluxo normal de informações.
- ← Fluxo de informação caso haja falha no sistema de comunicação do COG.
- ← Fluxo de informação partirá do líder da usina em horário comercial e do COG fora do horário comercial, feriados e finais de semana.
- ← Fluxo caso necessário. O primeiro contato será realizado pelo COG.

9. PRÓXIMAS ETAPAS

1. PROTOCOLO PAE AGENTES EXTERNOS

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Entidade Fiscalizadora (ANEEL)	1
Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado - MG	1
Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – MG	1
Defesa Civil Municipal – Uberlândia e Unaí - MG	1
Corpo de Bombeiros – Uberlândia e Unaí - MG	1
Prefeituras envolvidas – Unaí - MG	1

1	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
2	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
3	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
4	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____

9. PRÓXIMAS ETAPAS

3. DEFINIÇÃO E IMPLANTAÇÃO ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO - Zona de Autossalvamento – ZAS



Sentido de deslocamento: para direita



Sentido de deslocamento: para esquerda



9. PRÓXIMAS ETAPAS

4. DEFINIÇÃO SISTEMA DE ALERTA COM AGENTES- Zona de Autossalvamento – ZAS

- Sistema alerta principal por SMS para os telefones cadastrados na ZAS;



- Sistema secundário com carro de som no trecho ZAS;



- Sistema terciário a partir de anúncio em rádio FM da região.



OBRIGADO!

Patrícia Becker - Engenheira Civil

E-mail: patricia@prosenge.com

Telefone: (48) 3206-8509 e 98407-2613

www.prosenge.com

Rua Lauro Linhares 2123 sala 204 Bloco B, Trindade Shopping - Florianópolis SC - Cep:
88036-003

PCH UNAÍ BAIXO

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

Treinamento Equipe Interna Segurança da Barragem - COG



**APRESENTAÇÃO – SEGURANÇA DE BARRAGENS – UHE
JUBA I, PCHs GRAÇA BRENNAND, PAMPEANA, OMBREIRAS
E UNAÍ BAIXO**

PLANO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - COG	
MUNICÍPIO <i>Cuiabá - MT</i>	DATA <i>02/02/2023</i>

LISTA DE PRESENÇA: EQUIPE INTERNA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

NR	NOME	CARGO/FUNÇÃO	EMPRESA/ENTIDADE	ASSINATURA
1	<i>RENATO G. NOGUEIRA</i>	<i>ENGENHEIRO AMBIENTAL</i>	<i>BRENNAND</i>	<i>[Signature]</i>
2	<i>Fabio Luis de A. Dias</i>	<i>Operador COG</i>	<i>Brennand Energia</i>	<i>[Signature]</i>
3	<i>Blamir O. B. de A. Barros</i>	<i>Operador COG</i>	<i>Brennand Energia</i>	<i>[Signature]</i>
4	<i>Elizavete Bussan</i>	<i>Operador COG</i>	<i>BRENNAND</i>	<i>[Signature]</i>
5	<i>Robson F. Silva</i>	<i>Operador COG</i>	<i>Brennand</i>	<i>[Signature]</i>
6	<i>ALTANOR NATALIZ</i>	<i>''</i>	<i>''</i>	<i>[Signature]</i>
7	<i>Alessandro Galvão</i>	<i>Coordenador</i>	<i>Brennand</i>	<i>[Signature]</i>
8	<i>Antonio J. Marinho</i>	<i>Operador COG</i>	<i>''</i>	<i>[Signature]</i>
9	<i>Wanderlândia de A. M. de A.</i>	<i>Operador COG</i>	<i>BRENNAND</i>	<i>[Signature]</i>
10	<i>MARCON ALVARO</i>	<i>Operador SISTEMA</i>	<i>BRENNAND</i>	<i>[Signature]</i>
11	<i>João Paulo Miranda</i>	<i>Engenheiro Elétrico</i>	<i>Brennand</i>	<i>[Signature]</i>
12	<i>Dulce O. dos Santos</i>	<i>Operador COG</i>	<i>Brennand</i>	<i>[Signature]</i>
13	<i>Lucas de S. Silva</i>	<i>Operador COG</i>	<i>Brennand</i>	<i>[Signature]</i>
14	<i>Marcelo S. Junior</i>	<i>Operador COG</i>	<i>Brennand</i>	<i>[Signature]</i>
15	<i>Felipe C. Silva</i>	<i>Coordenador Logística</i>	<i>Brennand</i>	<i>[Signature]</i>
16				
17				
18				
19				

Patrícia Becker
Coordenadora Segurança da Barragem
Eng. Civil Patrícia Becker
Crea SC: S1 057323-9

PCH UNAÍ BAIXO

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

Treinamento Equipe Interna Segurança da Barragem – Equipe Usina



APRESENTAÇÃO – SEGURANÇA DE BARRAGENS – PCH UNAÍ BAIXO

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM E PLANO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PCH UNAÍ BAIXO	
MUNICÍPIO <i>Unai - MG</i>	DATA <i>12/12/2022</i>
LISTA DE PRESEÇA: EQUIPE INTERNA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM	

