

## PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE

### PCH RASTRO DE AUTO



**RDA-BA-PAE-REV03-2026 JUNHO/2026**

Presidente Presidente:  
Erineo José Hennemann  
CERTEL RASTRO DE AUTO  
GERAÇÃO DE ENERGIA S/A

Responsável Técnico Seg. Barragem:  
Rodrigo da Cas - CERTEL  
Eng. Civil - CREA/RS: 212636

Responsável Revisão 03 PAE:  
Elizeu Riba – TRSUL Engenharia  
Eng. Civil - CREA PR 26.079/D

03	09/06/2026	Revisado após reforço das estruturas	ER	TRSUL Engenharia Ltda.
02	10/03/2025	Revisado de acordo RPS-2025 e RN 1064	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
01	08/12/2021	Revisado conf. com comentários 03/12/21	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
00	08/11/2021	Emissão inicial	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
Revisão	Data	Objeto da revisão	Red	Empresa

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>HISTÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1	Identificação do Responsável Técnico .....	9
2.1.1	Empresa Executora (Revisão 00, 01, 02).....	9
2.1.2	Responsável Técnico.....	9
2.1.3	Empresa Executora (Revisão 03-maio/2026).....	9
2.1.4	Responsável Técnico (Revisão 03-maio/2026).....	9
2.2	Objetivo .....	10
<b>3</b>	<b>INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM</b> .....	<b>11</b>
3.1.1	Localização e acessos .....	15
3.1.2	Reservatório .....	17
3.1.3	Usinas de jusante .....	18
3.1.4	Barragem .....	20
3.1.5	Vertedouro .....	20
3.2	Circuito Hidráulico de Adução .....	22
3.2.1	Tomada de Água .....	22
3.2.2	Túnel de Adução.....	22
3.2.3	Chaminé de Equilíbrio.....	22
3.2.4	Conduto Forçado .....	23
3.2.5	Casa de Força e Canal de Fuga .....	23
3.3	Instrumentação Existente .....	23
3.4	Níveis Operacionais e Ficha Técnica.....	23
<b>4</b>	<b>DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA</b>	<b>33</b>
4.1	Avaliação do Risco .....	33
4.1.1	Risco Hidrológico .....	33
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural.....	34
4.2	Identificação das Emergências Potenciais .....	41
4.2.1	Classificação das Situações .....	41
<b>5</b>	<b>ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM</b> .....	<b>43</b>

5.1	Metodologia .....	43
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio .....	43
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem.....	44
5.1.3	Potenciais Causas de Rompimento de Barragem .....	44
5.1.4	Galgamento .....	44
5.1.5	Infiltração (Piping).....	45
5.1.6	Falhas nas fundações e estruturais.....	45
5.1.7	Ações de guerra.....	46
5.1.8	Casos Estatísticos .....	46
5.1.9	Parâmetros de Formação de Brecha de Ruptura .....	46
5.1.10	Parâmetros de Ruptura da Barragem .....	48
5.1.11	Variáveis Hidráulicas .....	48
5.1.12	Trecho do Cálculo.....	50
5.1.13	Modelagem Matemática.....	52
5.1.14	Identificação das áreas atingidas .....	53
5.1.15	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo.....	53
5.1.16	Zoneamento de Risco .....	53
5.2	Dados de entrada utilizados.....	56
5.2.1	Trecho da análise .....	56
5.2.2	Geografia da região e geometria do rio.....	57
5.2.3	Geometria da barragem .....	58
5.2.4	Hidrograma de Cheias .....	59
5.2.5	Capacidade de Descarga do Vertedouro .....	65
5.2.6	Calibração do modelo matemático.....	66
5.3	Causa considerada para o rompimento .....	72
5.3.1	Dados utilizados para formação da brecha .....	72
5.4	Simulações Realizadas.....	74
5.4.1	Resultados Básicos Simulação 1 .....	75
5.4.2	Resultados Básicos Simulação 2 .....	76
5.4.3	Resultados Básicos Simulação 3 – Pior Cenário Possível .....	78

5.4.4	Resultados Básicos Simulação 4 .....	79
5.5	Altura Máxima da Onda .....	79
5.6	Limite Físico a Jusante da PCH Rastro de Auto .....	107
5.7	Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse .....	107
5.7.1	Casa de Força PCH Rastro de Auto .....	109
5.7.2	Barragem Salto Forqueta .....	110
5.7.3	Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta.....	110
5.7.4	Propriedades 01 a 05.....	111
5.7.5	Ponte Jusante e Propriedade 06 (não existe mais) .....	114
5.7.6	Propriedade 07 .....	115
5.7.7	Propriedade 08 .....	115
5.7.8	Propriedade 09 (não existe mais) .....	116
5.7.9	Propriedade 10 .....	117
5.7.10	Propriedades 11 a 14.....	118
5.7.11	Propriedades 15 e 16.....	119
5.7.12	Limite Zona Segurança Secundária .....	121
5.8	Resumo Geral das Seções de Interesse.....	122
<b>6</b>	<b>AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS .....</b>	<b>123</b>
6.1	Agentes Internos.....	123
6.2	Agentes Externos .....	123
6.3	Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação.....	124
<b>7</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....</b>	<b>126</b>
7.1	Condição Hidrológica.....	126
7.2	Condição Estrutural .....	126
7.2.1	Monitoramento das Estruturas .....	126
7.2.2	Revisão Periódica de Segurança .....	128
7.2.3	Tramitação das Informações.....	128
7.3	Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem .....	134
<b>8</b>	<b>RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS .....</b>	<b>135</b>

8.1	Agente Interno – CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A. ....	135
8.2	Agentes Externos .....	136
8.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos .....	138
8.3.1	1º Etapa - Protocolo PAE aos Agentes Externos .....	138
8.3.2	2º Etapa - Cadastro e mapeamento da população existente na ZAS .....	138
8.3.3	3º Etapa – Articulação com agentes externos .....	138
<b>9</b>	<b>PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....</b>	<b>139</b>
9.1	Situação Normal (VERDE).....	139
9.2	Situação Atenção (AMARELO) .....	140
9.3	Situação de Alerta (LARANJA) .....	141
9.4	Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO).....	142
9.5	Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO).....	143
<b>10</b>	<b>PLANO DE EVACUAÇÃO .....</b>	<b>144</b>
10.1	Estradas Atingidas .....	144
10.2	Propriedades Atingidas .....	144
10.3	Zona de Autossalvamento – ZAS.....	145
10.4	Zona de Segurança Secundária – ZSS.....	146
10.5	Resumo Plano de Evacuação – Risco Hidrodinâmico.....	146
<b>11</b>	<b>FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO .....</b>	<b>151</b>
11.1	Meios de Comunicação .....	151
11.2	Acionamento em Caso de Emergências .....	151
<b>12</b>	<b>FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO .....</b>	<b>154</b>
<b>13</b>	<b>RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO .....</b>	<b>154</b>
<b>14</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>156</b>
<b>15</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>157</b>
<b>16</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>158</b>
<b>17</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>159</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturas do Barramento da PCH Rastro de Auto .....	12
Figura 2 – Jusante da PCH Rastro de Auto (Casa de Força).....	13
Figura 3 – Ficha Técnica .....	14
Figura 4 – Mapa de acessos ao local da PCH Rastro de Auto.....	15
Figura 5 – Distância da PCH Rastro de Auto até São José do Herval .....	16
Figura 6 – Localização e acesso da Usina.....	16
Figura 7 - Mapa da área resguardada.....	17
Figura 8 - Cota x Volume – Reservatório PCH Rastro de Auto .....	18
Figura 9 – Curva de Descarga – Vertedouro .....	21
Figura 10 – Vertedouro da PCH Rastro de Auto.....	21
Figura 11 – Barragem da PCH Rastro de Auto (Vista Geral) .....	22
Figura 12 – Arranjo geral da PCH Rastro de Auto.....	25
Figura 13 – Barramento - Planta e Corte Longitudinal.....	26
Figura 14 – Vertedouro - Seção .....	27
Figura 15 – Circuito de Geração – Perfil Longitudinal .....	28
Figura 16 – Tomada de água - Seção.....	29
Figura 17 – Chaminé de equilíbrio – Seção Jusante e Montante .....	30
Figura 18 – Casa de Força – Planta .....	31
Figura 19 – Casa de Força – Seção Longitudinal .....	32
Figura 20 – Vista Geral da Barragem com Reforços Estruturais Indicados .....	34
Figura 21 – Formação de brecha por galgamento.....	44
Figura 22 – Formação da brecha por infiltração .....	45
Figura 23 – Brechas resultantes de falhas nas fundações .....	46
Figura 24 – Representação dos parâmetros de forma da brecha de ruptura.....	47
Figura 25 – Exemplo dos tempos da onda.....	50
Figura 26 – Abrangência do modelo computacional (Google Earth) .....	66
Figura 27 – Geometria do rio - Seções lançadas no Hec-Ras.....	68
Figura 28 – Perfil do rio calibrado – Vazão média .....	71
Figura 29 – Dados do Barramento Rastro de Auto com Brecha rompimento – HEC-RAS .....	73
Figura 30 – Dados do Barramento Salto Forqueta com Brecha rompimento – Hec-Ras.....	74
Figura 31 – Casa de Força da PCH Rastro de Auto.....	109
Figura 32 – Mancha de inundação – dam break - Casa de Máquinas PCH Salto Forqueta .....	110
Figura 33 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 01 a 05 .....	112
Figura 34 – Mancha de inundação – dam break - Ponte Jusante e Propriedade 06.....	114
Figura 35 – Mancha de inundação – dam break - Propriedade 07 (não existe mais edificação).....	115
Figura 36 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 08.....	116
Figura 37 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 09 (não existe mais a edificação).....	117
Figura 38 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 10 .....	117
Figura 39 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 11 a 14 .....	118
Figura 40 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 15 a 16 .....	120
Figura 41 – Sugestão do local a ser definido como Zona Segurança Secundária .....	121
Figura 42 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura .....	129

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta previstos, próximos a PCH Rastro de Auto ...	19
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%) .....	33
Tabela 3 – Resultados Estabilidade Vertedouro – Seção S.3 (Análise 2D) .....	37
Tabela 4 – Resultados Estabilidade Vertedouro - Seção S.4 (Análise 2D) .....	37
Tabela 5 – Resultados Estabilidade Vertedouro - Seção S.5 (Análise 2D) .....	38
Tabela 6 – Resultados Estabilidade Barragem Margem Esquerda – Seção Única (Análise 2D).....	38
Tabela 7 – Resultados Estabilidade Descarga de Fundo – Seção Única (Análise 3D).....	39
Tabela 8 – Resultados Estabilidade Barragem Margem Direita – Seção Reforçada (Análise 2D) .....	39
Tabela 9 – Resultados Estabilidade Barragem Margem Direita – Seção Nova (Análise 2D) .....	40
Tabela 10 – Coeficientes de descarga .....	47
Tabela 11 – Legenda para Risco Hidrodinâmico .....	56
Tabela 12 – Vazões máximas anuais do posto base e do aproveitamento.....	59
Tabela 13 – Vazões de Cheia Método de Gumbel (dados oficiais ANA 1957 a 2023) .....	63
Tabela 14 – Vazões de Cheia Método Exponencial de Dois Parâmetros (dados oficiais ANA 1957 a 2023) .....	63
Tabela 15 – Vazões de Cheia Método Exponencial de Dois Parâmetros (1957 a 2024).....	63
Tabela 16 – Coeficientes de Desagregação e Valores do Hidrograma para TR 10, TR 1.000 e 10.000 anos .....	64
Tabela 17 – Parâmetros de rugosidade de Manning .....	67
Tabela 18 – Hidrogramas para PCH Salto Forqueta .....	75
Tabela 19 – Hidrogramas para PCH Rastro de Auto.....	75
Tabela 20 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto sem rompimento da Barragem ...	76
Tabela 21 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Salto Forqueta sem rompimento da Barragem ...	77
Tabela 22 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Salto Forqueta com rompimento da Barragem ...	77
Tabela 23 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Salto Forqueta.....	78
Tabela 24 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto com rompimento da Barragem ...	78
Tabela 25 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Rastro de Auto .....	79
Tabela 26 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break – Simulação 1 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto.....	80
Tabela 27 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break – Simulação 2 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Salto Forqueta .....	80
Tabela 28 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - <b>Simulação 3 – Pior Cenário Possível</b> - Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta .....	81
Tabela 29 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Simulação 3 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta .....	82
Tabela 30 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para QTurb – Dia de Sol .....	83
Tabela 31 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para QTurb – Dia de Sol .....	84
Tabela 32 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 10 anos.....	85
Tabela 33 – Resultados Obtidos - Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 100 anos.....	86
Tabela 34 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 1.000 anos .....	87
Tabela 35 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 10.000 anos .....	88
Tabela 36 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para QTurb e TR 1.000 anos .....	89
Tabela 37 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para TR 10.000 anos.....	98
Tabela 38 – Localização das Seções de Interesse (Área de Influência) .....	107
Tabela 39 – Localização das Seções de Interesse / Tipo de Edificação e Situação Atual .....	108
Tabela 40 – Detalhe das simulações – Casa de Força PCH Rastro de Auto.....	109
Tabela 41 – Detalhe das simulações – Barragem Salto Forqueta – SL-140.....	110
Tabela 42 – Detalhe das simulações – Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta.....	111
Tabela 43 – Detalhe das simulações – Propriedade 01 .....	112
Tabela 44 – Detalhe das simulações – Propriedade 02 .....	113
Tabela 45 – Detalhe das simulações – Propriedade 03 .....	113
Tabela 46 – Detalhe das simulações – Propriedade 04 .....	113
Tabela 47 – Detalhe das simulações – Propriedade 05 .....	114

Tabela 48 – Detalhe das simulações – Propriedade 08 .....	116
Tabela 49 – Detalhe das simulações – Propriedade 10 .....	117
Tabela 50 – Detalhe das simulações – Propriedade 11 .....	118
Tabela 51 – Detalhe das simulações – Propriedade 12 .....	119
Tabela 52 – Detalhe das simulações – Propriedade 13 .....	119
Tabela 53 – Detalhe das simulações – Propriedade 15 .....	120
Tabela 54 – Detalhe das simulações – Propriedade 16 .....	120
Tabela 55 – Detalhe das simulações – Localização Zona Segurança Secundária – ZSS .....	121
Tabela 56 – Níveis de Segurança e risco Ruptura .....	130
Tabela 57 – Ações de resposta (Normal).....	139
Tabela 58 – Ações de resposta (Atenção) .....	140
Tabela 59 – Ações de resposta (Alerta) .....	141
Tabela 60 – Ações de resposta (Emergência 1) .....	142
Tabela 61 – Ações de resposta (Emergência 2) .....	143
Tabela 62 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 10.000 anos .....	145
Tabela 63 – Resumo do Plano de Evacuação / Dados Gerais das Simulações com Rompimento Hipotético .....	148
Tabela 64 – Resumo do Plano de Evacuação .....	149
Tabela 65 – Legenda para Risco Hidrodinâmico .....	150
Tabela 66 – Entidades que recebem Cópia PAE .....	154
Tabela 67 – Controle das Entidades que receberam uma cópia do PAE .....	154

## 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Rastro de Auto, instalada no rio Forqueta, no estado do Rio Grande do Sul e pertencente à **CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.**

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 pela Lei 14.066/2020 e a Resolução Normativa nº 1064 de 02 de maio de 2023, onde a barragem da PCH Rastro de Auto segundo o Formulário de Segurança de Barragens (FSB): Matriz para Classificação das Barragens e Informações Gerais da ANEEL possui enquadramento na **Classe C - Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Médio** (Classificação – Anexo I).

Conforme a lei citada, uma barragem com classificação de Dano Potencial Médio necessita de um Plano de Ação de Emergências – PAE, logo foi revisado e confirmado no estudo de rompimento hipotética da Barragem que não ocorre nenhuma propriedade atingida até a usina instalada a jusante denominada PCH Salto Forqueta que tem capacidade de amortecimento da onda.

Para confirmação das condições gerais da barragem foi realizada uma **Inspeção Segurança Especial, 24/04/2026**, 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 verificação das condições gerais. Da visita resultou o Relatório Técnico – Inspeção de Segurança Especial 2026 RDA-C-ISE-001-00-26 – PCH Rastro de Auto. A inspeção foi realizada para avaliar condição do barramento e restabelecer o nível de segurança da barragem a Categoria Normal de acordo Art. 11 da RN 1.064/2023 da ANEEL.

No ano de 2025 e 2026 foram realizadas obras de reforma/reforço no barramento e nas estruturas correlatas de modo cumprir recomendações da Revisão Periódica de Segurança da Barragem (RDA-RPS-001-00-25- RPS PCH Rastro de Auto) onde foram atualizados todos os critérios hidrológicos e estruturais considerando as enchentes ocorridas no ano de 2024, de modo a garantir estabilidade das estruturas caso ocorram novas enchentes.

## 2 HISTÓRICO

A PCH Rastro de Auto de potência instalada de 7,02 MW entrou em operação comercial em junho/2013.

A empresa Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A., revisou duas vezes o PAE através do documento, atualizando motivado pelas novas ações técnicas e também para atender a legislação vigente, o documento anterior algumas revisões devido equipe interna etc., sendo que a versão anterior a este documento foi elaborada em março/2025 (RDA-C-PAE-001-02-25).

Em dezembro de 2025 foi iniciada a Revisão Periódica de Segurança da Barragem após enchentes ocorridas em 2024, documento RDA-C-RPS-001-00-25.

Em fevereiro de 2025 foi realizado novo estudo de rompimento da Barragem devido mudança hidrologia e mudanças da RN 1064/2023, sendo atualizado para este novo documento.

### 2.1 Identificação do Responsável Técnico

#### 2.1.1 Empresa Executora (Revisão 00, 01, 02)

PROSENGE Projetos e Engenharia Ltda – ME – CNPJ 21.082.963/0001-51

www.prosenge.com

Endereço Escritório: Rua Lauro Linhares 2123 sala 207 Bloco A – Trindade Shopping Florianópolis – SC – Cep: 88036-003

Telefone (48) 3307-1187 ou 98407-2613

E-mail: patricia@prosenge.com

#### 2.1.2 Responsável Técnico

Engenheiro Civil: Henrique Yabrudi Vieira

CREA RS: PR 61964

ART 13665978

#### 2.1.3 Empresa Executora (Revisão 03-maio/2026)

TRISUL - Engenharia Ltda – CNPJ nº 19.424.943/0001-70

Endereço Escritório: Rua São Paulo, 2650 sala 202 – 2º. Andar – Itoupava Seca – Blumenau – SC – Cep: 89030-000

Telefone/WhatsApp (47) 98827-7788

E-mail: elizeu@trisul.com.br

#### 2.1.4 Responsável Técnico (Revisão 03-maio/2026)

Engenheiro Civil: Elizeu Riba

CREA RS: PR 26079

ART SC 10102689-7

## 2.2 Objetivo

De acordo com a Lei 12.334 de setembro de 2010 alterada pela Lei 14.066/2020 e da Resolução Normativa nº 1064 de 15 de dezembro de 2015, todas as barragens deverão ser classificadas conforme o risco e o dano potencial associado.

Após as reformas e reforços estruturais da barragem PCH Rastro de Auto, verificou-se a necessidade de atualização do Plano de Segurança da Barragem e Plano de Ação de Emergência, pois a classificação indica categoria de risco Baixo e dano potencial Médio, o que resulta em uma barragem **Classe C**.

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 consequências 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.

### 3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

A PCH Rastro de Auto está localizada no município de Putinga e São José do Herval - RS, no rio Forqueta, com potência instalada de 7,02 MW e entrou em operação comercial em junho de 2013.

O empreendimento é composto de uma barragem em concreto de concreto de média altura e vertedouro de soleira livre de 132 m. Adução é composta das seguintes estruturas: Tomada de água se encontra afastada da barragem em um braço do reservatório na margem direita, túnel seção arco-retângulo 3,80 x 3,80 m, chaminé de equilíbrio em concreto com diâmetro de 9 m, conduto forçado diâmetro de 2,70 m, casa de força com duas unidades de Francis dupla com potência instalada total de 7,02 MW.

A seguir será apresentado arranjo geral das estruturas da PCH Rastro de Auto e Ficha Técnica resumo.



Figura 1 – Estruturas do Barramento da PCH Rastro de Auto



Figura 2 – Jusante da PCH Rastro de Auto (Casa de Força)

<b>FICHA TÉCNICA - PCH RASTRO DE AUTO</b>			
IDENTIFICAÇÃO			
	Nome da Usina:	PCH RASTRO DE AUTO	
	Situação:	Em Operação	
	Idade da barragem (anos)	13 anos (2013 - 2026)	
	Tipo de fundação	Rocha Alterada com injeção	
	Empresa:	Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A	
	Potência Instalada (MW):	7,02	
	Tipo de material utilizado na barragem	Concreto ciclópico/convenção	
	Equipamentos de comunicação	Comunicação via Celular e Internet	
LOCALIZAÇÃO			
Município	Putinga/Margem esquerda e São José do Herval/Margem Direita	Curso d'água	Rio Forqueta
Estado	RS	Sub-Bacia Nome/Código	Taquari/Antas / 86
Latitude	29° 03' 9,77" S	Bacia Nome/Código	Atlântico Sudeste/8
Longitude	52° 13' 08,03" W		
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS			
<b>VAZÕES CARACTERÍSTICAS</b>		Área de Drenagem do Barramento (km²):	564
Vazão MLT (m³/s)	18,01	<b>VAZÕES EXTREMAS</b>	
Vazão Fime Q95% (m³/s)	1,17	Vazão Máxima de Projeto (m³/s) (10.000 anos)	4.328,10
Vazão Mínima Média Mensal (m³/s)	0,13		
Vazão Sanitária (m³/s)	0,69		
Período do Histórico Completo:	1957 - 2024		
RESERVATÓRIO			
<b>NIVEIS D'ÁGUA DE MONTANTE</b>		<b>ÁREAS INUNDADAS</b>	
NA Máximo Excepcional (m)	256,09	No NA Máximo Excepcional (km²)	0,46
NA Máximo Normal (m)	250	No NA Máximo Normal (km²)	0,30
NA Mínimo Normal (m)	248,5	No NA Mínimo Normal (km²)	0,26
<b>NIVEIS D'ÁGUA DE JUSANTE</b>		<b>VOLUMES</b>	
NA Máximo Excepcional (m)	217,34	No N.A. Máximo Max. (hm³)	4,15
NA Máximo Normal (m)	206,8	No N.A. Máximo Normal (hm³)	1,41
NA Mínimo Normal (m)	206,22	No N.A. Mínimo Útil (hm³)	1,26
BARRAGEM (OMBREIRAS)			
Tipo		Gravidade	
Comprimento Total da Crista nas Ombreiras (m)		46,15	
Altura Máxima do bloco vertedouro (m)		19	
Cota da Crista do Vertedouro (m)		250	
Altura máxima das ombreiras em relação ao vertedouro (m)		7,1	
Cota da Crista da Barragem (m)		257,1	
VERTEDOURO		TOMADA D'ÁGUA	
Tipo	CREAGER (Soleira Livre)	Tipo: Estrutural	Tipo: Vagão
Capacidade TR-10.000 (m³/s)	4.328,10	Altura Total (m)	13
Comprimento Total (m)	132	Acionamento da Comporta	c/ Pistão Hidráulico
Cota da Soleira (m)	250	Comprimento Total (m)	13,27
Vazão ultimate Capacity (m³/s)	5.444,00	Largura da Comporta (m)	4
		Altura da Comporta (m)	4
CANAL/TÚNEL DE ADUÇÃO		CONDUTO FORÇADO	
Comprimento (m)	981,4	Diâmetro Interno (m)	2,70 / Trecho Bifurcado: 1,90
Seção	Arco Retângulo	Número de Unidades	1,0 / 2,0
Base (m)	4	Comprimento (m)	122,95 / 2,0 bifurcado de 28,56
Arco (m)	4		
CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO		CASA DE FORÇA	
Diâmetro (m)	9	Tipo	Abrigada
Altura Máxima (m)	23,57	Unidades Geradoras	2
		Largura (m)	10
		Comprimento (m)	35,5
TURBINAS		GERADOR	
Tipo	FRANCIS DUPLA	Potência Nominal Unitária (MVA)	4,4
Quantidade	2	Tensão Nominal (kV)	6,6
Potência Nominal Unitária (MW)	3,66	Rotação Nominal (rpm)	600
Vazão Nominal Unitária (m³/s)	10,03	Fator de Potência	90
Rotação Síncrona (rpm)	600	Rendimento Máximo (%)	97,4
Rendimento Máximo (%)	91,5		
ESTUDOS ENERGÉTICOS E SISTEMA DE TRANSMISSÃO			
Potência da Usina (MW)	7,02	Tensão (kV)	69
Energia Firme (MW)	3,96	Extensão (km)	2,431
Queda Bruta Máxima (m)	43,2	Local de Conexão	SE Certel 03 em Canudos do Vale
Queda Líquida de Referência (m)	40,65		

(\*) Adaptada - Ficha Técnica

Figura 3 – Ficha Técnica



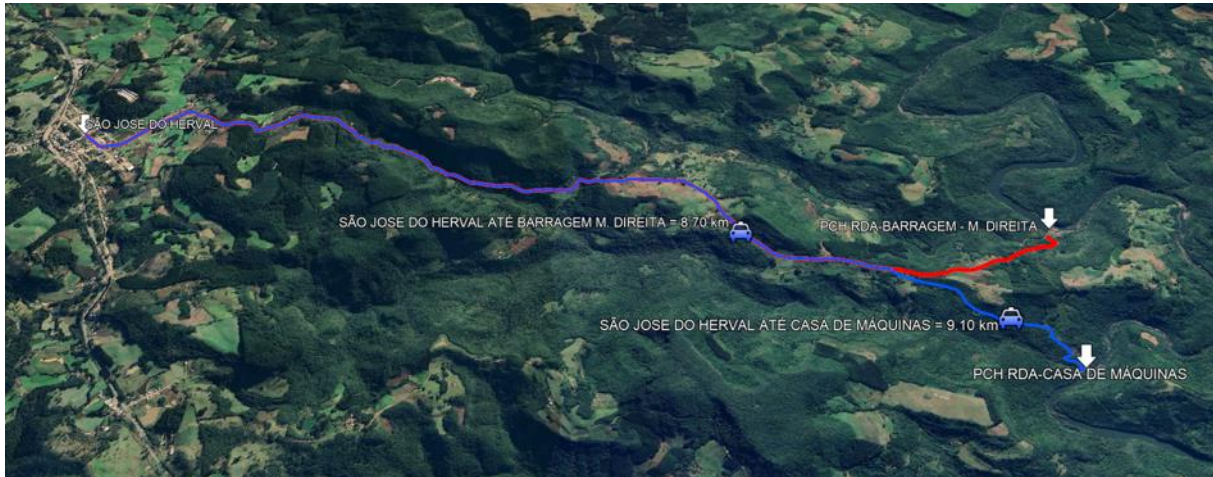


Figura 5 – Distância da PCH Rastro de Auto até São José do Herval

A distância do centro do município de São José do Herval até a barragem margem direita é de 8,70 km e até a casa de máquinas da PCH Rastro de Auto é de 9,10 km.

A Figura 6 apresenta localização da Usina e a Figura 7 área resguardada (reservatório, APP e Estruturas da Usina). Estes desenhos estão apresentados no Anexo II –Área Resguardada e Acessos.

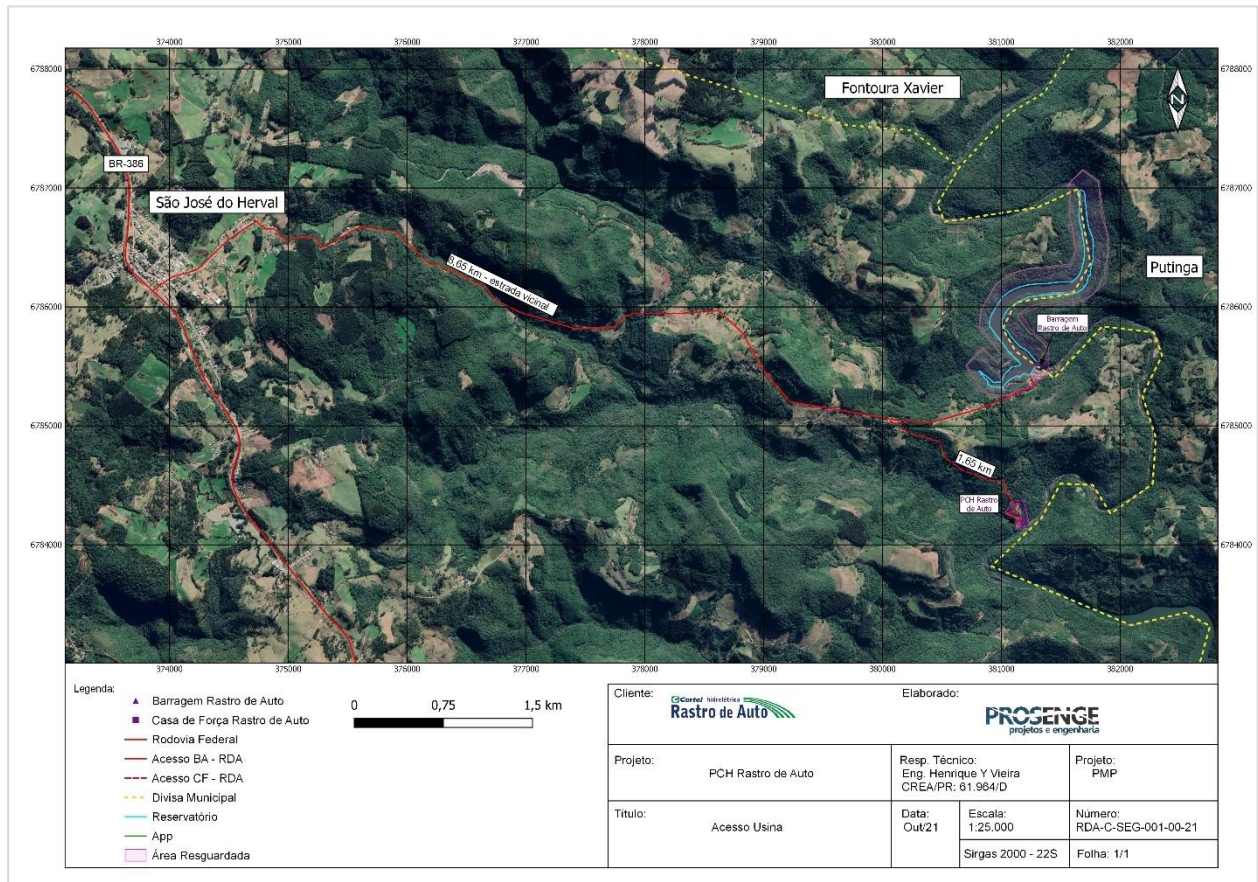


Figura 6 – Localização e acesso da Usina

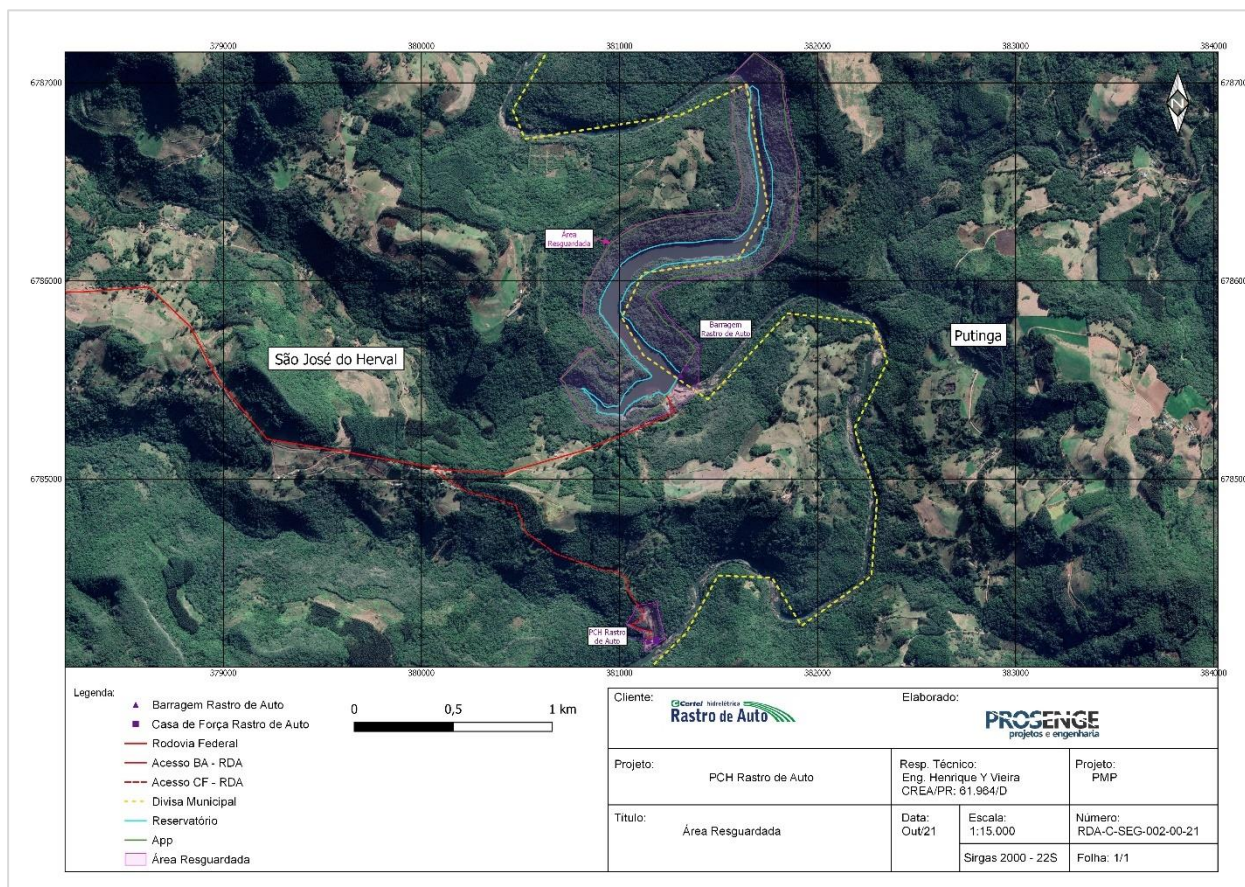


Figura 7 - Mapa da área resguardada

### 3.1.2 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH Rastro de Auto está fixado na EI 250,00 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 1,41 hm<sup>3</sup> e ocupa uma área de 0,303 km<sup>2</sup>.

A figura a seguir apresenta a curva cota x área x volume do reservatório.

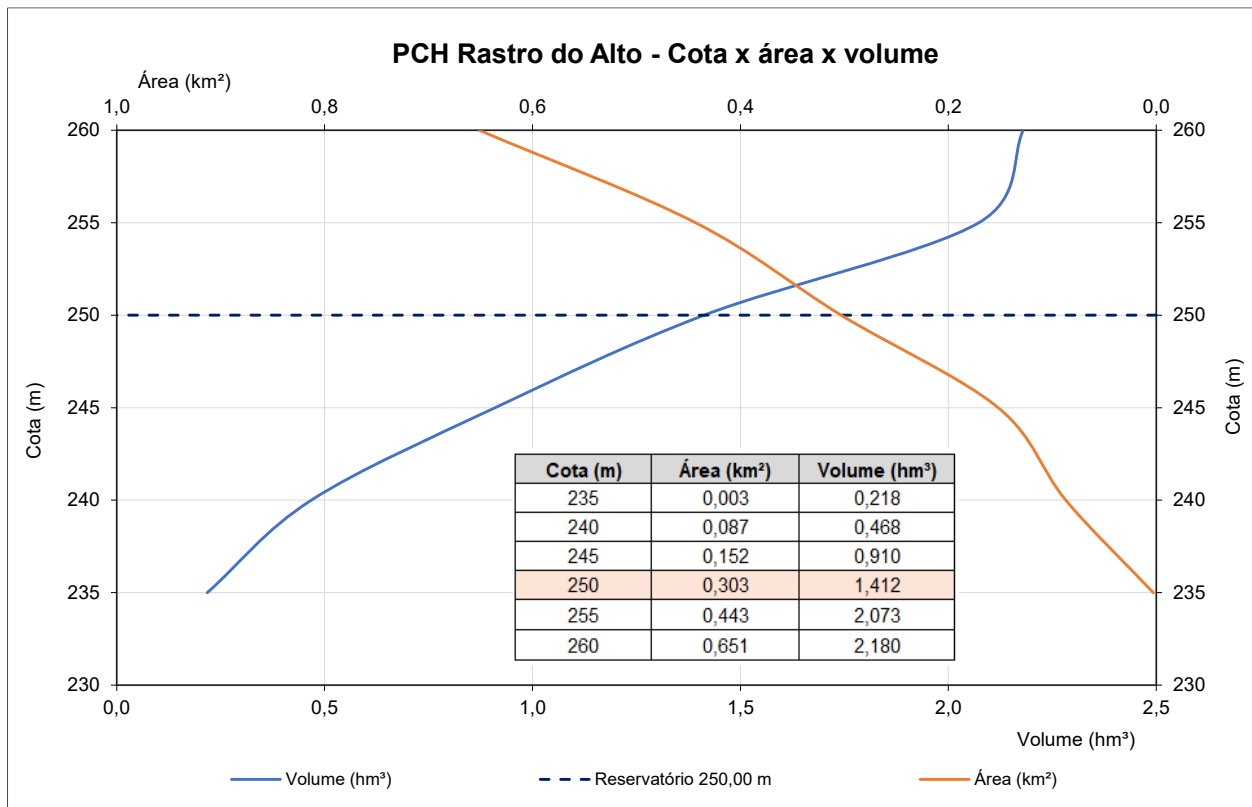


Figura 8 - Cota x Volume – Reservatório PCH Rastro de Auto

### 3.1.3 Usinas de jusante

A Tabela 1 abaixo apresenta a localização relativa da PCH Rastro de Auto na divisão de quedas do rio Forqueta. Somente a PCHs Rastro de Auto e Salto Forqueta estão materializadas e em operação.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta previstos, próximos a PCH Rastro de Auto

Posição em relação à PCH Rastro de Auto	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário	Situação
Montante	CGH Pedras Brancas	4,30	CERFOX – Cooperativa de Geração e Desenvolvimento Fontoura Xavier	DRI
	CGH São Pedro	4,40	Cooperativa de Energia e Desenvolvimento Rurais Fontoura Xavier Ltda.	Eixo Inventariado
	PCH Foz do Jacutinga	5,50	CERTEL Desenvolvimento	DRS – Projeto Básico
<b>PCH Rastro de Auto</b>		<b>7,02</b>	<b>Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A</b>	<b>Operação</b>
Jusante	<b>PCH Salto Forqueta</b>	<b>6,08</b>	<b>Cooperativa de Distribuição de Energia Teutônia – CERTEL ENERGIA</b>	<b>Operação</b>
	<b>PCH Vale do Leite</b>	<b>6,40</b>	<b>Certel Vale do Leite Geração de Energia S.A.</b>	<b>Em construção</b>
	PCH Moinho Velho	4,10	CERTEL Desenvolvimento	DRS – Projeto Básico
	PCH Vale Fundo	5,60		
	PCH Olaria	4,00		

Fonte (Aneel, 2025)

- **PCH Salto Forqueta (após recuperação em 2025)** - Barragem de Concreto (ombreiras) protegidas para elevação 213,30 m e vertedouro de soleira livre de 152,00 m de comprimento e crista na elevação 206,8 m.

### 3.1.4 Barragem

A barragem nas margens da PCH Rastro de Auto consiste somente em fechamentos nas ombreiras direita e esquerda executados em concreto tipo ciclópico/convencional com altura máxima de 21,60 m na ombreira esquerda junto com a descarga de fundo. Na margem direita a barragem apresenta 33,00 m de comprimento e na margem esquerda apresenta 13,15 m (incluindo a descarga de fundo). As estruturas foram reforçadas após enchente de 2024. As ombreiras da barragem após reforma/reforço estrutural de 2025 estão protegidas na El. 257,10 m.

Os desenhos que apresentam a planta e seção do barramento estão no Anexo I - Dados (Figura 13).

### 3.1.5 Vertedouro

O vertedouro da usina situa-se transversalmente no alinhamento da calha natural do rio e é formado por uma soleira vertente não controlada com 132,00 m de largura livre, crista na El. 250,00 m e altura máxima de cerca de 19,00 m.

Esta estrutura foi dimensionada para a cheia 10.000 anos definida no estudo de reforço em 2025, cujo pico era de 4.328,10 m<sup>3</sup>/s, com uma sobrelevação de 6,09 m no reservatório com 1,01 m de borda livre, o que resultava num nível de água máximo maximorum na El. 256,09 m. O paramento de montante do vertedouro é vertical enquanto o paramento de jusante possui declividade de 0,75 H: 1,0 V com descida da água livre, sendo a crista executada em concreto convencional com perfil Creager ao longo de todo o vertedouro.

Os desenhos que apresentam a seção do vertedouro (Figura 14) estão no Anexo I - Dados.

A seguir está apresentada a curva de descarga do vertedouro.

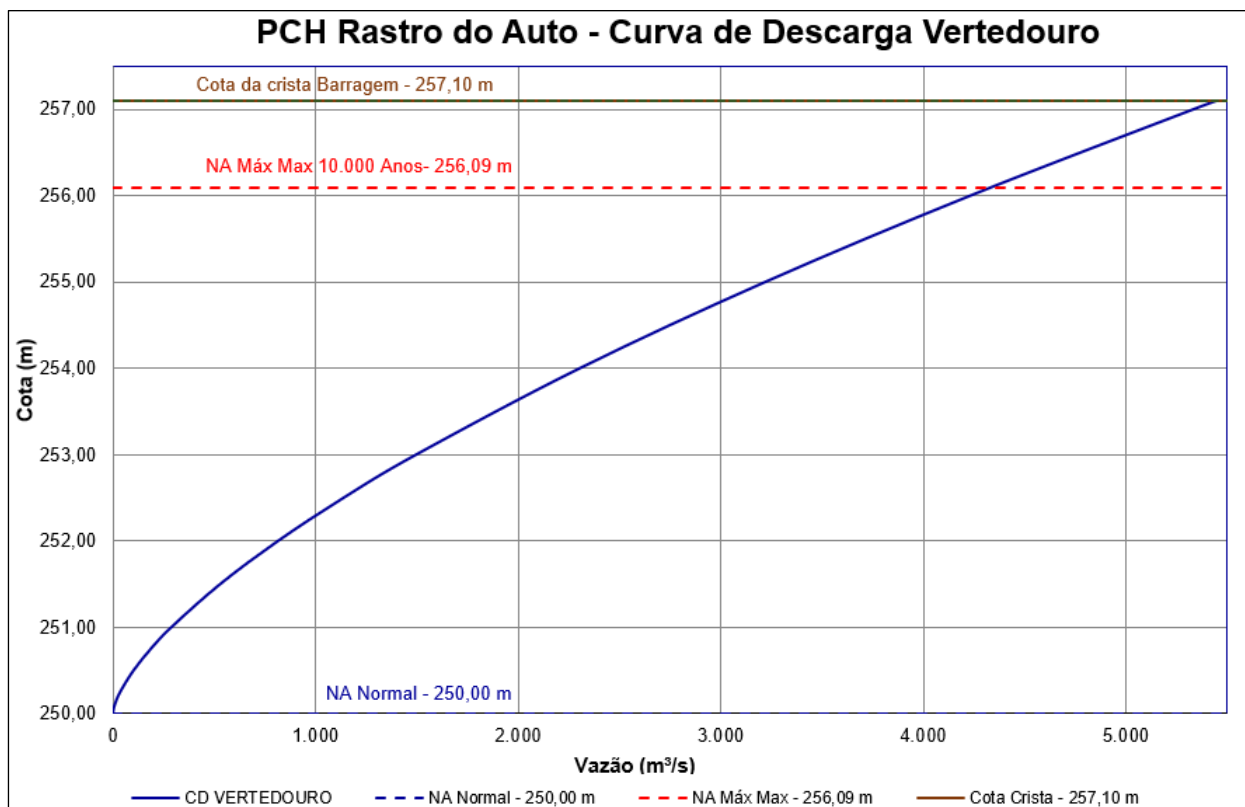


Figura 9 – Curva de Descarga – Vertedouro



Figura 10 – Vertedouro da PCH Rastro de Auto



Figura 11 – Barragem da PCH Rastro de Auto (Vista Geral)

Os documentos do projeto executivo do Vertedouro estão apresentados no Anexo I – Dados.

## 3.2 Circuito Hidráulico de Adução

### 3.2.1 Tomada de Água

A estrutura da tomada de água estará localizada na margem direita do rio, a montante da barragem. A tomada de água possui soleira na El. 242,00 e coroamento na El. 255,00 m.

Junto a sua entrada, está implantada grade impedindo a entrada de materiais de maiores dimensões que possam danificar os equipamentos e limpa-grades para retirada contínua dos materiais acumulados. As dimensões da grade são 4,00 m de largura por 14,00 m de altura.

O fechamento desta abertura, no caso da necessidade de manutenção do conduto será feito por meio de uma comporta vagão, com dimensões de (4,00 x 4,00) m. A movimentação desta comporta é realizada por pistão hidráulico.

O circuito de geração está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 003 (Figura 15) e a tomada de água está apresentada no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 013 (Figura 16).

### 3.2.2 Túnel de Adução

Após a tomada de água segue o túnel de adução com seção arco retangular de 4,0 metros de largura por 4,0 metros de altura e comprimento de 981,40 m com declividade de 0,306%.

O perfil e seção típica do túnel de adução está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE - 003 (Figura 15).

### 3.2.3 Chaminé de Equilíbrio

Antes do conduto forçado está localizada a chaminé de equilíbrio em concreto armado que possui seção circular de 9,0 m de diâmetro desde a cota 239,00 até a elevação 262,22 m. A chaminé

foi dimensionada para absorver a rejeição total de carga com o nível de montante associada a passagem da cheia de dimensionamento do vertedouro.

O circuito de geração está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 003 (Figura 15) e a chaminé de equilíbrio está apresentada no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 016 (Figura 17).

### 3.2.4 Conduto Forçado

Logo após chaminé de equilíbrio inicia-se o trecho de conduto forçado com 165,00 m de extensão (trecho reto e inclinado) e diâmetro de 2,70 m, após a bifurcação diâmetro é reduzido para 1,90 m segundo então para as duas unidades geradoras da casa de força.

O circuito de geração está apresentado no desenho RDA-PEX-TEC-ABT-DE – 003 (Figura 15).

### 3.2.5 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força da PCH Rastro de Auto é do tipo abrigada, e foi projetada para acomodar duas unidades geradoras do tipo Francis dupla de eixo horizontal. Os respectivos geradores estarão dispostos ao lado direito das turbinas.

A fundação da Casa de Força está na El. 202,80 m e o piso dos sala de máquinas está na El. 206,30 m. O nível de água normal no canal de fuga está na El. 206,80 m e o nível de água máximo de projeto encontra-se na El. 217,34 m (protegida para cheia TR 10.000 anos).

Na sucção estão instaladas as duas comportas (uma para cada lado do fluxo) por turbina somando assim 4 vãos na sucção. As comportas são do tipo ensecadeira e possuem dimensões de 1,60 m x 3,60 m cada comporta.

O canal de fuga, com função de restituir a água utilizada ao leito natural do rio é construído em concreto armado. Este canal possui 15,00 m de comprimento e foi dimensionado para a vazão turbinada de 20,0 m<sup>3</sup>/s.

Os desenhos que apresentam a casa de força e o canal de fuga estão no Anexo I – Dados (Figura 18 e Figura 19).

## 3.3 Instrumentação Existente

A instrumentação instalada anteriormente foi retirada devido a RPS-2025, onde galeria de drenagem foi tamponada com concreto convencional.

## 3.4 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Rastro de Auto são:

- NA Normal Montante = 250,00 m;
- NA Máximo Maximorum Montante = 256,09 m (TR=10.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = crista El. 257,10 m;
- NA Normal Jusante = 206,80 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante = 217,34 m

- Cota de Proteção Casa de Força = 218,50 m.

O RDA-C-SEG-002-00-21- Área Resguardada (Anexo II) apresenta as áreas de proteção do reservatório e casa de força bem como o arranjo geral da usina com destaque as principais estruturas.

As figuras a seguir apresentam arranjo geral e estruturas civis da Usina. Os desenhos principais do Barramento e arranjo estão apresentados no Anexo I – Dados, 2 - Estruturas.