NR	NOME	CARGO/FUNÇÃO	EMPRESA/ENTIDADE	ASSINATURA
1	<i>Anderson Campos</i>	<i>ENC-INSTALACAO</i>	<i>PCH Unai Baixo</i>	<i>[Signature]</i>
2	<i>Wilton Martins Jorás</i>	<i>OPERADOR</i>	<i>PCH Unai Baixo</i>	<i>[Signature]</i>
3	<i>Luiz Prado</i>	<i>ENG. CIVIL</i>	<i>BRENNAND ENERGIA</i>	<i>[Signature]</i>
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Patricia Becker
 Coordenador Segurança da Barragem
 Eng. Civil Patricia Becker
 Crea SC: S1 057323-9

ANEXO X – FORMULÁRIOS

DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: _____

Barragem: _____

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

_____ (local) _____, de _____ de _____.

(Nome e assinatura)

(cargo e RG)

DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA URGENTE

SITUAÇÃO: _____

Empreendedor: _____

BARRAGEM: _____

Eu, _____ (nome e cargo)
_____, na condição de coordenador do
PAE da Barragem _____ e no uso das atribuições e
responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de
Encerramento da Emergência, na Situação de _____
_____, a partir das horas e minutos do dia ____/____
/_____, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da
Barragem e eliminação do Risco de Ruptura.

OBS:

_____.

_____(local)_____, _____ de _____ de _____.

(Nome e assinatura)

(cargo e RG)

MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da
Barragem _____ em ____/____/____.

Município: _____ Rio: _____ Bacia Hidrográfica _____

A partir das ____:____h de ____/____/____, está sendo ativado o nível de resposta:

Azul - Normal Verde - Atenção Amarelo – Alerta Emergência -Vermelho

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor:

Entidade Fiscalizadora: Agência Nacional de Energia Elétrica

SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL DO ESTADO - MG

SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL E CORPO DE BOMBEIROS – UBERLÂNDIA
E UNAÍ - MG

Barragens a montante: PCH Mata Velha

Barragens a jusante: Não existe

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.)

ANEXO XI – ART



1. Responsável Técnico

HENRIQUE YABRUDI VIEIRA

Título Profissional: Engenheiro Civil

RNP: 1701406276

Registro: 057323-9-SC

Empresa Contratada: PROSENGE PROJETOS E ENGENHARIA LTDA

Registro: 133378-1-SC

2. Dados do Contrato

Contratante: UNAI BAIXO ENERGÉTICA S/A

Endereço: Fazenda Canto

Complemento: Zona Rural

Cidade: UNAI

Valor da Obra/Serviço/Contrato: R\$ 62.700,00

Contrato: Celebrado em:

Honorários:

Vinculado à ART:

Ação Institucional:

Tipo de Contratante:

CPF/CNPJ: 09.509.052/0002-43
Nº: s/n

Bairro: Zona Rural

UF: MG

CEP: 38610-000

3. Dados Obra/Serviço

Proprietário: UNAI BAIXO ENERGÉTICA S/A

Endereço: Fazenda Canto

Complemento: Zona Rural

Cidade: UNAI

Data de Início: 01/04/2022

Data de Término: 16/12/2022

Finalidade:

Bairro: Zona Rural

UF: MG

Coordenadas Geográficas: -16.186535

-47.028271

CPF/CNPJ: 09.509.052/0002-43
Nº: s/n

CEP: 38610-000

Código:

4. Atividade Técnica

Inspeção	Análise	Desenvolvimento	Parecer
Segurança de Barragem Regular			
	Dimensão do Trabalho:	36,50	Metro(s)
Avaliação	Elaboração	Desenvolvimento	Detalhamento
Plano de Segurança de Barragem			
	Dimensão do Trabalho:	100,00	Hora(s)
Avaliação	Elaboração	Dimensionamento	Detalhamento
Plano de Ação de Emergencial - PAE para Barragem			
	Dimensão do Trabalho:	150,00	Hora(s)
Avaliação	Elaboração	Desenvolvimento	Parecer
Revisão Periódica de Segurança de Barragem			
	Dimensão do Trabalho:	150,00	Hora(s)

5. Observações

Serviço Consultoria desenvolvido em escritório Prosenge-Revisão Periódica de Segurança (ISR, RPS, PSB e PAE) PCH Unai Baixo 26 MW rio Preto-MG das Estruturas civis e Barragem terra 36,50 m.

6. Declarações

. Acessibilidade: Declaro, sob as penas da Lei, que na(s) atividade(s) registrada(s) nesta ART não se exige a observância das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Informações

- . A ART é válida somente após o pagamento da taxa.
- Situação do pagamento da taxa da ART em 07/12/2022: TAXA DA ART A PAGAR
- Valor ART: R\$ 233,94 | Data Vencimento: 19/12/2022 | Registrada em:
- Valor Pago: | Data Pagamento: | Nosso Número:
- . A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-sc.org.br/art.
- . A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
- . Esta ART está sujeita a verificações conforme disposto na Súmula 473 do STF, na Lei 9.784/99 e na Resolução 1.025/09 do CONFEA.

9. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

FLORIANOPOLIS - SC, 07 de Dezembro de 2022

HENRIQUE YABRUDI VIEIRA

881.719.819-68

Contratante: UNAI BAIXO ENERGÉTICA S/A

09.509.052/0002-43



Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro

1. Responsável Técnico

RONALDO ADRIANO CORREA

Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL

RNP: **2005832472**

Registro: **1995121664**

Empresa contratada:
GEODINAMICA ENGENHARIA LTDA

Registro: **2012200519**

2. Dados do contrato

Contratante: **UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S/A**
AREA CANTO

CPF/CNPJ: **09509052000243**

Complemento: -

Bairro: **ZONA RURAL**

Nº: **SEM NO**

Cidade: **UNAI**

UF: **MG**

CEP: **38623899**

Contrato: **GD-PC-343-BND-RPS-20** Celebrado em: **01/08/2022** Tipo de Contratante: **PESSOA JURIDICA DE DIREITO PRIVADO**

Valor do Contrato: **R\$ 21.801,15**

3. Dados da Obra/Serviço

AREA RURAL

Complemento: -

Bairro: **AREA RURAL DE U** Nº: **SEM Nº**

Cidade: **UNAI**

UF: **MG**

CEP: **38623899**

Data de Início: **15/08/2022** Previsão de término: **15/03/2023**

Finalidade: **INFRAESTRUTURA**

Proprietário: **UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S/A**

CPF/CNPJ: **09509052000243**

4. Atividade técnica

12 CONSULTORIA
24 ESTUDO
73 OUTROS
15 BARRAGEM

Quantidade	Unidade	Pavimento
1,00	un	-

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

ESTUDOS GEOTÉCNICOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA (RPS, PSB E PAE) DA PCH UNAÍ BAIXO , POTÊNCIA INSTALADA DE 26,0 MW NO RIO PRETO - MG E ALT. MÁX. DA BARRAGEM DE TERRA H 36,50 M.

6. Declarações

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 do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-RJ, nos termos do respectivo regulamento por arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.
Acessibilidade: Declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, as atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

RIO DE JANEIRO, 30 de DEZEMBRO de 2022

Ronaldo Adriano Correa

RONALDO ADRIANO CORREA - 05165280764

UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S/A - 09509052000243

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea-RJ: www.crea-rj.org.br/servicos/autenticidade
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-rj.org.br/servicos/autenticidade.

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.crea-rj.org.br
Tel: (21) 2179-2007

atendimento@crea-rj.org.br
Rua Buenos Aires, 40 - Rio de Janeiro - RJ





Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro

1. Responsável Técnico

RONALDO ADRIANO CORREA

Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL

RNP: **2005832472**

Registro: **1995121664**

Empresa contratada:
GEODINAMICA ENGENHARIA LTDA

Registro: **2012200519**

2. Dados do contrato

Contratante: **UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S/A**
AREA CANTO

CPF/CNPJ: **09509052000243**

Complemento: -

Bairro: **ZONA RURAL**

Nº: **SEM NO**

Cidade: **UNAI**

UF: **MG**

CEP: **38623899**

Contrato: **GD-PC-343-BND-RPS-20** Celebrado em: **01/08/2022** Tipo de Contratante: **PESSOA JURIDICA DE DIREITO PRIVADO**

Valor do Contrato: **R\$ 21.801,15**

3. Dados da Obra/Serviço

AREA RURAL

Complemento: -

Bairro: **AREA RURAL DE U** Nº: **SEM Nº**

Cidade: **UNAI**

UF: **MG**

CEP: **38623899**

Data de Início: **15/08/2022** Previsão de término: **15/03/2023**

Finalidade: **INFRAESTRUTURA**

Proprietário: **UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S/A**

CPF/CNPJ: **09509052000243**

4. Atividade técnica

**12 CONSULTORIA
24 ESTUDO
73 OUTROS
15 BARRAGEM**

Quantidade	Unidade	Pavimento
1,00	un	-

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

ESTUDOS GEOTÉCNICOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA (RPS, PSB E PAE) DA PCH UNAÍ BAIXO , POTÊNCIA INSTALADA DE 26,0 MW NO RIO PRETO - MG E ALT. MÁX. DA BARRAGEM DE TERRA H 36,50 M.

6. Declarações

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 do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-RJ, nos termos do respectivo regulamento por arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.
Acessibilidade: Declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, as atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima
RIO DE JANEIRO, 30 de **DEZEMBRO** de **2022**

Ronaldo Adriano Correa

RONALDO ADRIANO CORREA - 05165280764

UNAÍ BAIXO ENERGÉTICA S/A - 09509052000243

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea-RJ: www.crea-rj.org.br/servicos/autenticidade
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-rj.org.br/servicos/autenticidade.

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.crea-rj.org.br
Tel: (21) 2179-2007

atendimento@crea-rj.org.br
Rua Buenos Aires, 40 - Rio de Janeiro - RJ