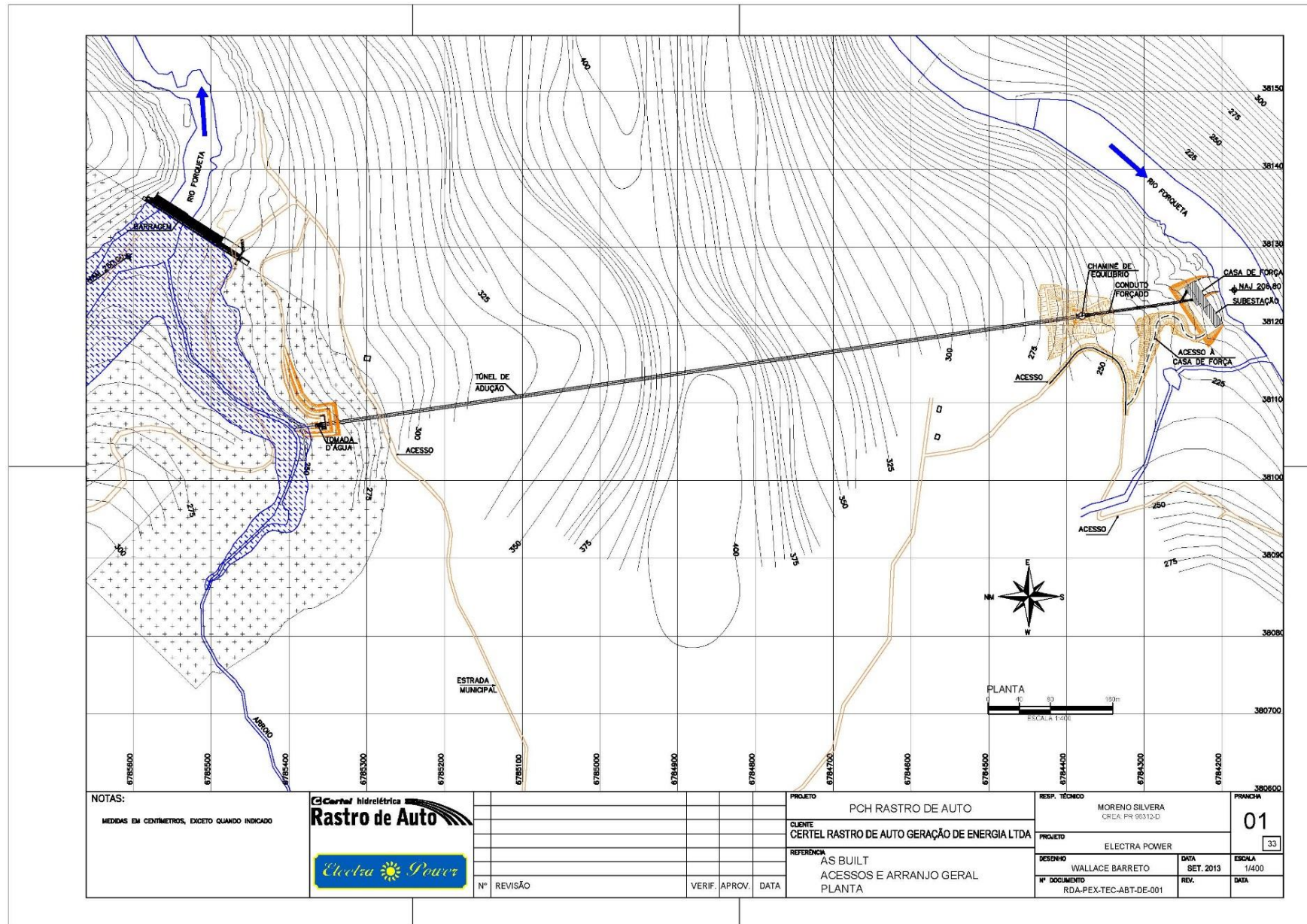


Figura 12 – Arranjo geral da PCH Rastro de Auto

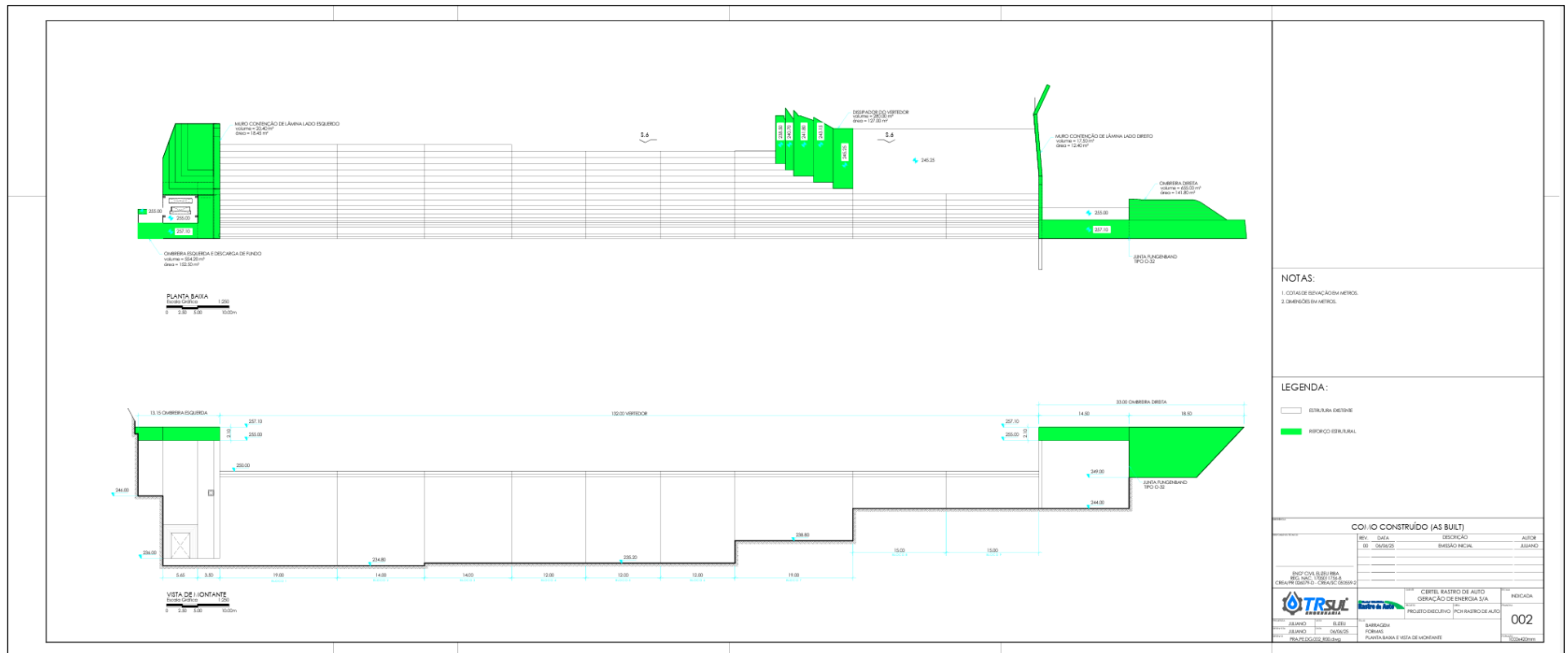


Figura 13 – Barramento PCH RDA - Planta e Vista Montante

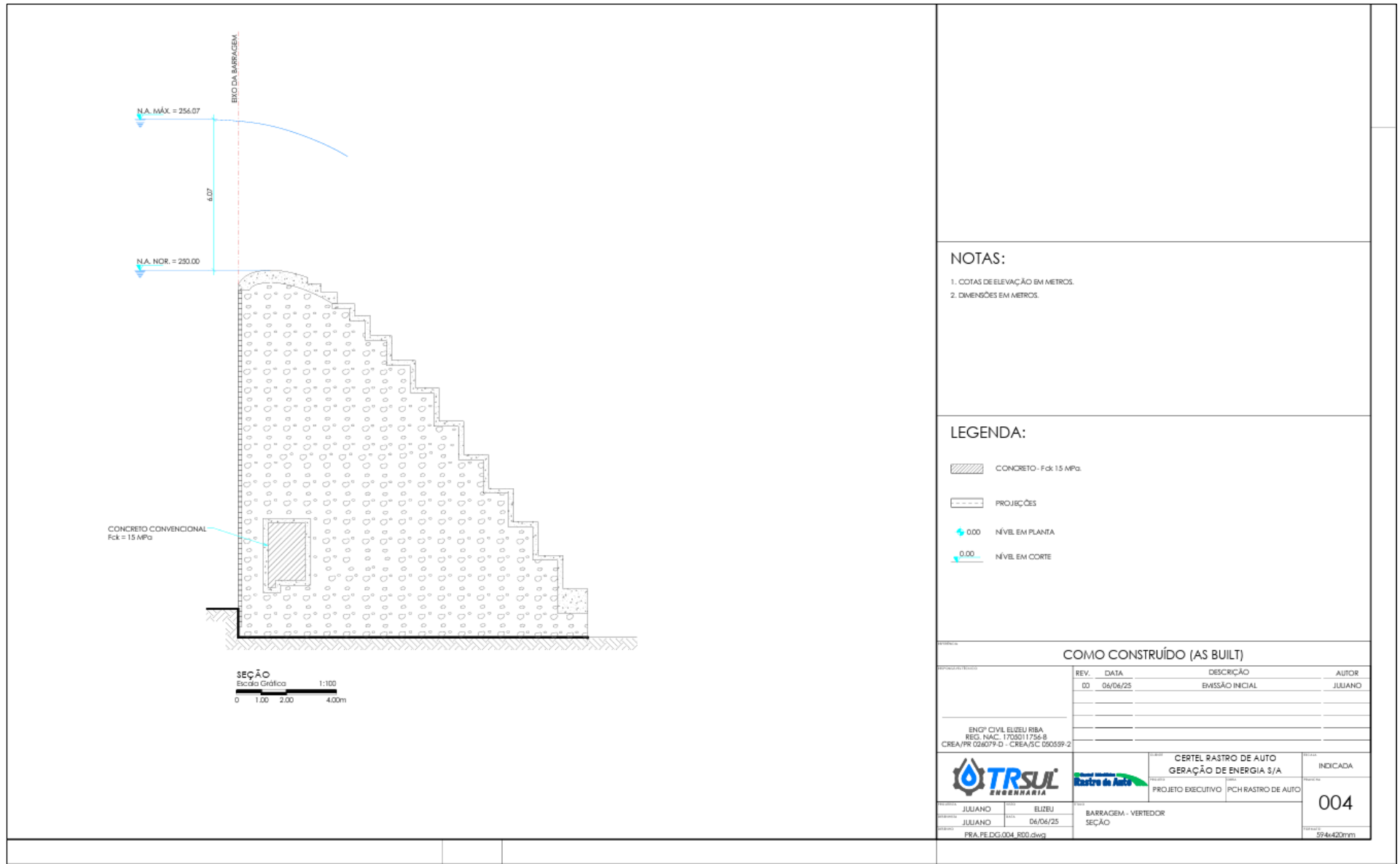


Figura 14 – Vertedouro - Seção

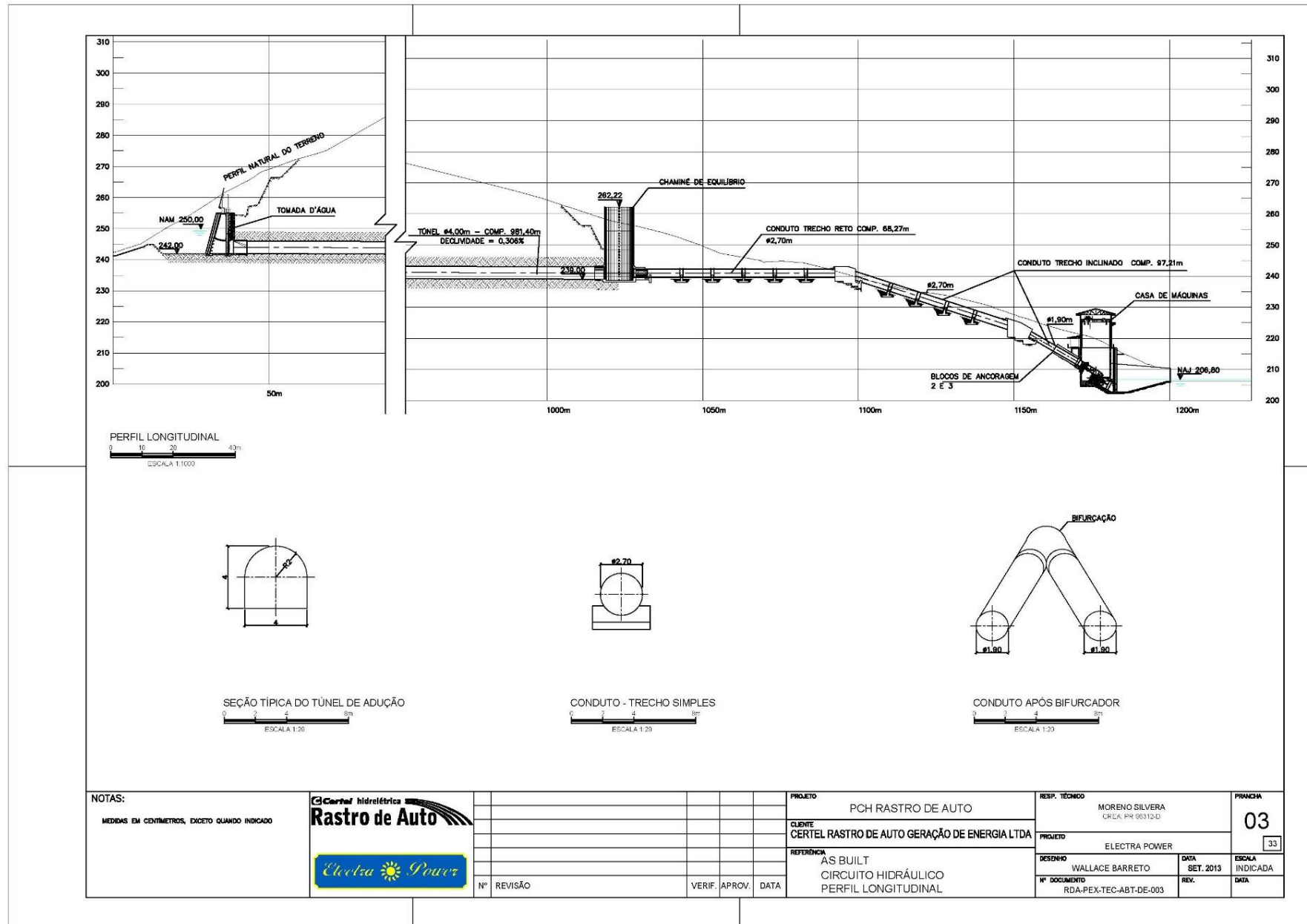


Figura 15 – Circuito de Geração – Perfil Longitudinal

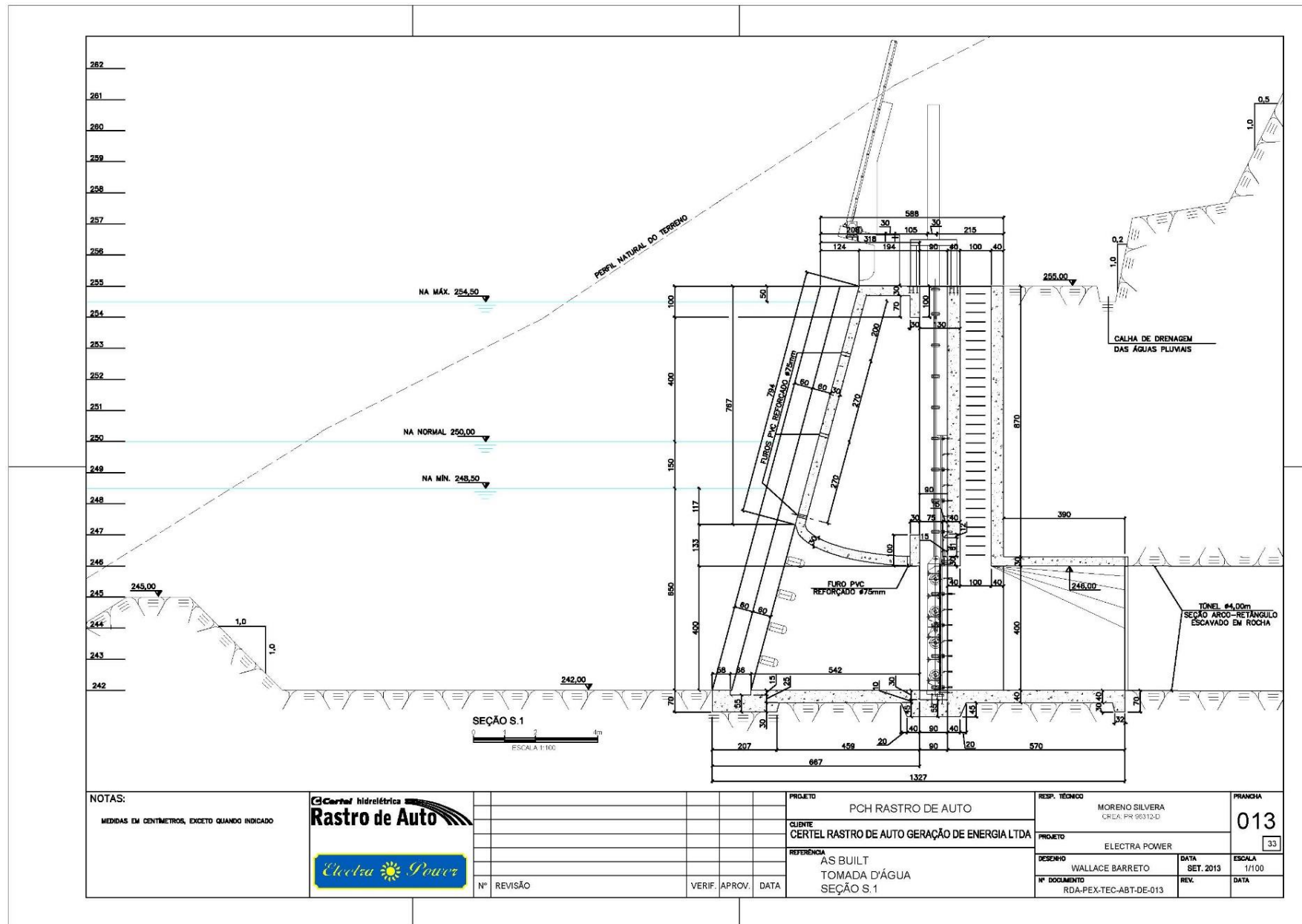
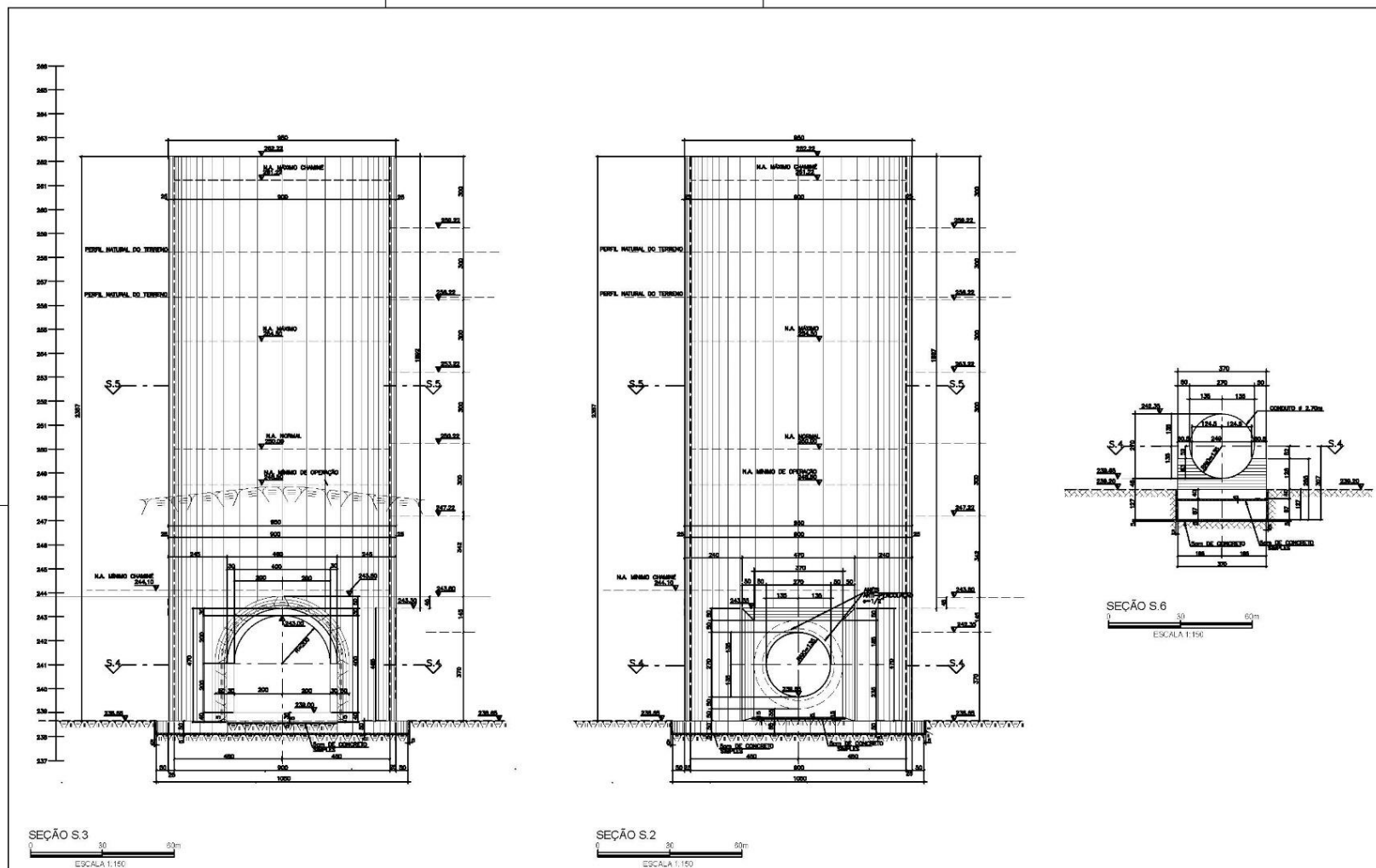


Figura 16 – Tomada de água - Seção



NOTAS:  
MEDIDAS EM CENTÍMETROS, EXCETO QUANDO INDICADO



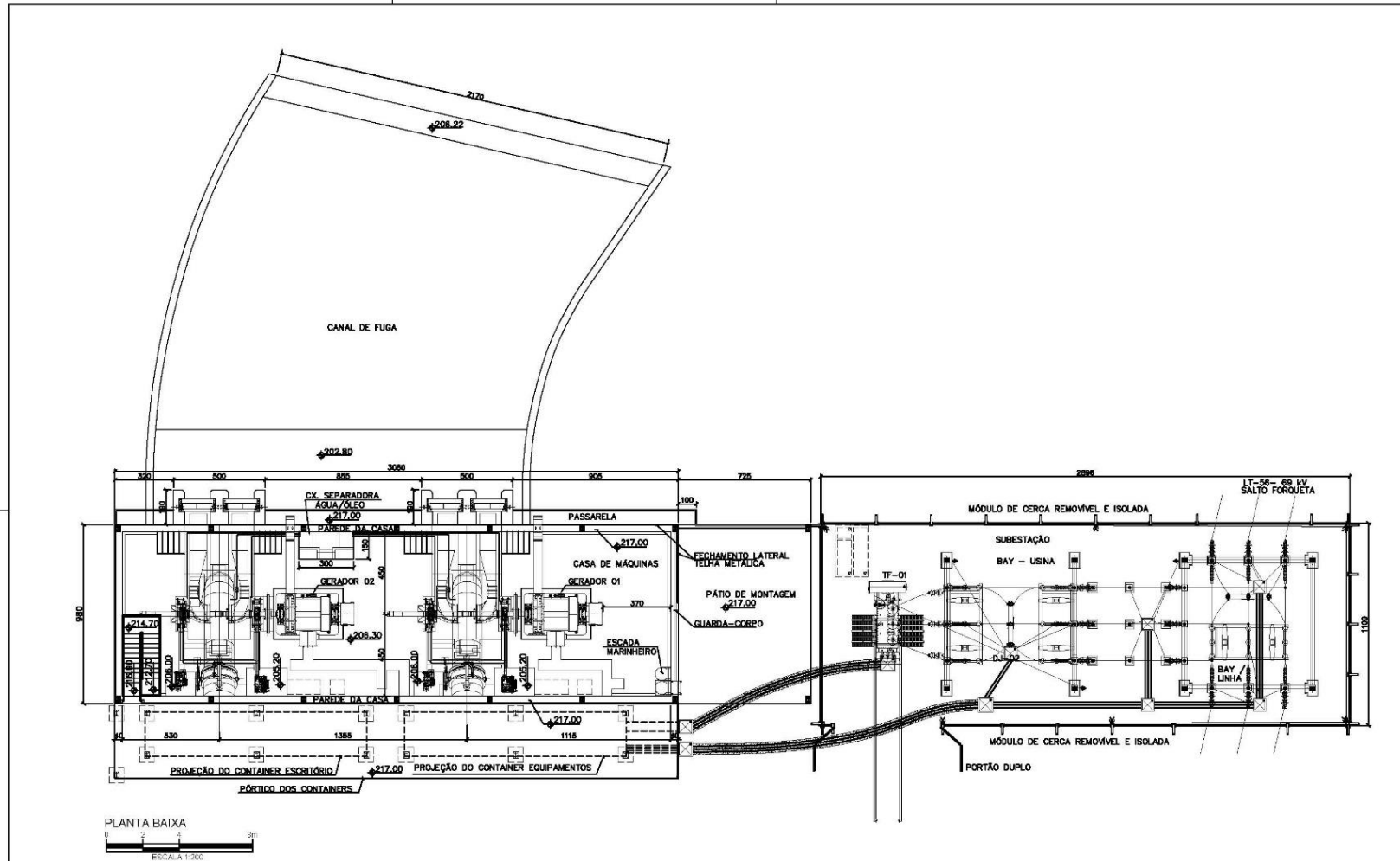
Nº	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

PROJETO	PCH RASTRO DE AUTO	
CLIENTE	CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	
REFERÊNCIA	AS BUILT CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO 2 - 2	

RESP. TÉCNICO	MORENO SILVEIRA CREA: PR 96312-D	
PROJETO	ELECTRA POWER	
DESENHO	WALLACE BARRETO	DATA SET. 2013
Nº DOCUMENTO	RDA-PEX-TEC-ABT-DE-000	REV. DATA

PRANCHA  
**016**  
33

Figura 17 – Chaminé de equilíbrio – Seção Jusante e Montante



<b>NOTAS:</b> MEDIDAS EM CENTÍMETROS, EXCETO QUANDO INDICADO	 	Nº	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA	PROJETO PCH RASTRO DE AUTO	RESP. TÉCNICO MORENO SILVEIRA <small>CREA: PR 96312-D</small>	PRANCHAS <b>026</b> <small>33</small>	
							CLIENTE CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA	PROJETO ELECTRA POWER		
							REFERÊNCIA AS BUILT CASA DE FORÇA E SUBESTAÇÃO PLANTA BAIXA	DESENHO WALLACE BARRETO	DATA SET. 2013	ESCALA 1/200
								Nº DOCUMENTO RDA-PEX-TEC-ABT-DE-026	REV.	DATA

Figura 18 – Casa de Força – Planta

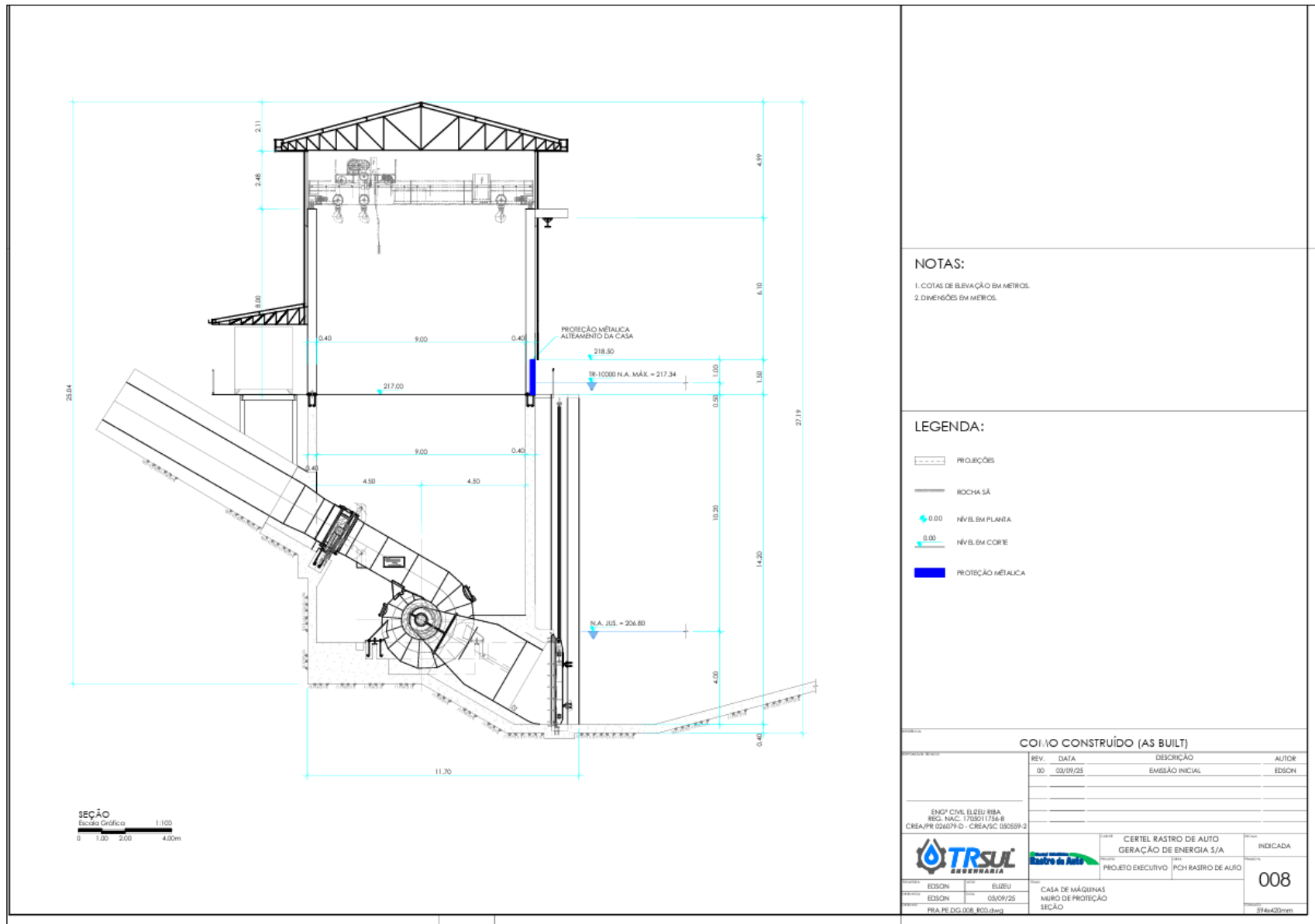


Figura 19 – Casa de Força – Seção Transversal

## 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 Rastro de Auto são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

#### 4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Rastro de Auto possui área de drenagem de 564 Km<sup>2</sup>. No reservatório o volume total é de 1,41 hm<sup>3</sup> e formado por um barramento de concreto com altura máxima de 21,60 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 Rastro de Auto 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 pequenos, pois atualmente a TR 10.000 anos é compatível com a Barragem Reforçada em 2025/2026, pois os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto reforçado variam de **0,10% a 4,88%** considerando os períodos de vida útil do empreendimento indicados.

#### 4.1.2 Risco de Colapso Estrutural

O Barramento da PCH Rastro de Auto foi projetado obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com fatores segurança superiores aos preconizados, porém após enchentes ocorridas nos últimos anos e com revisão periódica de segurança realizado em 2025, foi necessário reforço estrutural e alteamento.

Para execução da Barragem foram utilizados procedimentos adequados de construção, fiscalização e tratamentos necessários.

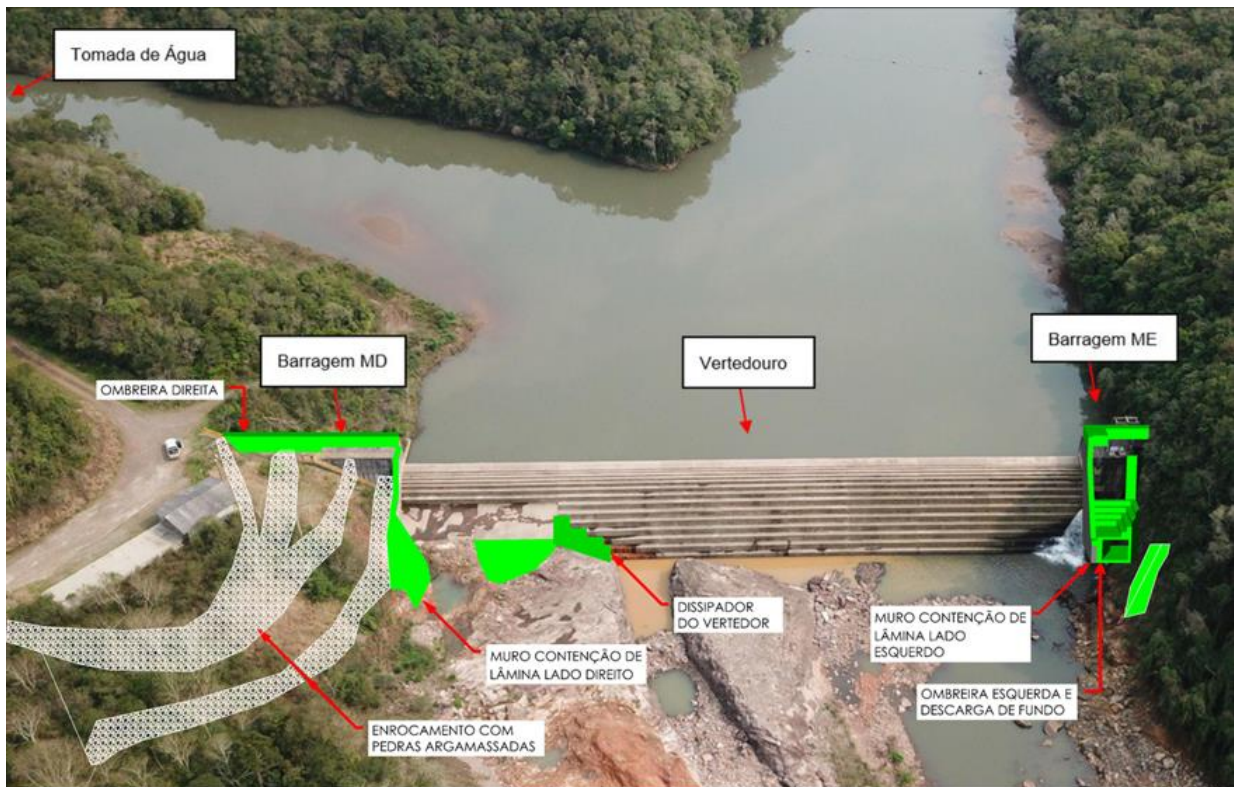


Figura 20 – Vista Geral da Barragem com Reforços Estruturais Indicados

Com a atualização do estudo hidrológico, isto é, de vazões de cheia, o Nível Máximo Maximorum no barramento foi alterado para NA Máx Max 256,09 m, com isso foi elaborado nova memória de cálculo de projeto com os critérios adotados.

Os documentos do projeto "Como Construído", imprescindíveis para a verificação da situação real quando da implantação das estruturas, também foram disponibilizados.

Além da avaliação das estruturas civis por meio da inspeção realizada em campo, uma análise dos documentos do Projeto Executivo foi realizada com o objetivo de avaliar a segurança das estruturas com relação à estabilidade global, bem como o seu dimensionamento com relação aos critérios de projeto e normas técnicas. Cabe salientar que toda a análise foi desenvolvida com base nos dados hidrológicos do Projeto Executivo do Reforço Estrutural e hidrologia atualizada 2024, onde qualquer revisão nas cheias de projeto implicará na necessidade de nova análise das estruturas.

A seguir será apresentado resumo da análise de estabilidade.

#### 4.1.2.1 Estruturas Avaliadas

Esta memória de cálculo tem por objetivo apresentar a verificação da estabilidade global das estruturas de concreto, Vertedouro e Barragens da PCH Rastro de Auto, com relação ao tombamento, deslizamento e flutuação, bem como as tensões na base das fundações. Importante observar que todas as estruturas do barramento possuem chaveta na elevação 236,00, garantindo boa ancoragem da estrutura na rocha.

Como definição para estabilidade foi considerado a galeria de drenagem tamponada com concreto convencional e inserção de novas cotas de proteção para enchentes.

#### 4.1.2.2 Parâmetros Adotados

Os seguintes parâmetros foram utilizados para os materiais:

- Peso específico do concreto ciclópico/convencional ( $\gamma_c$ ): 24 kN/m<sup>3</sup>
- Peso específico da água ( $\gamma_a$ ): 10 kN/m<sup>3</sup>
- Ângulo de atrito concreto-rocha ( $\phi$ ): 40°
- Coesão (c): 100 kN/m<sup>2</sup>
- Tensão admissível rocha ( $\tau_{adm}$ ): 800 kN/m<sup>2</sup>

Os valores adotados para o concreto ciclópico/convencional e para a rocha são compatíveis com campo – pedra com rocha basáltica, haja vista que não foram realizados ensaios para a caracterização dos materiais. Os parâmetros da rocha foram utilizados como referência as memórias de cálculos da PCH Rastro de Auto do Projeto Executivo do Reforço Estrutural elaborado pela empresa TRSUL Engenharia.

#### 4.1.2.3 Condições de Carregamento

Foram consideradas as seguintes condições de carregamento, tanto para a Barragem como para o Vertedouro.

- Condição de Carregamento Normal (CCN)
  - NA montante = máximo normal – EL. 250,00
  - NA jusante = máximo normal – EL. 236,00
  - Assoreamento do Vertedouro – EL. 246,00
- Condição de Carregamento Excepcional 1 (CCE1)
  - NA montante = máximo normal – EL. 250,00
  - NA jusante = máximo maximorum (TR=1.000 anos) – EL. 243,54 (Obtido estudo da modelagem hidráulica – Hec- Ras)

- Condição de Carregamento Excepcional 2 (CCE2)
  - NA montante = máximo maximorum (TR=10.000 anos) – EL. 255,81
  - NA jusante = máximo maximorum (TR=10.000 anos) – EL. 244,88(Obtido estudo da modelagem hidráulica – Hec- Ras)
- Condição de Carregamento Limite (CCL)
  - NA montante = máximo maximorum (TR=10.000 anos) – EL. 255,81
  - NA jusante = máximo maximorum (TR=10.000 anos) – EL. 244,88(Obtido estudo da modelagem hidráulica – Hec- Ras)
  - Assoreamento do Vertedouro – EL. 246,00
- Resumo dos Carregamentos

Carregamento	CCN	CCE1	CCE2	CCL
Peso-próprio	X	X	X	X
NA máx. normal montante	X			
NA máx. max. montante		X	X	X
NA máx. normal jusante	X			
NA máx. max. jusante		X	X	X
Assoreamento Reservatório				X

#### 4.1.2.4 Conclusão da Estabilidade das Estruturas de Concreto

A análise da estabilidade global das estruturas de concreto da PCH Rastro de Auto, Vertedouro, Barragens e Adufa demonstraram que os fatores de segurança ao tombamento (FST), ao deslizamento (FSD) e à flutuação (FSF) atenderam aos Critérios de Projeto Civil, considerando os diversos casos de carregamento (normal, excepcional e de construção) com alguns reforços detalhados abaixo:

Serão apresentados todas as seções calculadas no memorial de estabilidade das estruturas, levando em consideração as diferentes alturas, seções e se a seção é nova ou reforçada. Sendo assim, o Vertedouro apresenta análise de 3 seções, a Barragem ME tem 1 seção, a Descarga de Fundo tem 1 seção e a Barragem MD tem 2 seções. A nomenclatura da seção levou em conta a mesma nomenclatura utilizado no projeto executivo da reforma do empreendimento.

A seguir estão apresentadas as tabelas resumo dos resultados.

Tabela 3 – Resultados Estabilidade Vertedouro – Seção S.3 (Análise 2D)

Fatores de Segurança - Vertedouro – Seção S3 (Reforçada)								Tensão Fundação	
Caso de Carregamento		Tombamento		Flutuação		Deslizamento		$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição	FST Obtido	FST Limite	FSF Obtido	FSF Limite	FSD Obtido	FSD Limite	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal	1,81	>1,50	3,30	>1,30	1,13	>1,0	289,84	71,22
CCE 1	Caso de Carregamento Excepcional 1 – N.A. Máx. Normal + Efeitos Sísmicos	1,58	>1,20	3,00	>1,10	1,45		336,39	9,12
CCE 2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – N.A. Máx. Maximorum TR=1.000 anos	1,24		2,07		1,31		420,37	-100,37
CCE 3	Caso de Carregamento Excepcional 3 – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos	1,20		1,99		1,29		440,68	-118,23
CCL	CCL – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos + Contato Aberto	1,14		1,83		1,29		440,73	-147,93

(\*) Observações:

- Seção S3 do Vertedouro – estrutura reforçada conforme projeto executivo de reforma da PCH RDA.
- Análise bidimensional (2D)
- Valores negativos de  $\sigma_2$  indicam abertura de contato.

Tabela 4 – Resultados Estabilidade Vertedouro - Seção S.4 (Análise 2D)

Fatores de Segurança - Vertedouro – Seção S4 (Reforçada)								Tensão Fundação	
Caso de Carregamento		Tombamento		Flutuação		Deslizamento		$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição	FST Obtido	FST Limite	FSF Obtido	FSF Limite	FSD Obtido	FSD Limite	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal	3,86	>1,50	5,46	>1,30	4,07	>1,0	257,10	108,86
CCE 1	Caso de Carregamento Excepcional 1 – N.A. Máx. Normal + Efeitos Sísmicos	3,12	>1,20	4,69	>1,10	4,31		218,73	133,79
CCE 2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – N.A. Máx. Maximorum TR=1.000 anos	2,24		3,60		2,96		237,98	150,42
CCE 3	Caso de Carregamento Excepcional 3 – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos	2,06		3,23		2,77		258,50	131,65
CCL	CCL – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos + Contato Aberto	1,83		2,67		2,72		246,10	107,05

(\*) Observações:

- Seção S4 do Vertedouro – estrutura reforçada conforme projeto executivo de reforma da PCH RDA.
- Análise bidimensional (2D)
- Valores negativos de  $\sigma_2$  indicam abertura de contato.

Tabela 5 – Resultados Estabilidade Vertedouro - Seção S.5 (Análise 2D)

Fatores de Segurança - Vertedouro – Seção S5 (Reforçada)								Tensão Fundação	
Caso de Carregamento		Tombamento		Flutuação		Deslizamento		$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição	FST Obtido	FST Limite	FSF Obtido	FSF Limite	FSD Obtido	FSD Limite	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal	5,20	>1,50	6,22	>1,30	8,86	>1,0	164,07	32,54
CCE 1	Caso de Carregamento Excepcional 1 – N.A. Máx. Normal + Efeitos Sísmicos	4,14	>1,20	5,24	>1,10	8,40		149,06	40,52
CCE 2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – N.A. Máx. Maximorum TR=1.000 anos	2,53		3,65		4,27		116,32	116,14
CCE 3	Caso de Carregamento Excepcional 3 – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos	2,38		3,51		3,82		138,64	109,22
CCL	CCL – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos + Contato Aberto	1,96	>1,10	2,63		3,76		127,52	87,39

(\*) Observações:

- Seção S5 do Vertedouro – estrutura reforçada conforme projeto executivo de reforma da PCH RDA.
- Análise bidimensional (2D)
- Valores negativos de  $\sigma_2$  indicam abertura de contato.

Tabela 6 – Resultados Estabilidade Barragem Margem Esquerda – Seção Única (Análise 2D)

Fatores de Segurança - Ombreira Esquerda – Seção Única (Reforçada)								Tensão Fundação	
Caso de Carregamento		Tombamento		Flutuação		Deslizamento		$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição	FST Obtido	FST Limite	FSF Obtido	FSF Limite	FSD Obtido	FSD Limite	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal	8,22	>1,50	14,19	>1,30	10,63	>1,0	269,12	258,44
CCE 1	Caso de Carregamento Excepcional 1 – N.A. Máx. Normal + Efeitos Sísmicos	3,84	>1,20	9,95	>1,10	8,03		359,23	151,30
CCE 2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – N.A. Máx. Maximorum TR=1.000 anos	1,76		6,31		2,89		570,13	-92,57
CCE 3	Caso de Carregamento Excepcional 3 – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos	1,34		5,62		2,25		706,92	-240,38
CCL	CCL – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos + Contato Aberto	1,23	>1,10	4,21		2,23		695,67	-262,83

(\*) Observações:

- Seção Única da Ombreira Esquerda – estrutura reforçada conforme projeto executivo de reforma da PCH RDA.
- Análise bidimensional (2D)
- Valores negativos de  $\sigma_2$  indicam abertura de contato
- Destacados em vermelho não atende coeficiente segurança e tração base.

Tabela 7 – Resultados Estabilidade Descarga de Fundo – Seção Única (Análise 3D)

Fatores de Segurança - Descarga de Fundo – Seção Única (Análise 3D)								Tensão Fundação	
Caso de Carregamento		Tombamento		Flutuação		Deslizamento		$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição	FST Obtido	FST Limite	FSF Obtido	FSF Limite	FSD Obtido	FSD Limite	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal	2,77	>1,50	3,65	>1,30	1,77	>1,0	320,33	44,37
CCE 1	Caso de Carregamento Excepcional 1 – N.A. Máx. Normal + Efeitos Sísmicos	2,33	>1,20	3,30	>1,10	2,17		262,30	87,90
CCE 2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – N.A. Máx. Maximorum TR=1.000 anos	1,63		2,20		1,57		165,73	134,23
CCE 3	Caso de Carregamento Excepcional 3 – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos	1,49		2,06		1,43		204,43	85,75
CCL	CCL – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos + Contato Aberto	1,31	>1,10	1,69		1,33		189,57	39,47

(\*) Observações:

- Seção Reforçada da Ombreira Direita – estrutura reforçada conforme projeto executivo de reforma da PCH RDA.
- Análise bidimensional (3D)
- Valores negativos de  $\sigma_2$  indicam abertura de contato
- Destacados em vermelho não atende coeficiente segurança e tração base

Tabela 8 – Resultados Estabilidade Barragem Margem Direita – Seção Reforçada (Análise 2D)

Fatores de Segurança - Ombreira Direita – Seção Reforçada								Tensão Fundação	
Caso de Carregamento		Tombamento		Flutuação		Deslizamento		$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição	FST Obtido	FST Limite	FSF Obtido	FSF Limite	FSD Obtido	FSD Limite	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal	15,86	>1,50	21,49	>1,30	42,13	>1,0	209,66	159,22
CCE 1	Caso de Carregamento Excepcional 1 – N.A. Máx. Normal + Efeitos Sísmicos	5,79	>1,20	13,07	>1,10	15,17		203,70	153,57
CCE 2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – N.A. Máx. Maximorum TR=1.000 anos	2,36		5,69		4,07		282,12	36,76
CCE 3	Caso de Carregamento Excepcional 3 – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos	1,74		4,90		2,95		353,14	-45,26
CCL	CCL – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos + Contato Aberto	1,55	>1,10	3,67		2,95		344,23	-62,75

(\*) Observações:

- Seção Reforçada da Ombreira Direita – estrutura reforçada conforme projeto executivo de reforma da PCH RDA.
- Análise bidimensional (2D)
- Valores negativos de  $\sigma_2$  indicam abertura de contato
- Destacados em vermelho não atende coeficiente segurança e tração base

Tabela 9 – Resultados Estabilidade Barragem Margem Direita – Seção Nova (Análise 2D)

Fatores de Segurança - Ombreira Direita – Seção Nova								Tensão Fundação	
Caso de Carregamento		Tombamento		Flutuação		Deslizamento		$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição	FST Obtido	FST Limite	FSF Obtido	FSF Limite	FSD Obtido	FSD Limite	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal	30,45	>1,50	24,87	>1,30	117,74		453,56	-151,80
CCE 1	Caso de Carregamento Excepcional 1 – N.A. Máx. Normal + Efeitos Sísmicos	9,46	>1,20	14,24	>1,10	19,47	>1,0	406,11	-113,79
CCE 2	Caso de Carregamento Excepcional 2 – N.A. Máx. Maximorum TR=1.000 anos	2,81		4,15		4,38		264,56	-25,92
CCE 3	Caso de Carregamento Excepcional 3 – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos	2,11		3,51		3,02		186,32	38,40
CCL	CCL – N.A. Máx. Maximorum TR=10.000 anos + Contato Aberto	1,80		>1,10		2,63		3,00	153,04

(\*) Observações:

- Seção Nova da Ombreira Direita – estrutura reforçada conforme projeto executivo de reforma da PCH RDA.
- Análise bidimensional (2D)
- Valores negativos de  $\sigma_2$  indicam abertura de contato
- Destacados em vermelho não atende coeficiente segurança e tração base.

**LOGO, TODAS AS ESTRUTURAS DO BARRAMENTO APÓS REFORÇO ESTÃO EM CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE ADEQUADAS E DE ACORDO COM CRITÉRIOS DE PROJETO E NORMAS.**

## 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 Rastro de Auto 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  $10.000$  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,  $Q_{Turb}$ .

### b) Situação Enchentes – Ruptura com enchentes

Correspondem à condição enchente extrema de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de  $1.000$  e  $10.000$  anos de recorrência, sendo última 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	<b>NORMAL (VERDE)</b>	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	<b>ATENÇÃO (AMARELO)</b>	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	<b>ALERTA (LARANJA)</b>	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	<b>EMERGÊNCIA 1 (VERMELHO CLARO)</b>	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	<b>EMERGÊNCIA 2 (VERMELHO ESCURO)</b>	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 zona de autossalvamento (ZAS) e alerta para a defesa civil da ocorrência de um evento de cheias extremas, acima do TR 100 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 milenar 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 cálculo das cheias natural/extremas e de 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 Rastro de Auto foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS 6.5 (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 modo a identificar a forma como se dará 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 Rastro de Auto o erro é de 0,50 m a 2,50 m, devido o trecho possuir as curvas de nível dos desenhos que reproduzem o terreno equidistantes de 1,00 m até 5,00 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, de 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 na abertura, considerando que quanto maior o volume para um mesmo desnível a brecha tende a ser maior.

### 5.1.3 Potenciais Causas de Rompimento de Barragem

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).

### 5.1.4 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, a ocorrência de 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 21 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a seqüência apresentada abaixo.

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

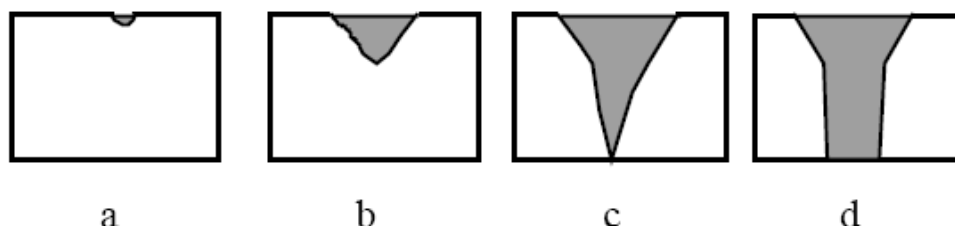


Figura 21 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

### 5.1.5 Infiltração (Piping)

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. Esse fenômeno também é conhecido como piping.

A Figura 22 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que também ocorre conforme a sequência a seguir.

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

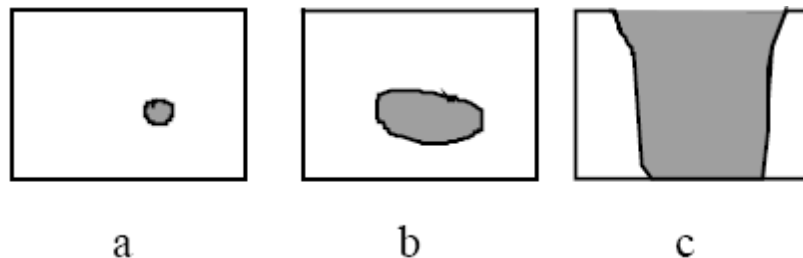


Figura 22 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

### 5.1.6 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).

A Figura 23 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).

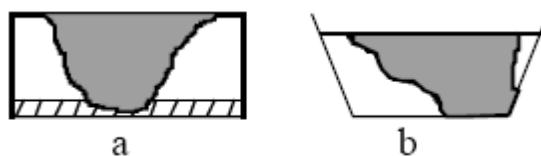


Figura 23 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

### 5.1.7 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.

### 5.1.8 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%.

### 5.1.9 Parâmetros de Formação de Brecha de Ruptura

Os parâmetros de formação da brecha, inseridos no modelo HEC-RAS, são a geometria da brecha, tempo de desenvolvimento e os coeficientes hidráulicos necessários à quantificação das vazões geradas pela seção transversal da brecha.

HEC (2010) e USACE (2014) colocam que o módulo de formação de brecha de ruptura do modelo HEC-RAS permite modos de ruptura por galgamento, *piping* ou colapso instantâneo. Tendo em vista que a PCH Rastro de Auto é tipo Concreto, os processos de ruptura hipotética da barragem podem ser deflagrados por *colapso estrutural*.

Baseado no tipo de material de construção da barragem, USACE (2014) sugere o emprego da Tabela 10 como norteador na adoção dos valores dos coeficientes de descarga associados ao corpo do barramento e ao *colapso*.

Tabela 10 – Coeficientes de descarga

Tipo de barragem	Coeficiente de vazão da brecha	Coeficiente de descarga para o piping
Barragem de argila ou núcleo de argila	1,44 – 1,82	0,5 – 0,6
Barragem de enrocamento	1,44 – 1,66	0,5 – 0,6
Concreto em arco	1,71 – 1,82	0,5 – 0,6
Concreto (gravidade)	1,44 – 1,66	0,5 – 0,6

Adaptado de USACE (2014).

O presente trabalho considera a representação da brecha através dos parâmetros de largura, altura e declividade de abertura do prisma (H:V). Este conceito, de tratar a brecha como uma forma prismática, é uma simplificação utilizada para representá-la numericamente em modelos numéricos como HEC-RAS.

A Figura 24 ilustra os parâmetros de forma da brecha de ruptura, bem como sua representação no modelo numérico conceitual.

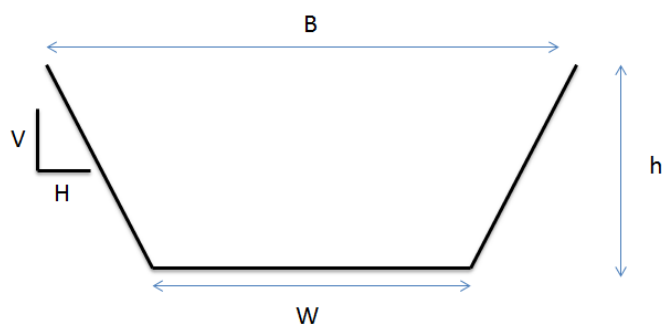


Figura 24 – Representação dos parâmetros de forma da brecha de ruptura

USACE (2014) argumenta que o procedimento de determinação de parâmetros de formação da brecha de ruptura de barragens, no caso de barragens de terra e enrocamento, apresenta maior complexidade. Dependendo do tipo de barragem, a heterogeneidade dos materiais e do controle de qualidade da construção, demanda maior perícia nos procedimentos arrojados em normas. Por sua vez, Schaefer (1992) coloca que a representação numérica do rompimento hipotético de uma barragem de concreto ou elementos mecânicos da barragem, tal como comportas, constituem um procedimento de baixa complexidade. Neste caso, a ruptura hipotética de uma barragem de concreto ou de um elemento rígido é analisada de forma instantânea.

Os valores recomendados para os parâmetros de forma geométrica e tempo de formação das brechas de ruptura, para cada tipo de barragem, encontram-se expostos no Quadro 1.

Quadro 1 – Faixas e possíveis valores para caracterização da brecha

Tipo de barragem	Largura média da brecha (Bm)	Componente horizontal da declividade lateral da brecha (H:V)	Tempo de formação da brecha (tf) [h]	Agência (EUA)
Terra/Enrocamento	(0,5 até 3,0) x hd (1,0 até 5,0) x hd (2,0 até 5,0) x hd (0,5 até 5,0) x hd*	0 até 1,0 0 até 1,0 0 até 1,0 (maior) 0 até 1,0	0,5 até 4,0 0,1 até 1,0 0,1 até 1,0 0,1 até 4,0*	USACE (1980) FERC NWS USACE (2007)
Concreto (Gravidade)	Múltiplos blocos Típico < 0,5 L Típico < 0,5 L Múltiplos blocos	Vertical Vertical Vertical Vertical	0,1 até 0,5 0,1 até 0,3 0,1 até 0,2 0,1 até 0,5	USACE (1980) FERC NWS USACE (2007)
Concreto em arco	Toda o barramento Toda o barramento (0,8 x L) até L (0,8 x L) até L	Declividade do vale 0 até a declividade do vale 0 até a declividade do vale 0 até a declividade do vale	<0,1 <0,1 <0,1 <0,1	USACE (1980) FERC NWS USACE (2007)
Escombros	(0,8 x L) até L (0,8 x L) até L	1,0 até 2,0	0,1 até 0,3 <0,1	FERC NWS

Adaptado de USACE (2014).

\***Nota:** Barragens com grande volume de água armazenado, e que tenham grande extensão de crista, continuarão erodindo por longos períodos, podendo apresentar maiores larguras e tempos de formação da brecha.  $h_d$  = altura da barragem; L = largura de crista da barragem.

### 5.1.10 Parâmetros de Ruptura da Barragem

Para a Barragem Rastro de Auto, aplicam-se os seguintes parâmetros de formação de brecha, bem como os mecanismos ou modos de ruptura:

- Posição: Local ao longo do eixo longitudinal da estrutura do barramento onde estará o centroide da brecha;
- Modo de ruptura: Definição da ruptura hipotética segundo galgamento ou colapso estrutural;
- Forma: Largura da base da brecha e declividade de abertura do prisma (H:V);
- Tempo de formação: Tempo de desenvolvimento da brecha de ruptura;
- Coeficientes de vazão: Coeficiente hidráulico associado à abertura da brecha; e
- Cota do reservatório: Cota do reservatório no início da abertura da brecha.

### 5.1.11 Variáveis Hidráulicas

A análise hidráulica, das saídas dos modelos numéricos, é crucial para a funcionalidade do PAE e construção das cartas de inundação e procedimentos de tomada de decisão. Sendo assim, as seguintes variáveis hidráulicas são extraídas e pós processadas do modelo numérico hidráulico:

- Cota de pico para os cenários de ruptura e para as vazões naturais da bacia;

- Altura incremental da coluna d'água (altura da onda);
- Vazão de pico;
- Tempo de pico, Tempo de inundação (fim) e Tempo de chegada; duração e;
- Velocidade da onda.

As cotas são extraídas dos perfis hidráulicos da superfície da linha d'água ao longo do vale a jusante da área em estudo, com referencial altimétrico comumente tido como zero IBGE. Esses valores são interpretados em relação a cotas das estruturas e benfeitorias de referência ao longo do vale a jusante, de modo a determinar o nível de impacto da onda de cheia.

A altura da coluna d'água é calculada pela diferença entre as cotas do cenário de escoamento da vazão de referência e as ondas induzidas pelos modos de ruptura hipotética.

A vazão de pico é extraída dos hidrogramas da cheia em diferentes locais do vale a jusante.

O tempo de pico é calculado pela diferença entre o instante de início da ruptura e o instante de pico do cotograma para cada local do vale a jusante determinado como estratégico. O tempo de inundação é calculado como o tempo de permanência do nível d'água superior a uma determinada cota de referência. O tempo de chegada é calculado como o instante em que a onda induzida pela ruptura hipotética atinge uma cota de referência gerada por uma elevação incremental, a ser adotada de acordo com barragem e vale de jusante. No caso da PCH Rastro de Auto por ser barragem de concreto e vale de jusante somente com ribeirinhos, foi adotado de 0,30 m (~1 ft – FEMA 2013).

A velocidade da onda é calculada com base no tempo de deslocamento dos picos do cotograma ao longo do vale a jusante, que equivale à velocidade da massa d'água da onda induzida pela ruptura hipotética.

O comportamento da onda de inundação induzida pela ruptura da barragem é avaliado por dois cenários hidrológicos, *Sunny Day* e evento hidrológico crítico relacionado a vazão de projeto da barragem. Os dois cenários hidrológicos são associados aos prováveis modos de ruptura da barragem, definidos na Análise preliminar.

A recomendação de FEMA (2013) é de uso de vazões de referência para fins de comparação da magnitude da inundação incremental por uma ruptura de barragens em relação a eventos de cheias naturais. Com base na mesma diretriz, adota-se a elevação incremental de 0,30 m (~1 ft) para parametrizar o tempo de chegada da onda de inundação induzida pela ruptura hipotética da barragem e delimitar a extensão da Zona de Autossalvamento a jusante do empreendimento. Esse critério de avaliação da chegada da onda é adequado frente aos requisitos das regulamentações da Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, Lei 12.334/2010.

A Figura 25 ilustra os tempos de referência em relação à onda induzida pela ruptura hipotética da barragem. Estão apresentados o tempo de pico a partir do início da ruptura da barragem, o tempo de chegada da onda e o tempo de fim da inundação acima da elevação de referência para indicar o tempo de chegada.

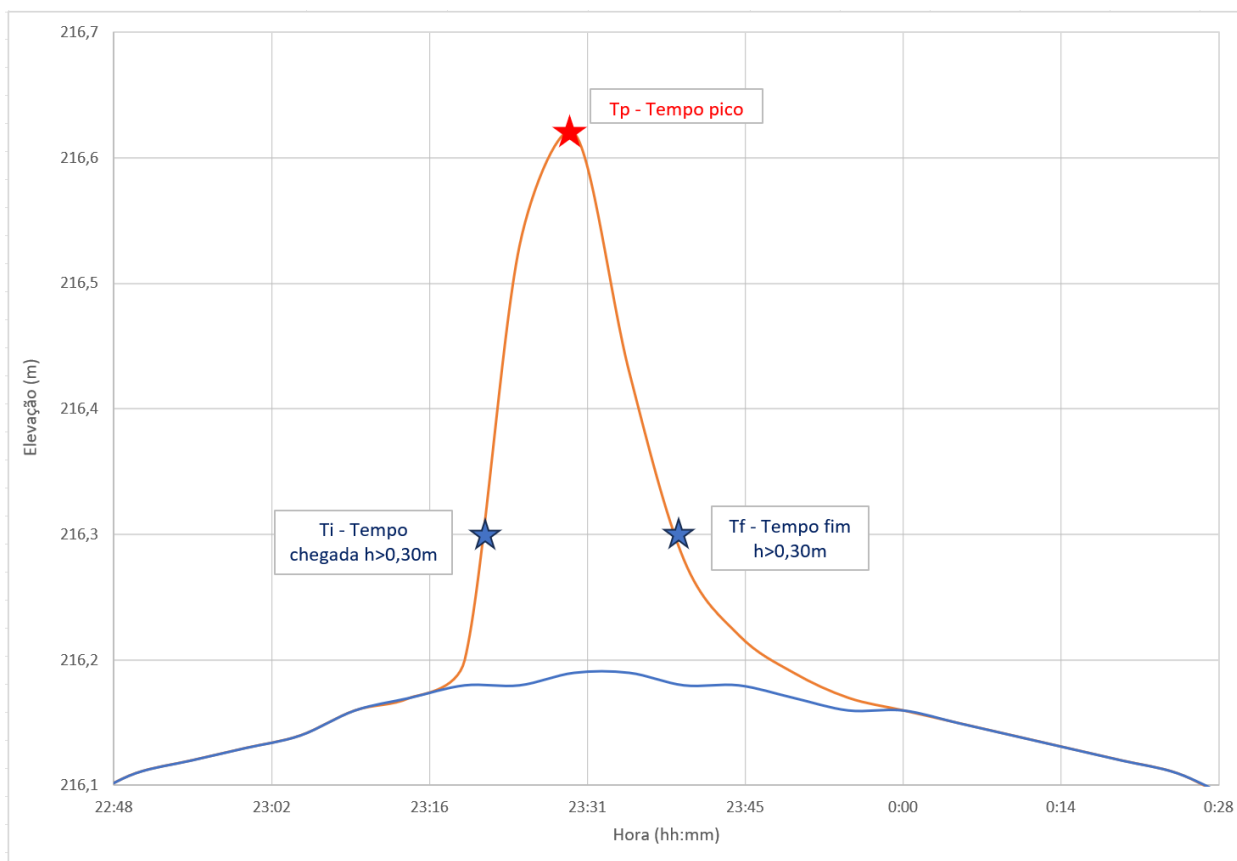


Figura 25 – Exemplo dos tempos da onda

### 5.1.12 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 Nº 1064 de 2023 da ANEEL no Art. 6 estabelece:

**“§ 5º A área de abrangência dos estudos de que trata o § 2º deverá se estender até o amortecimento da cheia associada ou até o reservatório da usina hidrelétrica imediatamente a jusante, o que ocorrer primeiro.**

**§ 6º Quando a área de abrangência do estudo de que trata o § 2º se estender até o reservatório de jusante, seu resultado deverá ser encaminhado para o representante do empreendedor da usina de jusante alcançada pelo § 5º para avaliação da capacidade de amortecimento.”**

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 (hm <sup>3</sup> )	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

Logo, com volume do reservatório menor que 3 hm<sup>3</sup> a extensão do trecho de modelagem considerada é no máximo 25 km.

Porém foi simulado em conjunto com PCH Salto Forqueta do mesmo grupo, logo o trecho simulado foi de aproximadamente 32,20 km a jusante do Barramento, passando pela PCH Salto

Forqueta de acordo com RN 1064/2023 da ANEEL, onde não ocorreu galgamento hipotético com a nova cota de proteção.

### 5.1.13 Modelagem Matemática

A simulação do rompimento utiliza o modelo HEC-RAS versão 6.5, 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 de os 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;

qL = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S0 = declividade do leito;

Sf = 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 em que se necessita simular o fluxo das águas, e não permanente, para casos de simulações de rompimentos, e apresenta o resultado em forma 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.

#### 5.1.14 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.

#### 5.1.15 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, permitindo que seja realizado a evacuação 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 Emergência.

#### 5.1.16 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:

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

- instante de chegada da altura máxima;
- grau de perigo em função da velocidade e altura ( $V \times H$ ), em  $m^2/s$ ;
- 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 2 – 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) <sup>0,6</sup>
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 de estabelecer valores para os quais as cheias provocam danos, obteve-se as seguintes referências do Quadro 3.

Quadro 3 – Consequências do Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m <sup>2</sup> /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 4 – Nível de perigo para seres humanos

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

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

Quadro 5 – Nível de perigo para edificações

Nível	Classe	Inundação Dinâmica (HxV)	Velocidade (V)
Reduzido	Verde	< 3 m <sup>2</sup> /s	< 2 m/s
Médio	Amarelo	3 m <sup>2</sup> /s – 5 m <sup>2</sup> /s	2 m/s – 4 m/s
Importante	Laranja	5 m <sup>2</sup> /s – 7 m <sup>2</sup> /s	4 m/s – 5,5 m/s
Muito Importante	Vermelho	> 7 m <sup>2</sup> /s	> 5,5 m <sup>2</sup> /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 11 a seguir.

Tabela 11 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m <sup>2</sup> /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 5.1.9, 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 3 - 50 hm<sup>3</sup> - análise da simulação do rompimento da Barragem no trecho a jusante até máximo 25 km.

A informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que a grande maioria das vítimas fatais ocorrem nos primeiros 25 km, sendo que esta distância diminui conforme a redução da altura da barragem e do volume do reservatório.

Para o estudo na PCH Rastro de Auto como o volume do reservatório está entre 3 - 50 hm<sup>3</sup> (1,41 hm<sup>3</sup>) a extensão do trecho de modelagem foi considerada desde o reservatório até 25 km a jusante do Barramento da PCH Salto Forqueta.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 32,20 km ao longo do eixo do rio Forqueta, incluindo o trecho desde o reservatório da PCH Rastro de Auto até 25 km a jusante da Barragem da PCH Salto Forqueta, passando pelos ribeirinhos de jusante e pelo local das casas de força das duas usinas, atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de média altura (19,00 m), volume do reservatório pequeno (1,41 hm<sup>3</sup>) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise estão de acordo com a bibliografia.

## 5.2.2 Geografia da região e geometria do rio

Foram alimentados no software os 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 RDA-C-SRE-001-00-21 – Seções na Restituição – Folha 01 a 05 presente no Anexo IV apresenta a localização das seções transversais obtidas pela restituição e utilizadas no modelo.

### 5.2.2.1 Cartografia

Foi utilizado a restituição existente fornecido pela CERTEL oriundo dos Projetos básicos do rio Forqueta.

A restituição aerofotogramétrica abrange a maior parte da área em estudo e foi executada com curvas de nível equidistantes de 1,00 m próximo a calha e de 5 m no restante, utilizando-se as imagens disponíveis no Google Earth.

A Restituição aerofotogramétrica do Inventário do Rio Forqueta no trecho entre a PCH Foz do Jacutinga e a CGH Olaria.

Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados, 1 – Cartografia e Topografia.

### 5.2.2.2 Topografia

Os dados utilizados de topografia também foram extraídos dos Projetos Básicos do rio Forqueta existentes, no trecho de jusante da Barragem da PCH Rastro de Auto, foram:

#### 5.2.2.2.1 PCH Rastro de Auto

- Levantamento de 03 seções topobatimétricas no local previsto para a implantação da casa de máquinas da PCHRDA.
- Levantamento de 03 seções topobatimétricas localizadas a jusante do local onde foi construído o barramento da PCHRDA.

#### 5.2.2.2.2 PCH Salto Forqueta

- Levantamento de 03 seções topobatimétricas na região da casa de máquinas da PCHSF.
- Levantamento de 07 seções topobatimétricas localizada a montante e a jusante da posição da casa de máquinas da PCHSF.
- Levantamento de 01 seção topobatimétrica localizada a jusante da laje de dissipação do barramento da PCHSF.

#### 5.2.2.2.3 PCH Moinho Velho

- Seções topobatimétricas B1, B2 e B3.
- Seções topobatimétricas B4, B5 e B6.
- Seções topobatimétricas B7 e B8.

#### 5.2.2.2.4 PCH Vale Fundo

- Seção topobatimétrica barramento SB01.
- Seção topobatimétrica barramento SB02.
- Seção topobatimétrica barramento SB03.
- Seção topobatimétrica barramento SB04.
- Seção topobatimétrica barramento SB05.
- Seções topobatimétricas B01 e B02.
- Seções topobatimétricas B03, B04 e B05.
- Seções topobatimétricas B06 e B07.

#### 5.2.2.2.5 PCH Vale Do Leite

- Seção topobatimétrica 01B.
- Seção topobatimétrica 01A.
- Seção topobatimétrica 01.
- Seção topobatimétrica 02.
- Seção topobatimétrica 03.
- Seção topobatimétrica 04.
- Seção topobatimétrica 05.

#### 5.2.2.2.6 CGH Olaria

- Seções topobatimétricas S-00 e S-01.
- Seções topobatimétricas S-02 e S-03
- Seções topobatimétricas S-04 e S-05

Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados, 1 – Cartografia e Topografia.

### 5.2.3 Geometria da barragem

A barragem de concreto da margem esquerda, com altura máxima de 19,00 m no centro da Barragem/vertedouro, tem comprimento total (vertedouro+ombreiras) de 178,15 m e cota de proteção das ombreiras na EL. 257,10 m. O vertedouro de soleira livre tem 132,00 m de comprimento e crista na EL. 250,00 m. Para o lançamento de dados no software foram utilizados os desenhos de referência extraídos do projeto executivo “Como Construído”.

## 5.2.4 Hidrograma de Cheias

O 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 no eixo do barramento da PCH Rastro de Auto.

### 5.2.4.1 Vazões de Cheias (Vazões Extremas)

As alterações de projeto foram necessárias para atender a legislação de segurança de barragem considerando as novas vazões de cheia (extremas) originadas pela atualização do estudo hidrológico.

A estimativa de longo prazo de vazões máximas baseia-se em análises estatísticas da série de vazões máximas anuais, extraídas de séries de vazões médias diárias representativas do regime fluvial na bacia em estudo, ou seja, é determinada a probabilidade de que ocorra um evento extremo com base em dados históricos registrados anteriormente e transferidos para o local em estudo. Portanto, é recomendado dispor da maior série histórica de máximas anuais.

As vazões máximas são utilizadas para o dimensionamento do vertedouro, cota de proteção das demais estruturas correlatas.

Nesta avaliação, foram utilizadas as séries de vazões máximas diárias da estação fluviométrica base dos estudos **Passo do Coimbra (86745000)** utilizou-se as informações hidroweb/ANA registradas entre 1957 a 2023 e a **vazão máxima ocorrida em 2024 que foi medida no local da usina PCH Rastro de Auto** e transposta para o posto base, pois ainda não há registro no posto oficial. Observa-se que a vazão máxima ocorrida em 2024, supera em muito as máximas ocorridas anteriormente.

A seguir a tabela resumo com os dados de vazões máximas anuais do posto base e do aproveitamento (Hidroweb/ANA):

Tabela 12 –Vazões máximas anuais do posto base e do aproveitamento

Local	Posto PASSO DO COIMBRA 86745000	PCH RASTRO DE AUTO
<b>Area Drenagem (km<sup>2</sup>)</b>	791,00	564,00
<b>Ano</b>	<b>Q<sub>max</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q<sub>max</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>
1957	530,00	377,90
1958	620,00	442,07
1959	804,00	573,27
1960	408,00	290,91
1961	485,00	345,82
1962	42,40	30,23
1963	485,00	345,82
1964	289,00	206,06
1965	215,00	153,30
1966	558,00	397,87
1967	846,00	603,22
1968	200,00	142,60

1969	302,00	215,33
1970	430,00	306,60
1971	1.012,00	721,58
1972	443,00	315,87
1973	521,00	371,48
1974	941,00	670,95
1975	396,00	282,36
1976	292,00	208,20
1977	346,00	246,71
1978	224,00	159,72
1979	412,00	293,76
1980	445,00	317,29
1981	258,00	183,96
1982	843,00	601,08
1983	1.093,00	779,33
1984	769,00	548,31
1985	340,00	242,43
1986	589,00	419,97
1987	453,00	323,00
1988	565,00	402,86
1989	545,00	388,60
1990	1.028,00	732,99
1991	238,00	169,70
1992	229,00	163,28
1993	257,00	183,25
1994	595,00	424,25
1995	205,00	146,17
1996	387,00	275,94
1997	533,00	380,04
1998	316,00	225,31
1999	321,00	228,88
2000	486,00	346,53
2001	1.258,00	896,98
2002	503,00	358,65
2003	720,00	513,38
2004	125,00	89,13
2005	512,00	365,07
2006	373,00	265,96
2007	231,00	164,71
2008	620,00	442,07
2009	508,00	362,21
2010	1.292,00	921,22
2011	421,00	300,18
2012	449,00	320,15
2013	363,00	258,83
2014	363,00	258,83
2015	390,00	278,08
2016	403,00	287,35

2017	586,00	417,83
2018	287,00	204,64
2019	306,00	218,18
2020	680,00	484,85
2021	289,00	206,06
2022	451,00	321,57
2023	395,00	281,64
<b>2024*</b>	<b>3.713,84</b>	<b>2.648,05</b>

\*observação dados até 2023 são dados oficiais disponibilizados pela ANA.

\*2024 – dado estimado/medido pela TRISUL/CERTEL

O manual da Eletrobrás recomenda que para a definição das cheias de projeto, serão utilizadas duas distribuições: exponencial de dois parâmetros (estimada pelo método dos momentos), sempre que a assimetria da amostra for superior a 1,5 e Gumbel (extremos do tipo I), para assimetrias amostrais inferiores a 1,5.

No nosso caso a assimetria é igual a 4,95, valor superior a 1,5, então é recomendado utilizar o

### Método Exponencial de Dois Parâmetros.

Utilizando os dados de vazões máximas anuais, obtemos os seguintes valores:

Média = 383,09 m<sup>3</sup>/s

Desvio Padrão = 332,95 m<sup>3</sup>/s

Definida a base estatística para a obtenção dos eventos extremos Q<sub>INST</sub>, é oportuno mencionar que os valores calculados foram majorados pelo Coeficiente de Fuller quando da sua transferência para o eixo do barramento proposto neste estudo, conforme formulação a seguir, para considerar o efeito do pico instantâneo das ondas de cheia.

$$Q_{INST} = \lambda Q_{MED}$$

$$\lambda = 1 + a / (AD)^b$$

onde: AD = área de drenagem (km<sup>2</sup>) a= 2,6 e b= 0,3

<b>Vazões Máximas</b>	
<b>AD USINA=</b>	564,00 km <sup>2</sup>
<b>Qmed=</b>	383,09 m <sup>3</sup> /s
<b>s=</b>	332,95 m <sup>3</sup> /s

<b>Assimetria</b>	
<b>n=</b>	68
<b>Assimetria=</b>	<b>4,95</b>
<b>Usar Exponencial de 2 Parâmetros</b>	

Ano	Qmax
1957	377,90
1958	442,07
1959	573,27
1960	290,91
1961	345,82
1962	30,23

Ano	X <sub>1</sub> - média
1957	-140,0
1958	205160,0
1959	6877967,8
1960	-783306,5
1961	-51807,0
1962	-43935479,2

1963	345,82
1964	206,06
1965	153,30
1966	397,87
1967	603,22
1968	142,60
1969	215,33
1970	306,60
1971	721,58
1972	315,87
1973	371,48
1974	670,95
1975	282,36
1976	208,20
1977	246,71
1978	159,72
1979	293,76
1980	317,29
1981	183,96
1982	601,08
1983	779,33
1984	548,31
1985	242,43
1986	419,97
1987	323,00
1988	402,86
1989	388,60
1990	732,99
1991	169,70
1992	163,28
1993	183,25
1994	424,25
1995	146,17
1996	275,94
1997	380,04
1998	225,31
1999	228,88
2000	346,53
2001	896,98
2002	358,65
2003	513,38
2004	89,13
2005	365,07
2006	265,96
2007	164,71
2008	442,07
2009	362,21
2010	921,22
2011	300,18
2012	320,15
2013	258,83
2014	258,83
2015	278,08
2016	287,35

1963	-51807,0
1964	-5548155,4
1965	-12134444,5
1966	3223,2
1967	10665707,2
1968	-13908845,1
1969	-4721492,4
1970	-447610,4
1971	38780403,1
1972	-303813,8
1973	-1565,0
1974	23852785,1
1975	-1022297,4
1976	-5349460,8
1977	-2537095,0
1978	-11145978,2
1979	-712826,6
1980	-284886,9
1981	-7896619,1
1982	10357782,6
1983	62211260,1
1984	4510054,3
1985	-2783406,3
1986	50142,8
1987	-217033,7
1988	7718,8
1989	166,6
1990	42835246,7
1991	-9717484,2
1992	-10620780,4
1993	-7981747,0
1994	69697,9
1995	-13299401,0
1996	-1230373,9
1997	-28,5
1998	-3927821,9
1999	-3667539,4
2000	-48890,8
2001	135706993,3
2002	-14606,4
2003	2211286,4
2004	-25403527,4
2005	-5858,6
2006	-1607257,4
2007	-10415410,2
2008	205160,0
2009	-9102,3
2010	155833320,5
2011	-569975,4
2012	-249424,2
2013	-1918989,8
2014	-1918989,8
2015	-1158151,5
2016	-877749,5

2017	417,83	2017	41913,2
2018	204,64	2018	-5683314,9
2019	218,18	2019	-4484755,6
2020	484,85	2020	1053744,5
2021	206,06	2021	-5548155,4
2022	321,57	2022	-232853,6
2023	281,64	2023	-1044158,8
2024	2648,05	2024	11619258632,7

\*2024 – dado estimado/medido pela TRSUL/CERTEL

Tabela 13 – Vazões de Cheia Método de Gumbel (dados oficiais ANA 1957 a 2023)

Vazões de Cheia PCH RASTRO DE AUTO		
MÉTODO DE GUMBEL (1957 a 2023)		
TR	Q (m³/s)	Q <sub>inst</sub> (m³/s)
2	319,17	443,23
10	588,70	817,52
50	825,00	1.145,66
100	924,90	1.284,38
500	1.155,74	1.604,95
1.000	1.254,98	1.742,76
10.000	1.584,49	2.200,34

Tabela 14 – Vazões de Cheia Método Exponencial de Dois Parâmetros (dados oficiais ANA 1957 a 2023)

Vazões de Cheia PCH RASTRO DE AUTO		
MÉTODO EXPONENCIAL DE DOIS PARÂMETROS (1957 a 2023)		
TR	Q (m³/s)	Q <sub>inst</sub> (m³/s)
2	293,00	406,89
10	588,22	816,85
50	883,43	1.226,81
100	1.010,58	1.403,37
500	1.305,79	1.813,33
1.000	1.432,94	1.989,89
10.000	1.855,29	2.576,40

Tabela 15 – Vazões de Cheia Método Exponencial de Dois Parâmetros (1957 a 2024)

Vazões de Cheia PCH RASTRO DE AUTO		
MÉTODO EXPONENCIAL DE DOIS PARÂMETROS (1957 A 2024)		
TR	Q (m³/s)	Q <sub>inst</sub> (m³/s)
2	280,93	390,12
10	816,79	1.134,25
50	1.352,64	1.878,39
100	1.583,43	2.198,87
500	2.119,28	2.943,00
1.000	2.350,06	3.263,48
10.000	3.116,70	4.328,10

Sendo assim o vertedouro e as demais estruturas da PCH Rastro de Auto foram dimensionadas para atender a cheia de projeto com tempo de recorrência TR=10.000 anos que é 4.328,10 m³/s.

Para a definição do hidrograma e dos estudos de rompimento foram consideradas as vazões de 10, 1.000 e de 10.000 anos. Assim o hidrograma de cheias foi definido com base nessas duas vazões. O hidrograma é obtido através da multiplicação do tempo de concentração da bacia (considerado 10 horas) pelo adimensional ( $t/tp$ ) e o valor da vazão de cheia para o respectivo tempo de recorrência pelo adimensional ( $Q/Qp$ ). O pico da cheia é considerado no tempo  $t/tp=1$  ou seja exatamente no tempo de concentração da bacia hidrográfica.

O menor valor de vazão considerado foi a  $Q_{mlt}$  que no caso da PCH Rastro de Auto é de 18,01  $m^3/s$ , sendo que onde os valores forem menores que este serão substituídos.

Para o caso do estudo de rompimento em dia de sol foi utilizada constante a vazão média de longo período (18,01  $m^3/s$ ) ao longo de todo o hidrograma.

A Tabela 16 apresenta os valores do coeficiente de desagregação e os valores de tempo e vazão do hidrograma para cada cheia definida. O valor do tempo é o mesmo para todos os cenários sendo que apenas a vazão muda conforme o tempo de recorrência. Os valores de vazão correspondente ao tempo no hidrograma obtidos e utilizados no programa Hec-Ras também estão indicados na Tabela 16. As curvas dos hidrogramas estão indicadas no Gráfico 1 a seguir.

Tabela 16 – Coeficientes de Desagregação e Valores do Hidrograma para TR 10, TR 1.000 e 10.000 anos

Coef Desagregação		Tempo (h)	Vazão ( $m^3/s$ )		
$t/tp$	$Q/Qp$		TR-10	TR-1.000	TR-10.000
0,000	0,000	0	18,01	18,01	18,01
0,100	0,015	1	18,01	48,95	64,92
0,200	0,075	2	85,07	244,76	324,61
0,300	0,16	3	181,48	522,16	692,50
0,400	0,28	4	317,59	913,77	1211,87
0,500	0,43	5	487,73	1403,30	1861,08
0,600	0,60	6	680,55	1958,09	2596,86
0,700	0,77	7	873,37	2512,88	3332,64
0,800	0,89	8	1009,48	2904,50	3852,01
0,900	0,97	9	1100,22	3165,58	4198,26
<b>1,000</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>1134,25</b>	<b>3263,48</b>	<b>4328,10</b>
1,100	0,98	11	1111,57	3198,21	4241,54
1,200	0,92	12	1043,51	3002,40	3981,85
1,300	0,84	13	952,77	2741,32	3635,60
1,400	0,75	14	850,69	2447,61	3246,08
1,500	0,65	15	737,26	2121,26	2813,27
1,600	0,57	16	646,52	1860,18	2467,02
1,800	0,43	18	487,73	1403,30	1861,08
2,000	0,32	20	362,96	1044,31	1384,99
2,200	0,24	22	272,22	783,24	1038,74
2,400	0,18	24	204,17	587,43	779,06
2,600	0,13	26	147,45	424,25	562,65
2,800	0,098	28	111,16	319,82	424,15
3,000	0,075	30	85,07	244,76	324,61
3,500	0,036	35	40,83	117,49	155,81
4,000	0,018	40	20,42	58,74	77,91
4,500	0,009	45	18,40	29,37	38,95
5,000	0,004	50	18,40	18,40	18,40

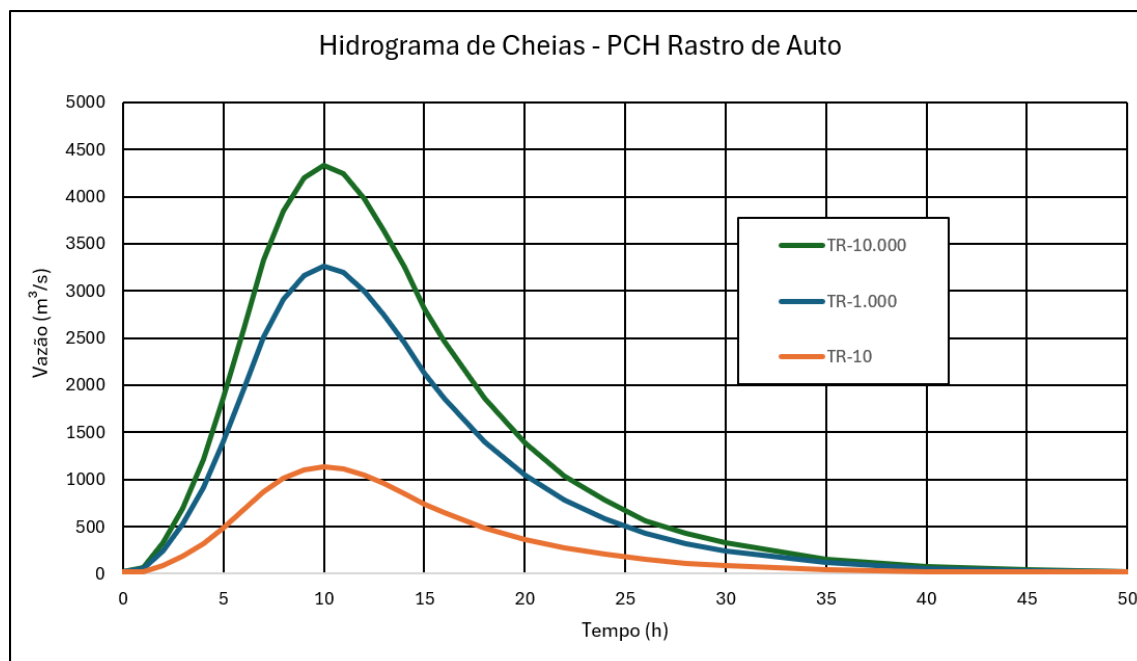
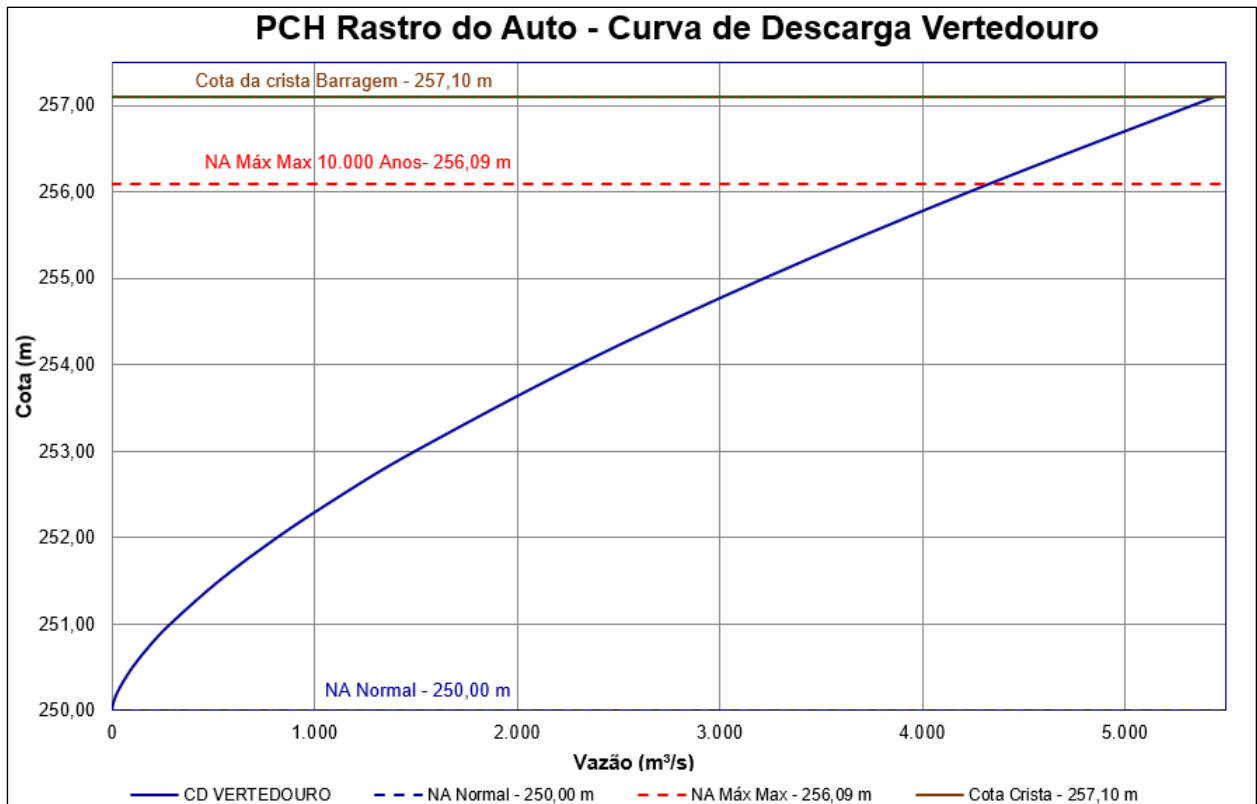


Gráfico 1 – Hidrograma de Cheias PCH Rastro de Auto

### 5.2.5 Capacidade de Descarga do Vertedouro

Na análise dos projetos como construído da PCH Rastro de Auto após reforma/reforço estrutural o vertedouro é composto de uma estrutura em concreto com soleira livre possuindo 132 m de comprimento com soleira na elevação 250,00 m. Os estudos hidrológicos atualizados indicam a necessidade de escoamento de uma vazão de 4.328,10 m<sup>3</sup>/s que corresponde a cheia com recorrência decamilenar instantânea. Para essa cheia o nível do reservatório da PCH Rastro de Auto chega à elevação 256,09 m. Com esse nível a borda livre atual do projeto passa a ser de 101 cm estando conforme os critérios de projetos e, portanto, estando em condições ideais de segurança hidrológica.

No Gráfico 2 está indicada a curva de descarga do vertedouro onde no eixo X se encontra a vazão e no eixo Y a cota do reservatório. Também estão as linhas de cota da crista atual, cota da crista proposta e nível de cheia 10.000 anos instantânea.



### 5.2.6 Calibração do modelo matemático

A geometria do modelo matemático compreende aproximadamente 32,20 km de extensão, a partir do reservatório da PCH Rastro de Auto, de acordo com a Figura 26 a seguir. Ao todo foram inseridas 234 seções transversais, com média de 200 m de espaçamento entre elas, interpoladas a cada 50 m.

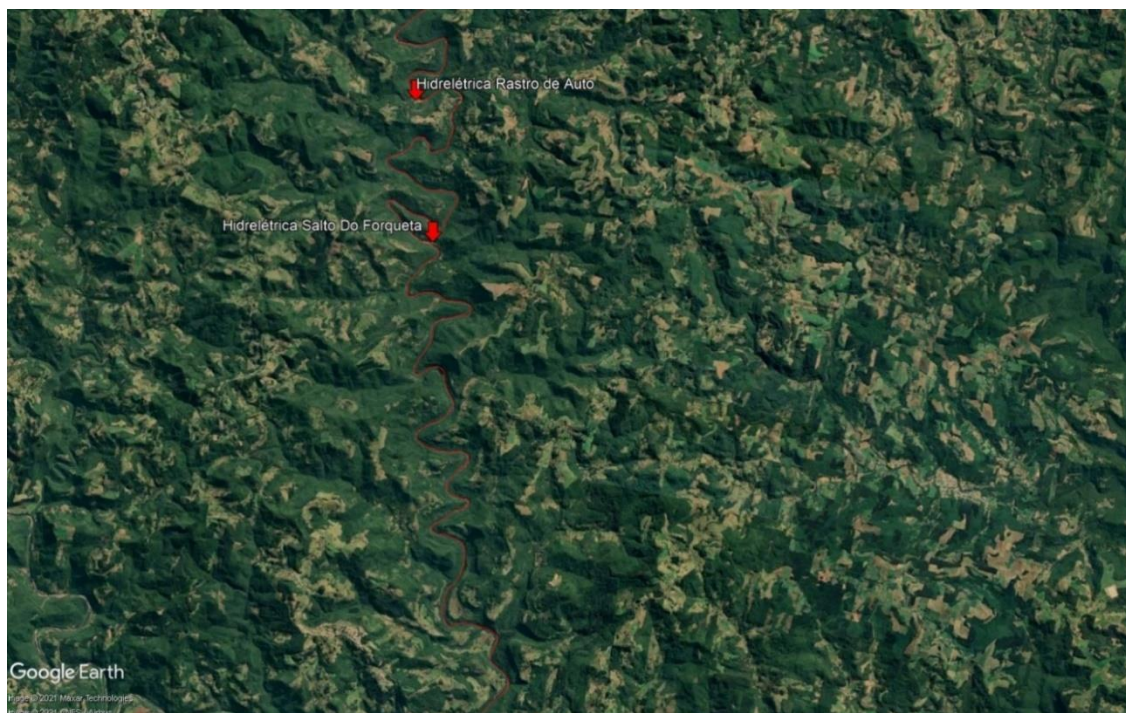


Figura 26 – Abrangência do modelo computacional (Google Earth)

A calibração do modelo foi realizada com base nas informações dos itens 5.1 e 5.2, a restituição das vazões no curso d'água, e as seções topobatimétricas, calibrando o fundo das seções provenientes da restituição, com a variação do coeficiente de manning e inserção de seções de controles ao longo do curso d'água.

Para calibração do modelo foram definidos parâmetros conforme detalhados a seguir.

#### 5.2.6.1 Coeficiente de Rugosidade

Os coeficientes de rugosidade de Manning foram atribuídos a partir de valores reportados em bibliografia, considerando-se o julgamento de engenharia aplicado às variações da cobertura vegetal mapeada, e estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Parâmetros de rugosidade de Manning

Tipologia	Coeficiente de rugosidade de Manning (n)
Corpo d'água	0,040
Área Urbanizada	0,045

#### 5.2.6.2 Fundo do rio – Calha

A calha do rio foi definida de acordo com seções topobatimétricas variando de 1,00 a 1,50 m.

#### 5.2.6.3 Seções do modelo

A Figura 27 apresenta as 234 seções lançadas no programa, desde o reservatório até 32,00 km a jusante da barragem. No desenho RDA-C-SRE-001-00-21 – Seções na Restituição – Folhas 01 a 05, apresentados Anexo IV, estão indicadas a localização das seções a partir da montante barragem da PCH Rastro de Auto.

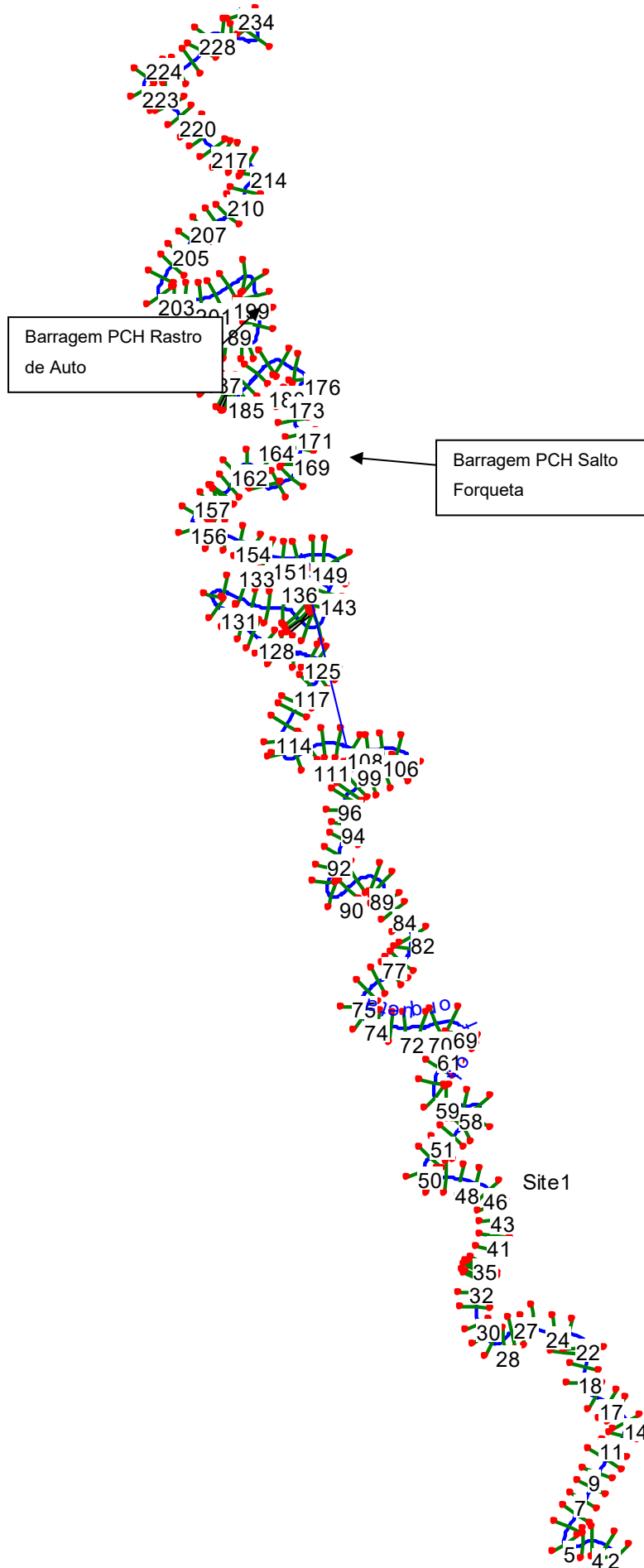


Figura 27 – Geometria do rio - Seções lançadas no Hec-Ras

#### 5.2.6.4 Pontos de calibração

O Quadro a seguir apresenta estes pontos utilizados na calibração do modelo, conforme citado acima item 5.2.2.2.

Quadro 6 – Pontos de Apoio para calibração do rio

Seção	Descrição	Nível de Água Campo (m)	Cota Ponte (m)	Usina
184	Eixo A-D Rastro	236.51		Rastro
183	Eixo C-B Rastro	236.51		
182	Eixo E-F Rastro	236.5		
161	Eixo 3 Rastro	207.216		
160	Eixo 2 Rastro	206.637		
159	Eixo 1 Rastro	206.637		
139	Barragem SFO	185.8		
126	Batimetria 1 - CF SFO	177.2		Moinho Velho
125	Perfil 1 - CF SFO	173.09		Salto Forqueta
	Perfil 2 - CF SFO	173.04		
	Perfil 3 - CF SFO	172.99		
124	B-08 MV	170.58		Moinho Velho
122	Batimetria 2 - CF SFO	172.8		
121	Batimetria 3 - CF SFO	172.55		
120	Batimetria 4 - CF SFO	172.46		
119	Batimetria 5 - CF SFO	170.72		
118	Batimetria 6 - CF SFO	169.28		Salto Forqueta
117	B-07 MV	166.61		Moinho Velho
114	B-06 MV	164.35		
113	Batimetria 7 e Ponte - CF SFO		170.3	
110	B-05 MV	159.89		
106	B-04 MV	156.73		Vale Fundo
102	B-03 MV	154.32		
98	B-02 MV	154.686		
96	B-01 MV	153.47		
	B07- VF	153.47		
90	B06- VF	147.82		
87	B05 - VF	144.82		
83	B04 - VF	136.982		
79	B03 - VF	133.985		
75	B02 - VF	131.865		
71	B01 - VF	128.412		
67	SB05 - VF	128.492		
66	SB04 - VF	128.147		
65	SB03 - VF	128.098		Vale do Leite
64	SB02 - VF	128.033		
63	SB01 - VF	128.03		
39	ST05-VL	104.09		
38	ST04-VL	104.05		Olaria
37	ST03-VL	103.2		

Seção	Descrição	Nível de Água Campo (m)	Cota Ponte (m)	Usina
36	ST02-VL	102.11		Vale do Leite
35	ST01-VL	101.9		
34	ST01A-VL	101.88		Olaria
33	ST01B-VL	101.82		
30	S04-OL	100.413		
28	Seção 01	100.615		
27	Seção 02	100.211		
26	Seção 03	98.345		
24	S03-OL	96.802		
21	Seção 04	95.17		
20	S02-OL			
16	S01-OL	91.24		
11	S00-OL	88.177		

#### 5.2.6.5 Perfil do Rio calibrado

Na Figura 28 a seguir está representado o perfil do escoamento da calibração da propagação da onda ao longo do trecho estudado com vazão média de 18,01 m<sup>3</sup>/s.

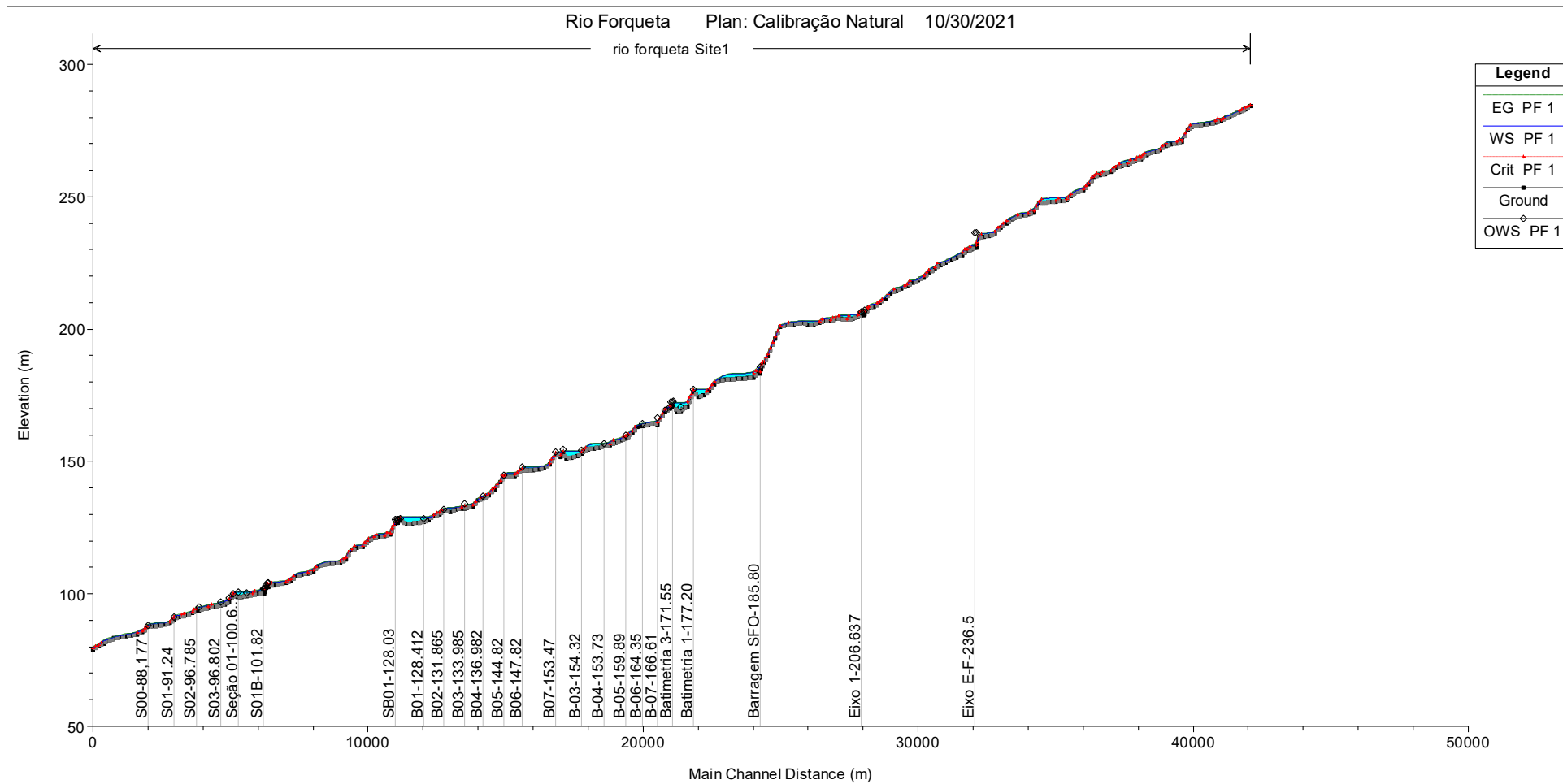


Figura 28 – Perfil do rio calibrado – Vazão média

### 5.3 Causa considerada para o rompimento

Para as simulações das cheias naturais sem o rompimento da barragem verifica-se que não há galgamento da barragem, conforme a Tabela 20.

Para a simulação de rompimento, devido às características da barragem, onde o trecho com maior altura sobre a fundação é de concreto, a hipótese considerada (pior situação) foi de grande vazamento originário do rompimento de múltiplos blocos do vertedouro de concreto (bloco mais profundo). O grande acúmulo de água em decorrência do elevado índice pluviométrico (recorrência) e os danos causados por erosão pluvial, correspondendo à **formação de brecha por falha de fundação ou colapso estrutural do concreto**.

A simulação de rompimento no bloco de concreto da estrutura do barramento resulta na pior hipótese com os maiores danos a jusante, porém deve ser mantido o controle nas estruturas auxiliares como vertedouro e ombreiras. Qualquer aumento repentino no fluxo, principalmente se houver infiltração de grande porte deve ser sinal para a entrada em nível de alerta podendo entrar em nível de **EMERGÊNCIA**, caso ocorra a ruptura por vazamento.

#### 5.3.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento para todos os cenários foi adotada uma geometria retangular de múltiplos blocos do vertedouro de soleira, largura 19,00 m, rompendo o bloco mais profundo e atendendo aos critérios científicos de tamanho da brecha (Item 5.1.9). O Quadro 7 e a Figura 29 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação HEC-RAS.

O tempo de formação adotado foi de 6 minutos, por ser uma barragem de média altura com 19,00 m, e de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha para estrutura de concreto, conforme descrito no Quadro 7.

Quadro 7 – Características da brecha inicial considerada Rastro de Auto

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	PCH Rastro de Auto
Tempo de ruptura (h)	0,10 h
Forma da brecha	Retangular
Largura da brecha (m)	19,00
Profundidade da brecha (m)	19,00
Localização da brecha	VT - Margem Esquerda

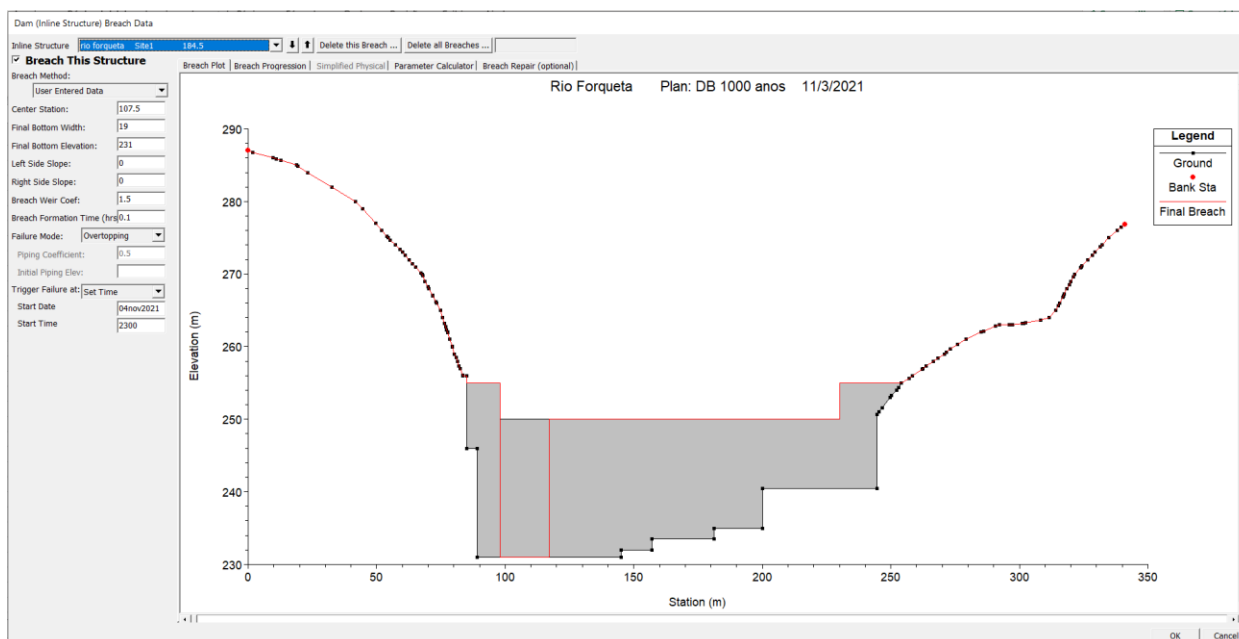


Figura 29 – Dados do Barramento Rastro de Auto com Brecha rompimento – HEC-RAS

Caso ocorra galgamento na barragem a jusante (PCH Salto Forqueta) será realizado efeito cascata com a brecha descritas no item 5.3.1.1.

### 5.3.1.1 Barragem Salto Forqueta

Será simulado rompimento da Barragem Salto Forqueta a partir do galgamento da crista da Barragem de 20 cm, ou seja, quando atingir a El. 213,50 m.

Para a simulação de rompimento, devido às características da barragem, onde o trecho com maior altura sobre a fundação é de concreto, a hipótese considerada (pior situação) foi de grande vazamento originário do rompimento de múltiplos blocos do vertedouro de concreto (bloco mais profundo). O grande acúmulo de água em decorrência do elevado índice pluviométrico (recorrência) e os danos causados por erosão pluvial, correspondendo à **formação de brecha por falha de fundação ou colapso estrutural do concreto**.

Para a simulação de rompimento foi adotada uma geometria retangular de múltiplos blocos do vertedouro, largura 30,00 m, rompendo região central atendendo os critérios científicos de tamanho da brecha (Item 5.1.9). A Figura 30 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

O tempo de formação adotado foi de 6 minutos, barragem de média altura 29,50 m, e de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha para estrutura de concreto, conforme descrito no Quadro 8.

Quadro 8 – Características da brecha inicial considerada – Salto Forqueta

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	PCH Salto Forqueta
Tempo de ruptura (h)	0,10 h
Forma da brecha	Retangular
Largura da brecha (m)	30,00
Profundidade da brecha (m)	29,50
Localização da brecha	VT - Margem Esquerda

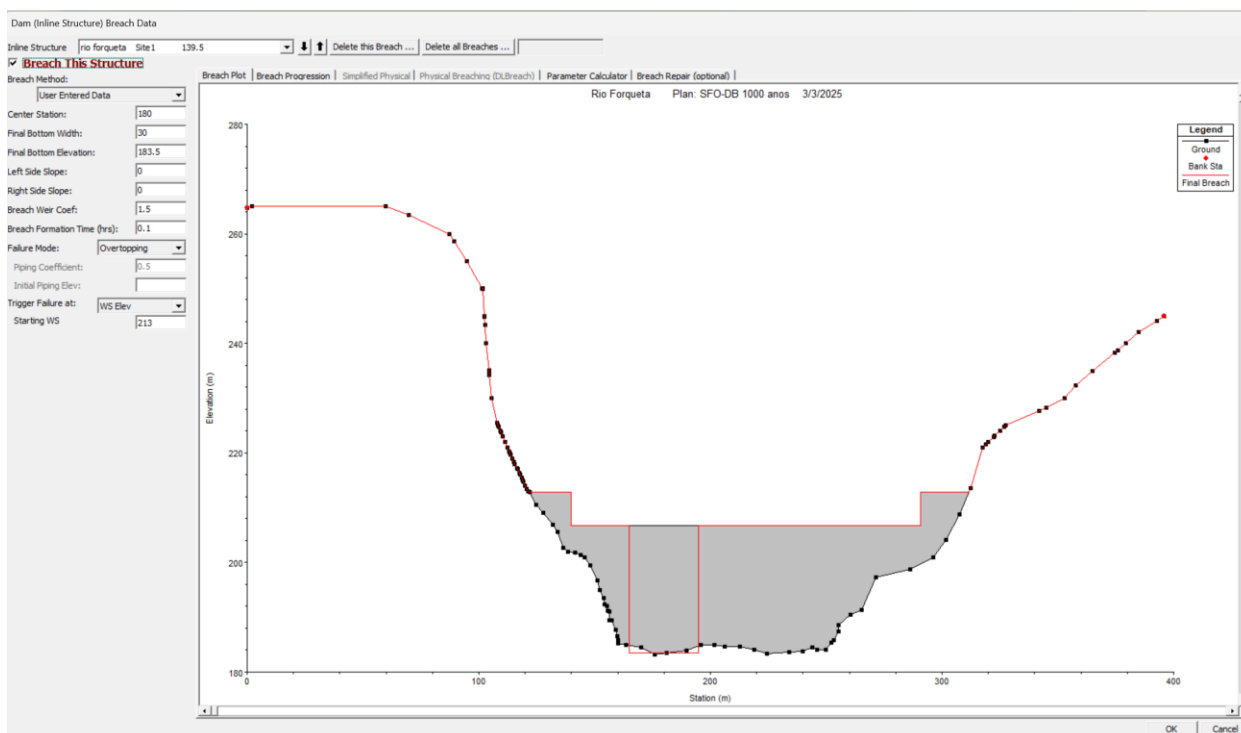


Figura 30 – Dados do Barramento Salto Forqueta com Brecha rompimento – Hec-Ras

## 5.4 Simulações Realizadas

Como a barragem da PCH Salto Forqueta absorve a onda de cheia em qualquer simulação hipotética de rompimento da barragem da PCH Rastro de Auto utilizando-se os diversos tempos de recorrência, o efeito cascata passa a ser a condição principal e a ser monitorada pelos agentes dos dois empreendimentos.

No trecho entre a barragem da PCH Salto Forqueta e da barragem da PCH Rastro de Auto não há moradores nas áreas de inundações simuladas.

Foram simuladas no rio Forqueta na condição natural, isto é, 05 (cinco) vazões: Vazão Turbinada (Dia de Sol), TR 10, TR-100, TR 1.000, e TR 10.000 anos, para depois simular o rompimento da barragem (dam break) das PCHs nas mesmas condições de vazão com o objetivo de comparação de resultados nos diversos cenários.

Algumas simulações especiais foram realizadas com o objetivo de determinar a cota de segurança (cota de proteção) das estruturas e benfeitorias localizadas a jusante do barramento (área de influência):

- Simulação 1 – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto na condição de TR-10.000 anos (Usina localizada a montante da barragem da PCH Salto Forqueta);
- Simulação 2 – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Salto Forqueta na condição de TR-10.000 anos;
- Simulação 3 – **Pior Cenário Possível** - Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta na condição de TR-10.000 anos – Efeito Cascata;
- Simulação 4 – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Salto Forqueta na condição de vazão turbinada (Dia de Sol);

Na Tabela 18 e Tabela 19 estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem das PCHs.

Tabela 18 – Hidrogramas para PCH Salto Forqueta

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
Vazão Turbinada (Dia de Sol)	22,60
10	1.200,44
100	2.327,18
1.000	3.453,92
10.000	4.580,66

Tabela 19 – Hidrogramas para PCH Rastro de Auto

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
QTurb	20,06
1.000	3.263,48
10.000	4.328,10

#### 5.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

A **Simulação 1** – é caracterizada pelo Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto na condição de TR-10.000 anos (Usina localizada a montante da barragem da PCH Salto Forqueta);

O Resultado desta simulação é que a barragem da PCH Salto Forqueta absorve o volume e as condições desta simulação, atendendo assim o §3º do Art. 3º da RNA nº 1.064, que cita que “A área de abrangência para avaliação do Dano Potencial Associado (Anexo II.2) deverá compreender a região de amortecimento da cheia decorrente da ruptura, ou o reservatório da usina imediatamente a jusante, observado o disposto no Art. 6º”.

A Tabela 20 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Ponte de jusante na jusante da PCH Salto Forqueta somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Rastro de Auto nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Não ocorre inundação das Barragens e Casas de Força das PCHs Rastro de Auto e Salto Forqueta em condições enchentes. Já ocorre inundação da ponte a jusante da PCH Salto Forqueta a partir da TR 10 anos.

Tabela 20 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto sem rompimento da Barragem

Estrutura	Distância em relação Barragem Rastro de Auto (km)	Cota de Proteção (m)	Qturb	1.000 ANOS	10.000 ANOS
			NA Máximo Enchente (m)		
Barragem Rastro de Auto	0,00	257,10	250,17	254,94	256,09
Casa de Força Rastro de Auto	4,26	218,50	207,14	214,88	217,34
Barragem Salto Forqueta	7,90	213,30	206,97	211,52	212,48
Casa de Força Salto Forqueta	10,84	187,50	172,48	183,62	185,14
Ponte Jusante	12,31	168,98	165,47	174,58	176,32

(\*) Destacados em vermelho ocorre inundação

A Tabela 26 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem da PCH RDA, Casa de Máquinas da PCH RDA e Barragem da PCH SFQ na condição de enchente mais crítica que é a TR-10.000 anos, apresentando também os resultados sem considerar o rompimento (condição natural) e considerando o rompimento hipotético (dam break).

#### 5.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

Primeiramente simulou-se o rio Forqueta na situação natural para as 05 (cinco) vazões: Vazão Turbinada (Dia de Sol), TR 10, TR-100, TR 1.000, e TR 10.000 anos, para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Salto Forqueta nas mesmas condições, com o rompimento ocorrendo no nível máximo conforme enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

- **Simulação 2** – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Salto Forqueta na condição de TR-10.000 anos;

A Tabela 27 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos em todas as estruturas e benfeitorias identificadas a jusante (área de influência), e na condição de enchente mais crítica que é a TR-10.000 anos, apresentando os resultados sem considerar o rompimento (condição natural) e considerando o rompimento hipotético (dam break).

A Tabela 21 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Máquinas e Ponte de jusante na jusante da PCH Salto Forqueta somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Não ocorre inundação da Casa de Máquinas das PCH Salto Forqueta em condições enchentes. A inundação da ponte a jusante da PCH Salto Forqueta é atingida com tempo de recorrência baixos e a mesma foi projetada para ficar submersa na ocorrência de cheias, que tão logo dissipadas a mesma tem o seu trânsito reestabelecido.

Tabela 21 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Salto Forqueta sem rompimento da Barragem

Estrutura	Distância em relação Barragem Salto Forqueta (m)	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Enchente (m)				
			Vazão Turbinada (Dia de Sol)	10 ANOS	100 ANOS	1000 ANOS	10000 ANOS
BARRAGEM PCH *SFQ	0	213,30	207,10	209,91	211,14	211,12	211,80
CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	190,55	176,19	181,71	184,71	186,10	187,10
PONTE RIO FORQUETA	4403	168,98	170,41	172,12	173,21	175,65	181,23

\*PCH SFQ = PCH Salto Forqueta

A Tabela 22 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Máquinas e Ponte de jusante com a consideração do rompimento da Barragem.

Tabela 22 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Salto Forqueta com rompimento da Barragem

Estrutura	Distância em relação Barragem Salto Forqueta (m)	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Rompimento (m)				
			Vazão Turbinada (Dia de Sol)	10 ANOS	100 ANOS	1000 ANOS	10000 ANOS
BARRAGEM PCH *SFQ	0	213,30	207,21	209,97	211,30	211,95	212,31
CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	190,55	177,21	183,32	186,22	187,35	187,50
PONTE RIO FORQUETA	4403	168,98	171,81	175,01	178,48	180,18	181,39

\*PCH SFQ = PCH Salto Forqueta

A Tabela 23 é um resumo do resultado dos estudos considerando a Casa de Máquinas da PCH SFQ e a Ponte Municipal localizada a jusante do barramento.

Tabela 23 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Salto Forqueta

ESTRUTURA	CONDIÇÃO	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Rompimento (m)				
			Vazão Turbinada (dia de sol)	10 ANOS	100 ANOS	1000 ANOS	10000 ANOS
CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	Cheia sem rompimento	190,55	176,19	181,71	184,71	186,10	187,10
	Com rompimento barragem		177,21	183,32	186,22	187,35	187,50
PONTE RIO FORQUETA	Cheia sem rompimento	168,98	170,41	172,12	173,21	175,65	181,23
	Com rompimento barragem		171,81	175,01	178,48	180,18	181,39

(\*) Destacados em vermelho ocorre inundação

Todas as simulações de rompimento foram efetuadas para os tempos de recorrência de Qturb, 1.000, e 10.000 anos, com o rompimento ocorrendo no nível máximo conforme enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

A Tabela 24 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 Rastro de Auto.

Ocorreram inundações somente na ponte jusante.

Tabela 24 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Rastro de Auto com rompimento da Barragem

Estrutura	Distância em relação Barragem Rastro de Auto (km)	Cota de Proteção (m)	Qturb	1.000 ANOS	10.000 ANOS
			NA Máximo Rompimento (m)		
Barragem Rastro de Auto	0,00	257,10	250,17	254,93	256,09
Casa de Força Rastro de Auto	4,26	218,50	210,64	215,47	216,65
Barragem Salto Forqueta	7,90	213,30	208,08	211,83	212,76
Casa de Força Salto Forqueta	10,84	187,50	176,04	183,98	185,54
Ponte Jusante	12,31	168,98	168,55	175,01	176,71

(\*) Destacados em vermelho ocorre inundação

### 5.4.3 Resultados Básicos Simulação 3 – Pior Cenário Possível

- **Simulação 3 – Pior Cenário Possível** - Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta na condição de TR-10.000 anos – **Efeito Cascata**;

A Tabela 28 e Tabela 29 apresentam os resultados dos níveis de água obtidos em todas as estruturas e benfeitorias identificadas a jusante (área de influência), e na condição de enchente mais crítica que é a TR-10.000 anos, apresentando os resultados sem considerar o rompimento (condição natural) e considerando o rompimento hipotético (dam break).

#### 5.4.4 Resultados Básicos Simulação 4

- **Simulação 4** – Rompimento Hipotético (Dam Break) da barragem da PCH Salto Forqueta na condição de vazão turbinada (Dia de Sol);

A Tabela 30 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos em todas as estruturas e benfeitorias identificadas a jusante (área de influência), na condição natural e operacional da usina, apresentando também os resultados sem considerar o rompimento (condição natural) e considerando o rompimento hipotético (dam break).

#### 5.5 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Rastro de Auto, da Ponte de jusante (acesso PCH Salto Forqueta) e na Barragem e Casa de Força da PCH Salto Forqueta.

Ocorre inundação da Ponte de Jusante com rompimento da barragem em qualquer condição hidrológica.

Tabela 25 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Rastro de Auto

Estrutura	Condição	Cota de Proteção (m)	NA Máximo (m)		
			Qturb	1.000 ANOS	10.000 ANOS
Casa de Força Rastro de Auto	Natural sem rompimento	218,50	207,14	214,88	216,19
	Com rompimento barragem		210,64	215,47	216,65
Barragem Salto Forqueta	Natural sem rompimento	213,30	206,97	211,52	212,48
	Com rompimento barragem		208,08	211,83	212,76
Casa de Força Salto Forqueta	Natural sem rompimento	187,50	172,48	183,62	185,14
	Com rompimento barragem		176,04	183,98	185,54
Ponte Jusante	Natural sem rompimento	168,98	165,47	174,58	176,32
	Com rompimento barragem		168,55	175,01	176,71

(\*) Destacados em vermelho ocorre inundação

e Tabela 37 apresentam os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda ( $\Delta$ ), 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. O ponto do barramento 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 26 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break – Simulação 1 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto

ÁREA DE INFLUÊNCIA À JUSANTE DA BARRAGEM PCH RASTRO DE AUTO - SEM ROMPIMENTO					SIMULAÇÃO 1 - ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM DA PCH RASTRO DE AUTO					
Local	Descrição	Distância em relação Barragem PCH Rastro de Auto (m)	N.A. Máximo TR10.000 (m)	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Rompimento (m)	Altura Máx. da Onda acima da Proteção existente (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	Velocidade Máx (m/s)
					Dam Break					
0	BARRAGEM *PCH RDA	0	256,09	257,10	256,09	-1,01	00:00	00:08	02:05	6,8
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH RDA	4215	217,34	218,50	217,34	-1,16	00:05	00:13	02:10	6,34
2	BARRAGEM *PCH SFQ	7886	211,80	213,30	212,26	-1,04	00:08	00:13	02:15	5,23

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

\*PCH RDA – PCH RASTRO DE AUTO

Tabela 27 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break – Simulação 2 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Salto Forqueta

ÁREA DE INFLUÊNCIA À JUSANTE DA BARRAGEM PCH SALTO FORQUETA - SEM ROMPIMENTO					SIMULAÇÃO 2 - ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM DA PCH SALTO FORQUETA					
Local	Descrição	Distância em relação Barragem PCH Salto Forqueta (m)	N.A. Máximo TR10.000 (m)	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Rompimento (m)	Altura Máx. da Onda acima da Proteção existente (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	Velocidade Máx (m/s)
					Dam Break					
0	BARRAGEM PCH *SFQ	0	211,80	213,30	212,31	-0,99	00:00	00:13	02:15	7,6
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	187,10	190,55	187,50	-3,05	00:00	00:13	02:15	6,94
2	PROPRIEDADE 01	3174	186,94	192,00	187,49	-4,51	00:00	00:14	02:15	6,18
3	PROPRIEDADE 02	3215	186,77	188,60	187,41	-1,19	00:00	00:14	02:15	6,13
4	PROPRIEDADE 03	3234	186,68	190,71	187,38	-3,33	00:00	00:14	02:15	5,95
5	PROPRIEDADE 04	3280	186,51	187,41	187,35	-0,06	00:00	00:14	02:15	5,69
6	PROPRIEDADE 05	3306	186,47	190,21	187,32	-2,89	00:00	00:14	02:15	5,45
7	PROPRIEDADE 06 (Não existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	181,23	168,98	182,01	13,03	00:00	00:17	02:30	4,65

9	LIMITE ZAS	10055	149,22	-	150,39	-	00:06	00:26	02:55	4,1
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	109,13	110,62	110,14	-0,48	00:11	00:50	03:00	3,29
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	98,21	98,73	99,17	0,44	00:15	01:18	03:00	2,97
14	PROPRIEDADE 11	23065	97,16	97,85	97,77	-0,08	00:15	01:18	03:00	2,84
15	PROPRIEDADE 12	23179	96,51	98,16	97,45	-0,71	00:15	01:18	03:00	2,55
16	PROPRIEDADE 13	23257	96,02	100,15	97,06	-3,09	00:15	01:18	03:00	2,47
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	95,50	-	96,62	-	00:15	01:18	03:00	2,18
19	PROPRIEDADE 16	23820	95,04	98,41	96,02	-2,39	00:15	01:18	03:00	2,09
20	LIMITE ZSS	23977	90,84	-	91,35	-	00:15	01:18	03:00	2,01

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

\*PCH RDA – PCH RASTRO DE AUTO

Tabela 28 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - **Simulação 3 – Pior Cenário Possível** - Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta

ÁREA DE INFLUÊNCIA À JUSANTE DA BARRAGEM PCH RASTRO DE AUTO - SEM ROMPIMENTO					SIMULAÇÃO 3 - ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM DA *PCH RDA E *PCH SFQ					
Local	Descrição	Distância em relação Barragem PCH Rastro de Auto (m)	N.A. Máximo TR10.000 (m)	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Rompimento (m)	Altura Máx. da Onda acima da Proteção existente (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	Velocidade Máx (m/s)
					Dam Break					
0	BARRAGEM *PCH RDA	0	255,51	259,10	255,85	-3,25	00:00	00:08	02:05	6,8
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH RDA	4215	216,96	218,34	217,34	-1,00	00:05	00:13	02:10	6,34
2	BARRAGEM *PCH SFQ	7886	211,80	213,30	212,31	-0,99	00:08	00:13	02:15	6,31

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

\*PCH RDA – PCH RASTRO DE AUTO

Tabela 29 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Simulação 3 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta

ÁREA DE INFLUÊNCIA À JUSANTE DA BARRAGEM PCH SALTO FORQUETA - SEM ROMPIMENTO					SIMULAÇÃO 3 - ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM DA *PCH RDA E *PCH SFQ					
Local	Descrição	Distância em relação Barragem PCH Salto Forqueta (m)	N.A. Máximo TR10.000 (m)	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Rompimento (m)	Altura Máx. da Onda acima do N.A. MÁX existente (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	Velocidade Máx (m/s)
					Dam Break					
0	BARRAGEM PCH *SFQ	0	211,80	213,30	212,31	-0,99	00:08	00:13	02:15	6,31
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	187,10	190,55	187,55	-3,00	00:10	00:13	02:15	6,25
2	PROPRIEDADE 01	3174	186,94	192,00	189,36	-2,64	00:10	00:14	02:15	6,2
3	PROPRIEDADE 02	3215	186,77	188,60	189,38	0,78	00:10	00:14	02:15	6,13
4	PROPRIEDADE 03	3234	186,68	190,71	189,34	-1,37	00:10	00:14	02:15	6,15
5	PROPRIEDADE 04	3280	186,51	187,41	189,09	1,68	00:11	00:14	02:15	6,11
6	PROPRIEDADE 05	3306	186,47	190,21	189,03	-1,18	00:11	00:14	02:15	6,05
7	PROPRIEDADE 06 (Não Existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	181,23	168,98	182,16	13,18	00:13	00:17	02:30	5,36
9	LIMITE ZAS	10055	149,22	-	150,54	-	00:16	00:26	02:55	4,97
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	109,13	110,62	110,29	-0,33	00:20	00:50	03:00	4,51
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	98,21	98,73	99,32	0,59	00:23	01:18	03:00	3,74
14	PROPRIEDADE 11	23065	97,16	97,85	97,92	0,07	00:24	01:18	03:00	3,28
15	PROPRIEDADE 12	23179	96,51	98,16	97,60	-0,56	00:24	01:18	03:00	3,12
16	PROPRIEDADE 13	23257	96,02	100,15	97,21	-2,94	00:25	01:18	03:00	3,06
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	95,50	-	96,77	-	00:25	01:18	03:00	2,94
19	PROPRIEDADE 16	23820	95,04	98,41	96,17	-2,24	00:25	01:18	03:00	2,86
20	LIMITE ZSS	23977	90,84	-	91,50	-	00:26	01:18	03:00	2,67

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA / \*PCH RDA – PCH RASTRO DE AUTO

Tabela 30 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para QTurb – Dia de Sol

ÁREA DE INFLUÊNCIA À JUSANTE DA BARRAGEM PCH SALTO FORQUETA - SEM ROMPIMENTO					SIMULAÇÃO 4 - ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM DA PCH SALTO FORQUETA - VAZÃO TURBINADA (Dia de Sol)					
Local	Descrição	Distância em relação Barragem PCH Salto Forqueta (m)	N.A. Máximo TR10.000 (m)	Cota de Proteção (m)	NA Máximo Rompimento (m)	Altura Máx. da Onda acima da Proteção existente (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	Velocidade Máx (m/s)
					Dam Break					
0	BARRAGEM PCH *SFQ	0	211,80	213,30	206,80	-6,50	00:00	00:13	02:15	1,55
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	187,10	190,55	177,21	-13,34	00:00	00:13	02:15	1,81
2	PROPRIEDADE 01	3174	186,94	192,00	177,03	-14,97	00:00	00:14	02:15	1,87
3	PROPRIEDADE 02	3215	186,77	188,60	177,02	-11,58	00:00	00:14	02:15	1,55
4	PROPRIEDADE 03	3234	186,68	190,71	176,99	-13,72	00:00	00:14	02:15	1,52
5	PROPRIEDADE 04	3280	186,51	187,41	176,97	-10,44	00:00	00:14	02:15	1,47
6	PROPRIEDADE 05	3306	186,47	190,21	176,96	-13,25	00:00	00:14	02:15	1,35
7	PROPRIEDADE 06 (Não existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	181,23	168,98	171,81	2,83	00:00	00:17	02:30	3,28
9	LIMITE ZAS	10055	149,22	-	141,51	-	00:06	00:26	02:55	3,47
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	109,13	110,62	99,87	-10,75	00:11	00:50	03:00	3,79
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	98,21	98,73	87,92	-10,81	00:15	01:18	03:00	2,1
14	PROPRIEDADE 11	23065	97,16	97,85	86,68	-11,17	00:15	01:18	03:00	1,94
15	PROPRIEDADE 12	23179	96,51	98,16	86,56	-11,60	00:15	01:18	03:00	1,97
16	PROPRIEDADE 13	23257	96,02	100,15	86,43	-13,72	00:15	01:18	03:00	1,81
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	95,50	-	86,13	-	00:15	01:18	03:00	1,21
19	PROPRIEDADE 16	23820	95,04	98,41	85,65	-12,76	00:15	01:18	03:00	1,31
20	LIMITE ZSS	23977	90,84	-	84,58	-	00:15	01:18	03:00	0,95

Tabela 31 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para QTurb – Dia de Sol

Local	Descrição	Distância da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Qturbinada (dia de sol)							
			Nível de água (m)		Altura Máxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			QTurb	Dam Break		início Onda	Pico Onda	Duração		
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	176,19	177,21	1,02	0:00	0:13	2:50	1,81	48,72
2	PROPRIEDADE 01	3174	176,08	177,03	0,95	0:00	0:13	2:40	1,87	48,25
3	PROPRIEDADE 02	3215	176,07	177,02	0,95	0:00	0:14	2:40	1,55	48,15
4	PROPRIEDADE 03	3234	176,06	176,99	0,93	0:00	0:14	2:40	1,52	48,13
5	PROPRIEDADE 04	3280	176,05	176,97	0,92	0:00	0:14	2:40	1,47	48,09
6	PROPRIEDADE 05	3306	176,04	176,96	0,92	0:00	0:14	2:40	1,35	48,01
7	PROPRIEDADE 06 (não existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	170,41	171,81	1,40	0:00	0:17	2:35	3,28	42,56
9	LIMITE ZAS	10055	140,21	141,51	1,30	0:06	0:26	2:55	3,47	40,21
10	PROPRIEDADE 07 (não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	98,17	99,87	1,70	0:11	0:50	3:10	3,79	32,89
12	PROPRIEDADE 09 (não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	86,78	87,92	1,14	0:15	1:20	3:00	2,10	29,18
14	PROPRIEDADE 11	23065	86,14	86,68	0,54	0:15	1:20	3:00	1,94	29,04
15	PROPRIEDADE 12	23179	86,07	86,56	0,49	0:15	1:20	3:10	1,97	28,84
16	PROPRIEDADE 13	23257	85,99	86,43	0,44	0:15	1:20	3:10	1,81	28,38
17	PROPRIEDADE 14 (não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	85,72	86,13	0,41	0:15	1:25	3:10	1,21	27,92
19	PROPRIEDADE 16	23820	85,37	85,65	0,28	0:15	1:25	3:10	1,31	27,56
20	LIMITE ZSS	23977	84,34	84,58	0,24	0:15	1:25	3:10	0,95	26,74

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

Tabela 32 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 10 anos

Local	Descrição	Distância da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Vazão TR 10 anos							
			Nível de água (m)		Altura Máxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Cheia	Dam Break		início Onda	Pico Onda	Duração		
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	181,71	183,32	1,61	0:00	0:13	2:50	2,05	3268,32
2	PROPRIEDADE 01	3174	181,23	182,66	1,43	0:00	0:14	2:50	2,03	3222,98
3	PROPRIEDADE 02	3215	181,10	182,64	1,54	0:00	0:14	2:50	1,85	3219,50
4	PROPRIEDADE 03	2234	180,93	182,60	1,67	0:00	0:14	2:50	1,86	3218,27
5	PROPRIEDADE 04	3280	180,62	182,57	1,95	0:00	0:14	2:50	1,38	3217,44
6	PROPRIEDADE 05	3306	180,57	182,37	1,80	0:00	0:14	2:50	2,43	3216,67
7	PROPRIEDADE 06 (Não existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	172,12	175,01	2,89	0:00	0:17	2:40	5,06	3010,34
9	LIMITE ZAS	10055	141,04	144,07	3,03	0:06	0:26	3:00	5,81	2768,38
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	100,98	102,92	1,94	0:11	0:50	3:12	5,24	2324,59
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	91,40	92,74	1,34	0:15	1:25	3:15	3,11	2195,73
14	PROPRIEDADE 11	23065	91,37	91,90	0,53	0:15	1:25	3:15	2,25	2155,75
15	PROPRIEDADE 12	23179	90,94	91,59	0,65	0:15	1:25	3:15	2,35	2107,94
16	PROPRIEDADE 13	23257	90,78	91,16	0,38	0:15	1:25	3:15	2,60	2102,63
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	90,23	90,61	0,38	0:15	1:25	3:15	2,85	2010,35
19	PROPRIEDADE 16	23820	89,87	90,16	0,29	0:15	1:25	3:15	1,94	1950,29
20	LIMITE ZSS	23977	86,25	86,47	0,22	00:15	01:25	03:15	1,04	1824,89

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

Tabela 33 – Resultados Obtidos - Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 100 anos

Local	Descrição	Distância da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Vazão TR 100 anos							
			Nível de água (m)		Altura Máxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Cheia	Dam Break		início Onda	Pico Onda	Duração		
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	184,71	186,22	1,51	0:00	0:13	2:20	6,21	3745,60
2	PROPRIEDADE 01	3174	183,27	185,97	2,70	0:00	0:14	2:20	2,52	3722,28
3	PROPRIEDADE 02	3215	183,38	185,66	2,28	0:00	0:14	2:20	2,17	3710,48
4	PROPRIEDADE 03	2234	183,03	185,64	2,61	0:00	0:14	2:20	2,14	3709,78
5	PROPRIEDADE 04	3280	183,09	185,63	2,54	0:00	0:14	2:20	2,84	3698,40
6	PROPRIEDADE 05	3306	183,05	185,25	2,20	0:00	0:14	2:20	3,58	3688,20
7	PROPRIEDADE 06 (Não existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	173,21	178,48	5,27	0:00	0:17	2:25	5,30	3491,69
9	LIMITE ZAS	10055	144,19	146,71	2,52	0:06	0:26	2:50	6,95	3201,88
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	104,78	106,62	1,84	0:11	0:50	2:55	5,80	2758,31
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	94,59	95,80	1,21	0:15	1:20	2:55	3,96	2579,85
14	PROPRIEDADE 11	23065	93,98	94,52	0,54	0:15	1:20	2:55	2,65	2531,24
15	PROPRIEDADE 12	23179	93,55	94,19	0,64	0:15	1:20	2:55	2,78	2518,47
16	PROPRIEDADE 13	23257	93,10	93,39	0,29	0:15	1:20	2:55	2,87	2497,66
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	92,45	92,85	0,40	0:15	1:20	2:55	3,05	2462,01
19	PROPRIEDADE 16	23820	92,02	92,32	0,30	0:15	1:20	2:55	2,49	2420,37
20	LIMITE ZSS	23977	87,95	88,13	0,18	00:15	01:20	02:55	1,25	2320,53

Tabela 34 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 1.000 anos

Local	Descrição	Distância da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Vazão TR 1.000 anos							Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Nível de água (m)		Altura Máxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)					
			Cheia	Dam Break		início Onda	Pico Onda	Duração			
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	185,95	187,35	1,40	0:00	0:13	2:15	8,60	4081,29	
2	PROPRIEDADE 01	3174	185,93	187,21	1,28	0:00	0:14	2:15	2,79	3970,28	
3	PROPRIEDADE 02	3215	185,91	187,18	1,27	0:00	0:14	2:15	2,37	3953,12	
4	PROPRIEDADE 03	2234	185,83	187,13	1,30	0:00	0:14	2:15	2,32	3947,67	
5	PROPRIEDADE 04	3280	185,52	187,05	1,53	0:00	0:14	2:15	2,18	3927,28	
6	PROPRIEDADE 05	3306	185,46	186,98	1,52	0:00	0:14	2:15	3,51	3905,21	
7	PROPRIEDADE 06 (Não Existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	177,00	180,18	3,18	0:00	0:17	2:30	6,21	3866,68	
9	LIMITE ZAS	10055	146,21	148,64	2,43	0:06	0:26	2:55	7,26	3521,61	
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	PROPRIEDADE 08	20215	106,43	108,45	2,02	0:11	0:50	3:00	6,31	3029,54	
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-	
13	PROPRIEDADE 10	22786	96,33	97,52	1,19	0:15	1:18	3:00	4,83	3001,20	
14	PROPRIEDADE 11	23065	95,74	96,14	0,40	0:15	1:18	3:00	2,88	2992,35	
15	PROPRIEDADE 12	23179	95,36	95,84	0,48	0:15	1:18	3:00	3,06	2984,59	
16	PROPRIEDADE 13	23257	95,00	95,46	0,46	0:15	1:18	3:00	2,99	2980,31	
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	PROPRIEDADE 15	23545	94,60	95,05	0,45	0:15	1:18	3:00	2,98	2963,57	
19	PROPRIEDADE 16	23820	94,05	94,47	0,42	0:15	1:18	3:00	2,88	2941,29	
20	LIMITE ZSS	23977	89,44	89,81	0,37	00:15	01:18	03:00	1,55	2827,31	

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

Tabela 35 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 10.000 anos

Estaca	Descrição	Distância da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Vazão TR 10.000 anos							
			Nível de água (m)		Altura Máxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Cheia	Dam Break		início Onda	Pico Onda	Duração		
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	187,10	187,50	0,40	00:00	00:13	02:15	6,94	4910,59
2	PROPRIEDADE 01	3174	186,94	187,49	0,55	00:00	00:14	02:15	6,18	4799,58
3	PROPRIEDADE 02	3215	186,77	187,41	0,64	00:00	00:14	02:15	6,13	4782,42
4	PROPRIEDADE 03	3234	186,68	187,38	0,70	00:00	00:14	02:15	5,95	4776,97
5	PROPRIEDADE 04	3280	186,51	187,35	0,84	00:00	00:14	02:15	5,69	4756,58
6	PROPRIEDADE 05	3306	186,47	187,32	0,85	00:00	00:14	02:15	5,45	4734,51
7	PROPRIEDADE 06 (Não Existe mais)	4350	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	181,23	182,01	0,78	00:00	00:17	02:30	4,65	4695,98
9	LIMITE ZAS	10055	149,22	150,39	1,17	00:06	00:26	02:55	4,10	4350,91
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17944	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	109,13	110,14	1,01	00:11	00:50	03:00	3,29	3858,84
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21700	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	98,21	99,17	0,96	00:15	01:18	03:00	2,97	3830,50
14	PROPRIEDADE 11	23065	97,16	97,77	0,61	00:15	01:18	03:00	2,84	3821,65
15	PROPRIEDADE 12	23179	96,51	97,45	0,94	00:15	01:18	03:00	2,55	3813,89
16	PROPRIEDADE 13	23257	96,02	97,06	1,04	00:15	01:18	03:00	2,47	3809,61
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23287	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	95,50	96,62	1,12	00:15	01:18	03:00	2,18	3792,87
19	PROPRIEDADE 16	23820	95,04	96,02	0,98	00:15	01:18	03:00	2,09	3770,59
20	LIMITE ZSS	23977	90,84	91,35	0,51	00:15	01:18	03:00	2,01	3656,61

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

Tabela 36 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para QTurb e TR 1.000 anos

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
234		165,00	42071	284,15	284,92	284,92	0,00	1,22	20,06	292,14	292,14	0,00	5,73	3246,68
233		221,60	41906	283,22	284,16	284,16	0,00	0,89	20,06	291,97	291,97	0,00	3,92	3244,51
232		364,48	41685	282,06	282,60	282,60	0,00	0,90	20,06	291,45	291,45	0,00	3,67	3244,36
231		120,00	41320	280,17	281,03	281,03	0,00	0,84	20,06	290,69	290,69	0,00	3,54	3243,37
230		200,00	41200	279,76	280,90	280,90	0,00	0,55	20,06	290,10	290,10	0,00	4,13	3242,76
229		200,00	41000	278,49	280,08	280,08	0,00	0,29	20,06	289,47	289,47	0,00	4,01	3242,67
228		200,00	40800	277,97	279,03	279,03	0,00	1,12	20,06	288,77	288,77	0,00	4,20	3242,21
227		200,00	40600	277,52	278,49	278,49	0,00	0,82	20,06	287,97	287,97	0,00	4,45	3242,17
226		200,00	40400	277,23	278,18	278,18	0,00	0,77	20,06	286,80	286,80	0,00	5,11	3242,08
225		241,55	40200	276,94	277,87	277,87	0,00	0,83	20,06	286,18	286,18	0,00	4,36	3241,82
224		158,48	39959	276,41	277,40	277,40	0,00	0,36	20,06	285,01	285,01	0,00	3,67	3241,55
223		200,00	39800	275,02	275,68	275,68	0,00	1,44	20,06	283,18	283,18	0,00	5,84	3241,23
222		200,00	39600	270,67	272,22	272,22	0,00	0,71	20,06	281,91	281,91	0,00	5,08	3241,23
221		200,00	39400	270,23	271,14	271,14	0,00	0,90	20,06	280,46	280,46	0,00	4,91	3240,53
220		200,00	39200	269,87	270,79	270,79	0,00	0,51	20,06	280,46	280,46	0,00	3,56	3240,50
219		200,00	39000	269,26	269,66	269,66	0,00	1,04	20,06	279,57	279,57	0,00	4,06	3240,08
218		200,00	38800	267,55	268,47	268,47	0,00	1,04	20,06	279,08	279,08	0,00	4,02	3240,04
217		140,01	38600	267,06	267,87	267,87	0,00	0,80	20,06	277,84	277,84	0,00	5,30	3239,24
216		160,00	38460	266,73	267,62	267,62	0,00	0,81	20,06	278,12	278,12	0,00	3,63	3239,61
215		202,45	38300	265,82	267,07	267,07	0,00	1,14	20,06	277,83	277,83	0,00	3,57	3239,56
214		205,70	38098	264,18	265,77	265,77	0,00	0,58	20,06	277,66	277,66	0,00	3,19	3239,49
213		291,84	37892	263,45	264,85	264,85	0,00	0,62	20,06	276,76	276,76	0,00	3,32	3239,29
212		200,00	37600	262,15	264,04	264,04	0,00	0,39	20,06	275,50	275,50	0,00	2,36	3239,04
211		200,00	37400	261,53	263,16	263,16	0,00	1,24	20,06	272,75	272,75	0,00	6,37	3238,80
210		200,00	37200	260,84	261,80	261,80	0,00	1,25	20,06	273,38	273,38	0,00	3,23	3238,73
209		200,00	37000	259,32	260,47	260,47	0,00	0,92	20,06	271,23	271,23	0,00	5,77	3238,49
208		200,00	36800	258,60	260,35	260,35	0,00	0,37	20,06	271,15	271,15	0,00	4,56	3238,46
207		200,00	36600	258,08	259,58	259,58	0,00	0,47	20,06	270,06	270,06	0,00	4,97	3238,23

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
206		200,00	36400	257,41	258,60	258,60	0,00	0,76	20,06	269,65	269,65	0,00	4,32	3238,21
205		200,00	36200	254,51	255,16	255,16	0,00	1,42	20,06	267,92	267,92	0,00	5,61	3238,19
204		247,85	36000	252,41	253,47	253,47	0,00	1,18	20,06	264,99	264,99	0,00	8,33	3238,17
203		207,60	35752	251,75	252,59	252,59	0,00	0,90	20,06	263,52	263,52	0,00	5,46	3238,07
202		144,57	35545	250,18	251,07	251,07	0,00	2,05	20,06	262,50	262,50	0,00	5,32	3237,90
201		200,00	35400	248,58	250,51	250,51	0,00	0,68	20,06	261,00	261,00	0,00	6,16	3237,88
200		200,00	35200	248,40	250,44	250,44	0,00	0,28	20,06	261,05	261,05	0,00	4,43	3237,81
199		200,00	35000	248,20	250,31	250,31	0,00	0,28	20,06	260,50	260,49	-0,01	4,23	3237,72
198		253,86	34800	248,01	250,28	250,28	0,00	0,39	20,06	260,38	260,38	0,00	3,37	3237,66
197		146,19	34546	247,78	250,23	250,23	0,00	0,38	20,06	259,54	259,53	-0,01	3,89	3237,01
196		200,00	34400	247,65	250,17	250,17	0,00	0,40	20,06	258,55	258,55	0,00	4,88	3236,09
195		200,00	34200	243,82	250,17	250,17	0,00	0,11	20,06	257,52	257,51	-0,01	4,97	3233,79
194		200,00	34000	243,23	250,17	250,17	0,00	0,07	20,06	257,05	257,04	-0,01	4,53	3232,23
193		286,44	33800	242,86	250,17	250,17	0,00	0,07	20,06	256,37	256,36	-0,01	4,91	3231,94
192		113,52	33514	242,03	250,17	250,17	0,00	0,04	20,06	255,94	255,93	-0,01	2,93	3230,05
191		200,00	33400	241,58	250,17	250,17	0,00	0,05	20,06	255,41	255,39	-0,02	3,92	3229,89
190		200,00	33200	239,71	250,17	250,17	0,00	0,03	20,06	255,43	255,42	-0,01	3,15	3227,57
189		200,00	33000	238,15	250,17	250,17	0,00	0,05	20,06	254,37	254,37	0,00	4,89	3227,18
188		220,00	32800	236,23	250,17	250,17	0,00	0,03	20,06	254,86	254,85	-0,01	2,81	3226,87
187		180,00	32580	235,21	250,17	250,17	0,00	0,02	20,06	254,91	254,90	-0,01	2,18	3226,32
186		200,00	32400	234,82	250,17	250,17	0,00	0,02	20,06	254,70	254,68	-0,02	2,69	3225,87
185		75,34	32200	231,00	250,17	250,17	0,00	0,01	20,06	254,94	254,93	-0,01	1,00	3225,26
184,5	Barragem Rastro de Auto													
184	Eixo A-D-236.51	15,68	32125	230,96	233,52	241,18	7,66	4,33	1821,39	243,54	244,43	0,89	6,56	4256,56
183	Eixo C-B-236.51	64,52	32109	230,59	233,51	241,07	7,56	4,17	1699,39	243,44	244,30	0,86	6,60	4250,99
182	Eixo E-F-236.5	119,52	32045	230,80	232,61	239,74	7,13	6,36	1697,75	242,77	243,72	0,95	6,44	4131,69
181		124,95	31925	230,22	231,95	238,74	6,79	3,40	1588,76	243,07	244,28	1,21	3,79	4318,76
180		200,00	31800	229,52	231,03	238,02	6,99	3,81	1477,52	242,31	243,42	1,11	4,99	4295,35
179		200,00	31600	228,05	229,36	236,90	7,54	4,05	1383,23	241,38	242,44	1,06	5,40	4252,66

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
178		200,00	31400	227,07	228,16	235,22	7,06	5,36	1371,10	239,22	240,11	0,89	7,44	4197,73
177		200,00	31200	226,11	227,06	233,10	6,04	6,33	1352,24	236,79	237,71	0,92	8,84	4187,59
176		200,00	31000	225,08	225,97	232,08	6,11	3,64	1273,01	235,87	236,65	0,78	5,34	4137,64
175		200,00	30800	224,17	225,43	230,59	5,16	4,75	1266,48	234,42	235,20	0,78	5,93	4128,07
174		200,00	30600	222,92	223,94	229,98	6,04	3,03	1204,94	234,12	234,94	0,82	4,55	4071,37
173		200,00	30400	221,20	222,65	228,07	5,42	5,61	1182,38	231,81	232,60	0,79	7,00	4064,66
172		200,00	30200	219,53	220,42	225,60	5,18	5,30	1161,34	229,71	230,49	0,78	7,33	4057,46
171		200,00	30000	218,34	219,16	224,37	5,21	4,05	1077,68	229,09	229,87	0,78	5,88	4025,68
170		200,00	29800	217,38	218,85	224,04	5,19	3,09	1073,59	228,67	229,42	0,75	5,24	4021,43
169		200,00	29600	216,40	217,19	222,13	4,94	4,73	1037,14	226,33	226,99	0,66	7,35	4014,79
168		200,00	29400	215,45	216,31	221,97	5,66	2,77	1013,37	226,53	227,21	0,68	4,81	3992,29
167		200,00	29200	214,49	215,81	220,30	4,49	5,01	987,81	224,24	224,87	0,63	7,77	3989,83
166		200,00	29000	213,57	214,29	218,81	4,52	3,58	963,11	223,94	224,75	0,81	3,25	3967,06
165		200,00	28800	211,64	212,48	217,39	4,91	4,00	950,37	221,59	222,17	0,58	6,54	3963,27
164		200,00	28600	209,82	210,86	215,39	4,53	4,91	934,16	219,30	219,89	0,59	7,43	3958,44
163		200,00	28400	208,48	209,83	214,17	4,34	3,03	909,46	219,19	219,89	0,70	4,27	3943,57
162		145,71	28200	208,10	208,78	212,65	3,87	4,32	885,61	216,67	217,21	0,54	7,29	3939,01
161	Eixo 3-207.216	34,64	28054	205,62	207,60	212,47	4,87	2,77	880,60	216,63	217,15	0,52	5,44	3925,02
160	Eixo 2-206.637	79,62	28020	205,27	207,57	211,70	4,13	4,55	879,64	215,80	216,39	0,59	7,68	3932,74
159	Eixo 1-206.637	140,00	27940	205,21	207,14	210,64	3,50	4,77	877,23	214,88	215,47	0,59	7,14	3930,75
158		177,76	27800	203,03	206,97	208,57	1,60	4,68	871,00	213,40	213,92	0,52	6,56	3925,54
157		202,23	27622	200,34	206,97	207,92	0,95	1,62	396,12	211,93	212,35	0,42	6,39	3909,20
156		220,02	27420	197,72	206,97	208,02	1,05	1,25	866,23	212,80	213,30	0,50	2,59	3902,54
155		200,01	27200	195,71	206,97	208,01	1,04	0,63	421,96	212,52	213,01	0,49	2,85	3894,55
154		200,01	27000	193,26	206,97	208,02	1,05	0,59	420,51	212,22	212,64	0,42	3,30	3886,47
153		200,01	26800	192,42	206,97	208,01	1,04	0,68	419,74	211,76	212,08	0,32	4,03	3885,84
152		200,01	26600	191,47	206,97	208,02	1,05	0,60	439,87	211,53	211,80	0,27	3,96	3873,13
151		200,01	26400	190,57	206,97	208,04	1,07	0,45	438,71	211,67	211,98	0,31	2,86	3850,34

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
150		200,01	26200	189,62	206,97	208,04	1,07	0,46	438,21	211,55	211,84	0,29	2,90	3849,36
149		200,01	26000	189,57	206,97	208,05	1,08	0,36	458,62	211,62	211,93	0,31	2,19	3847,22
148		150,12	25800	189,51	206,97	208,06	1,09	0,31	458,00	211,62	211,93	0,31	1,93	3821,52
147		194,22	25650	188,69	206,97	208,06	1,09	0,36	481,48	211,55	211,85	0,30	2,13	3820,92
146		255,69	25456	187,83	206,97	208,06	1,09	0,38	480,13	211,45	211,75	0,30	2,35	3819,41
145		200,01	25200	187,16	206,97	208,07	1,10	0,26	479,38	211,53	211,84	0,31	1,60	3816,23
144		200,01	25000	186,15	206,97	208,08	1,11	0,28	499,65	211,48	211,79	0,31	1,70	3813,20
143		260,01	24800	186,02	206,97	208,08	1,11	0,25	495,99	211,49	211,80	0,31	1,50	3796,00
142		140,00	24540	184,92	206,97	208,09	1,12	0,12	489,87	211,54	211,86	0,32	0,79	3795,55
141		101,01	24400	184,31	206,97	208,09	1,12	0,14	485,87	211,53	211,85	0,32	0,87	3795,15
140	Barragem SFO-185.80	38,99	24299	183,27	206,97	208,08	1,11	0,16	483,12	211,52	211,83	0,31	1,01	3794,78
139,5	Barragem Salto Forqueta													
139		60,01	24260	183,27	186,15	189,97	3,82	0,86	477,70	197,99	198,58	0,59	2,47	3794,78
138		200,00	24200	183,56	185,80	189,24	3,44	4,22	471,79	196,97	197,56	0,59	5,07	3786,37
137		200,00	24000	181,60	184,24	188,84	4,60	1,91	442,94	196,76	197,32	0,56	4,30	3784,85
136		200,00	23800	181,47	183,87	188,23	4,36	2,70	429,38	195,11	195,57	0,46	6,32	3783,35
135		200,00	23600	181,32	183,72	187,86	4,14	2,10	422,56	194,74	195,21	0,47	5,39	3781,11
134		216,10	23400	181,17	183,66	187,71	4,05	1,65	422,26	194,26	194,71	0,45	5,07	3777,14
133		199,44	23184	181,02	183,44	187,26	3,82	1,96	421,21	192,72	193,02	0,30	5,88	3776,54
132		184,44	22984	180,90	182,78	185,44	2,66	4,57	419,16	191,53	191,93	0,40	5,65	3761,25
131		200,00	22800	180,63	181,99	184,62	2,63	2,69	416,88	191,33	191,79	0,46	3,73	3759,70
130		200,00	22600	179,19	180,37	183,00	2,63	3,71	415,85	190,05	190,57	0,52	4,89	3757,37
129		200,00	22400	176,54	177,93	181,50	3,57	2,63	402,09	189,24	189,70	0,46	4,94	3750,46
128		200,00	22200	175,15	177,73	181,24	3,51	1,90	400,90	188,49	188,91	0,42	5,21	3749,86
127		162,48	22000	174,37	177,71	181,06	3,35	1,68	399,23	188,18	188,60	0,42	4,61	3748,92
126	Batimetria 1-177.20	237,50	21838	176,14	177,13	179,68	2,55	4,95	397,85	186,10	186,48	0,38	7,82	3747,91
125		236,95	21600	170,72	173,03	176,67	3,64	3,22	392,39	184,46	184,81	0,35	5,58	3738,84
124	B-08-170.58	115,62	21363	169,13	172,48	176,04	3,56	1,70	386,88	183,62	183,98	0,36	5,08	3738,25

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
123		143,97	21247	168,79	172,48	176,08	3,60	1,05	385,91	183,92	184,30	0,38	3,74	3737,99
122	Batimetria 2-172.8	20,89	21103	170,50	172,43	175,61	3,18	2,71	383,62	182,34	182,60	0,26	6,30	3737,61
121	Batimetria 3-171.55	69,06	21083	170,62	172,36	175,49	3,13	2,80	383,62	182,55	182,82	0,27	5,69	3737,54
120	Batimetria 4-172.46	47,79	21014	170,49	171,73	174,99	3,26	3,24	383,55	181,69	181,90	0,21	6,54	3737,24
119	Batimetria 5-170.72	163,28	20966	170,05	171,26	174,60	3,34	3,42	383,45	180,83	181,34	0,51	7,63	3736,97
118	Batimetria 6-169.28	285,72	20802	168,73	169,80	172,06	2,26	4,27	383,00	178,76	179,23	0,47	8,28	3735,98
117	B-07-166.61	116,76	20517	164,01	165,78	169,64	3,86	2,02	365,37	177,43	177,84	0,41	6,48	3733,89
116		200,00	20400	164,29	165,63	169,26	3,63	2,44	359,99	175,65	176,03	0,38	7,90	3733,62
115		227,00	20200	164,03	165,53	169,12	3,59	1,58	359,56	175,76	176,11	0,35	5,36	3729,69
114	B-06-164.35	82,84	19973	163,31	165,50	169,04	3,54	1,09	358,69	175,64	176,00	0,36	4,21	3728,79
113	Batimetria 7 e Ponte-168.98	90,14	19890	163,34	165,47	168,55	3,08	2,86	358,37	174,58	175,01	0,43	5,47	3724,05
112		200,00	19800	162,93	164,01	167,03	3,02	2,19	357,26	174,26	174,73	0,47	4,46	3723,79
111		224,05	19600	160,79	162,03	164,99	2,96	3,27	355,80	173,30	173,82	0,52	4,78	3717,41
110	B-05-159.89	175,92	19376	158,59	160,18	163,34	3,16	2,82	353,26	172,41	172,93	0,52	5,07	3717,08
109		200,00	19200	157,85	159,21	162,66	3,45	2,84	350,99	170,36	170,75	0,39	7,19	3712,22
108		200,00	19000	157,07	158,85	161,83	2,98	2,82	348,67	170,41	170,87	0,46	5,25	3711,63
107		217,50	18800	156,22	157,66	161,13	3,47	1,72	336,81	170,41	170,89	0,48	4,06	3711,07
106	B-04-153.73	182,48	18583	155,75	157,21	160,55	3,34	2,22	328,93	168,36	168,71	0,35	6,57	3707,11
105		200,00	18400	155,23	157,12	160,46	3,34	1,34	328,33	168,57	168,96	0,39	4,70	3706,76
104		200,00	18200	154,94	157,10	160,31	3,21	1,47	327,50	167,89	168,24	0,35	5,12	3706,31
103		247,30	18000	154,65	156,47	159,03	2,56	2,68	326,53	167,32	167,81	0,49	3,57	3695,56
102	B-03-154.32	152,68	17753	153,02	154,48	157,69	3,21	1,49	312,09	167,29	167,78	0,49	2,72	3695,29
101		200,00	17600	151,90	154,38	157,38	3,00	1,96	308,68	165,59	166,00	0,41	5,94	3695,04
100		200,00	17400	151,43	154,33	157,12	2,79	1,70	307,99	164,59	164,95	0,36	6,18	3691,50
99		117,00	17200	151,14	154,32	157,04	2,72	1,23	305,85	164,43	164,79	0,36	4,90	3690,98
98	B-02-154.686	83,00	17083	153,11	154,21	156,74	2,53	2,17	305,75	163,60	163,96	0,36	5,70	3686,63
97		178,60	17000	151,83	154,01	156,55	2,54	1,80	305,53	163,25	163,62	0,37	5,58	3686,31

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
96	B07-153.47	221,40	16821	152,53	153,49	155,59	2,10	2,68	304,63	163,19	163,61	0,42	4,27	3685,32
95		200,00	16600	148,77	149,55	152,40	2,85	2,54	296,96	161,77	162,19	0,42	4,84	3680,92
94		200,00	16400	147,49	148,73	151,84	3,11	2,28	290,21	160,51	160,88	0,37	5,91	3676,19
93		200,00	16200	147,09	148,51	151,62	3,11	1,59	289,52	160,32	160,70	0,38	4,98	3676,02
92		200,00	16000	146,74	148,47	151,50	3,03	1,33	286,84	160,43	160,84	0,41	3,63	3675,82
91		211,00	15800	146,54	148,25	150,93	2,68	2,29	286,36	159,60	159,99	0,39	4,59	3675,54
90	B06-147.82	249,00	15589	146,76	147,72	149,88	2,16	2,59	281,91	157,86	158,19	0,33	6,16	3672,33
89		170,40	15340	144,44	146,23	149,28	3,05	1,75	279,64	158,35	158,76	0,41	2,99	3671,99
88		245,60	15170	144,10	146,20	149,15	2,95	1,46	279,34	156,84	157,18	0,34	5,47	3671,83
87	B05-144.82	123,99	14924	144,00	145,10	147,20	2,10	2,75	278,68	153,61	153,93	0,32	7,86	3671,49
86		200,00	14800	142,24	142,91	145,09	2,18	3,67	278,61	152,05	152,40	0,35	8,26	3671,23
85		200,00	14600	139,34	140,71	143,59	2,88	2,30	277,89	151,25	151,60	0,35	5,22	3670,13
84		213,20	14400	137,33	138,51	141,40	2,89	2,04	277,23	148,88	149,16	0,28	6,90	3668,19
83	B04-136.982	186,76	14187	135,85	137,13	138,97	1,84	3,12	276,56	145,92	146,23	0,31	7,73	3665,20
82		200,00	14000	135,28	135,93	138,02	2,09	2,09	273,81	146,37	146,71	0,34	5,01	3664,60
81		200,00	13800	132,92	134,48	137,35	2,87	2,16	271,70	146,44	146,82	0,38	3,53	3663,72
80		102,99	13600	132,61	134,05	136,56	2,51	2,60	266,83	145,64	146,01	0,37	4,43	3660,91
79	B03-133.985	97,00	13497	132,33	133,80	136,28	2,48	1,93	264,66	145,35	145,71	0,36	4,40	3660,79
78		200,00	13400	132,28	133,38	136,09	2,71	1,61	264,37	145,20	145,57	0,37	4,20	3660,68
77		200,00	13200	131,79	133,18	135,80	2,62	1,60	262,47	144,38	144,70	0,32	4,94	3660,44
76		256,56	13000	131,02	132,76	135,40	2,64	1,38	261,85	143,52	143,81	0,29	4,78	3660,06
75	B02-131.865	143,49	12744	131,34	132,26	134,30	2,04	2,31	260,95	140,54	140,77	0,23	6,50	3658,85
74		200,00	12600	130,05	131,49	133,39	1,90	2,77	260,44	139,77	140,08	0,31	5,76	3653,40
73		200,00	12400	129,23	129,93	132,21	2,28	1,98	250,38	140,12	140,44	0,32	3,30	3653,13
72		176,36	12200	127,92	129,49	131,82	2,33	1,51	242,29	139,52	139,82	0,30	3,94	3652,99
71	B01-128.412	223,65	12024	127,03	129,44	131,57	2,13	1,63	239,72	138,27	138,51	0,24	5,49	3650,70
70		200,00	11800	126,91	129,41	131,46	2,05	0,99	237,31	138,40	138,68	0,28	3,82	3650,63
69		200,00	11600	126,66	129,40	131,34	1,94	1,26	236,99	137,47	137,69	0,22	5,02	3650,50
68		243,25	11400	126,44	129,40	131,28	1,88	0,93	236,45	137,37	137,60	0,23	4,10	3650,17

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
67	SB05-128.492	44,74	11157	127,82	129,01	130,58	1,57	2,67	235,71	135,75	135,96	0,21	5,69	3648,77
66	SB04-128.147	37,00	11112	127,45	128,43	129,98	1,55	3,47	235,64	135,29	135,50	0,21	6,12	3648,73
65	SB03-128.098	29,29	11075	126,75	128,14	129,65	1,51	3,05	235,59	134,95	135,17	0,22	6,13	3648,70
64	SB02-128.033	41,30	11046	126,70	127,98	129,36	1,38	3,13	235,54	134,99	135,27	0,28	5,15	3648,63
63	SB01-128.03	204,40	11005	126,49	127,45	129,04	1,59	2,77	235,40	134,67	134,95	0,28	5,37	3646,92
62		200,00	10800	122,42	123,82	126,08	2,26	2,08	234,14	133,99	134,26	0,27	4,39	3626,57
61		200,00	10600	121,67	123,12	125,54	2,42	1,30	231,65	133,04	133,29	0,25	4,73	3604,59
60		200,00	10400	121,39	123,10	125,46	2,36	1,13	231,38	132,80	133,05	0,25	4,32	3612,75
59		176,96	10200	121,10	122,08	124,36	2,28	2,27	230,95	130,52	130,80	0,28	4,53	3645,67
58		223,00	10023	120,25	121,09	123,05	1,96	2,58	230,48	130,11	130,40	0,29	4,24	3645,19
57		200,00	9800	117,75	118,93	121,24	2,31	1,98	229,10	127,62	127,86	0,24	7,07	3644,63
56		200,00	9600	117,35	118,83	121,15	2,32	1,00	228,66	127,93	128,19	0,26	4,40	3643,79
55		200,00	9400	116,32	117,16	119,14	1,98	2,45	228,29	125,29	125,53	0,24	7,47	3643,66
54		200,00	9200	113,05	114,18	116,02	1,84	2,46	227,93	122,83	123,09	0,26	7,45	3643,37
53		200,00	9000	111,87	113,00	115,18	2,18	2,02	223,97	122,42	122,68	0,26	5,99	3642,69
52		200,00	8800	111,62	112,60	114,83	2,23	1,48	222,32	122,15	122,41	0,26	4,99	3641,59
51		235,85	8600	111,38	112,48	114,66	2,18	1,32	221,13	121,91	122,18	0,27	4,52	3640,30
50		164,16	8364	111,11	111,99	114,04	2,05	1,88	220,77	121,38	121,66	0,28	3,90	3636,40
49		200,00	8200	110,57	111,21	112,88	1,67	2,90	220,35	119,89	120,15	0,26	5,84	3636,05
48		200,00	8000	108,38	109,80	111,86	2,06	2,15	219,86	119,41	119,70	0,29	4,50	3634,94
47		200,00	7800	107,69	108,67	110,60	1,93	2,00	218,96	118,55	118,85	0,30	4,73	3628,01
46		200,00	7600	107,30	108,37	110,12	1,75	1,87	218,10	118,13	118,44	0,31	4,54	3627,65
45		200,00	7400	106,74	107,70	109,52	1,82	2,02	217,43	117,81	118,12	0,31	4,25	3627,24
44		200,00	7200	104,81	106,21	108,50	2,29	2,17	216,34	116,95	117,25	0,30	5,08	3625,85
43		200,00	7000	104,14	105,20	107,44	2,24	1,78	213,94	115,73	116,02	0,29	5,30	3624,51
42		200,00	6800	103,70	105,07	107,16	2,09	1,73	213,66	114,44	114,69	0,25	6,37	3622,98
41		200,00	6600	103,34	105,02	107,02	2,00	1,28	212,91	114,35	114,61	0,26	5,19	3622,84
40		35,95	6400	102,90	104,18	105,47	1,29	3,46	212,47	113,19	113,49	0,30	5,76	3619,75
39	S05-104.09	26,72	6364	102,47	104,17	105,36	1,19	2,78	212,43	113,34	113,58	0,24	5,28	3621,32

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
38	S04-104.05	40,33	6337	103,35	104,00	105,06	1,06	3,19	211,86	113,67	113,93	0,26	4,41	3621,31
37	S03-103.20	28,52	6297	102,42	102,97	104,71	1,74	3,00	211,00	113,65	113,91	0,26	4,26	3621,30
36	S02-102.11	28,49	6269	101,44	102,23	104,75	2,52	2,25	210,96	113,62	113,88	0,26	4,21	3621,29
35	S01-101.9	27,75	6240	100,65	102,11	104,73	2,62	2,03	210,93	113,52	113,78	0,26	4,33	3621,28
34	S01A-101.88	25,45	6212	100,10	102,07	104,66	2,59	2,07	210,89	113,26	113,52	0,26	4,77	3621,26
33	S01B-101.82	186,76	6187	99,98	102,04	104,63	2,59	2,01	210,86	113,15	113,40	0,25	4,88	3621,25
32		200,00	6000	100,12	101,85	104,29	2,44	1,98	210,53	112,34	112,57	0,23	5,37	3621,03
31		215,70	5800	99,65	100,93	103,16	2,23	1,48	207,53	111,42	111,71	0,29	4,48	3618,57
30	S04-100.413	184,32	5584	99,23	100,61	102,75	2,14	1,54	206,39	110,75	111,05	0,30	4,78	3616,63
29		123,75	5400	98,77	100,43	102,43	2,00	1,80	206,12	109,84	110,08	0,24	5,56	3614,76
28	Seção 01-100.615	170,24	5276	98,70	99,85	101,73	1,88	3,07	205,66	109,68	109,96	0,28	4,97	3614,65
27	Seção 02-100.211	147,84	5106	97,94	98,68	101,04	2,36	2,34	205,10	109,47	109,79	0,32	3,96	3614,27
26	Seção 03-98.345	158,16	4958	96,38	98,19	100,16	1,97	2,94	204,59	109,54	109,85	0,31	3,15	3614,17
25		140,49	4800	96,00	97,62	99,75	2,13	1,96	204,01	108,85	109,16	0,31	3,39	3614,03
24	S03-96.802	259,56	4660	95,71	97,04	99,10	2,06	2,34	203,38	107,76	108,03	0,27	4,13	3613,99
23		200,00	4400	95,12	96,55	98,51	1,96	1,27	201,81	106,80	107,07	0,27	3,12	3613,06
22		342,37	4200	94,69	95,99	97,96	1,97	1,52	200,42	105,45	105,68	0,23	4,82	3612,87
21	Seção 04-95.17	92,80	3858	93,80	95,30	97,20	1,90	1,53	199,69	103,41	103,57	0,16	5,86	3612,04
20	S02-96.785	164,88	3765	93,67	94,99	96,64	1,65	2,80	199,59	103,28	103,49	0,21	4,89	3610,94
19		200,00	3600	92,80	93,59	95,40	1,81	2,64	199,04	101,63	101,82	0,19	6,38	3610,97
18		268,80	3400	91,83	93,09	94,64	1,55	1,79	198,47	101,26	101,49	0,23	4,42	3609,82
17		191,24	3131	91,24	92,29	93,92	1,63	1,71	197,44	100,25	100,46	0,21	4,78	3609,59
16	S01-91.24	140,01	2940	90,34	91,57	92,73	1,16	3,34	197,34	98,33	98,53	0,20	7,04	3608,24
15		200,00	2800	88,93	89,81	91,51	1,70	1,67	195,22	98,84	99,08	0,24	3,94	3606,52
14		200,00	2600	88,47	89,45	91,14	1,69	1,44	193,22	98,50	98,74	0,24	3,88	3606,20
13		200,00	2400	88,02	89,26	90,87	1,61	1,34	192,30	97,95	98,19	0,24	4,25	3604,55
12		187,36	2200	87,75	89,06	90,54	1,48	1,33	191,68	97,50	97,74	0,24	4,20	3604,36
11	S00-88,177	212,65	2013	87,74	88,40	89,53	1,13	2,88	191,54	96,67	96,93	0,26	4,86	3602,84

PERFIL					Qturb					1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
10		200,00	1800	85,65	86,76	88,49	1,73	1,59	191,05	96,08	96,33	0,25	4,77	3602,74
9		200,00	1600	84,65	85,74	87,40	1,66	1,56	188,80	95,36	95,61	0,25	4,56	3601,33
8		200,00	1400	84,34	85,30	87,15	1,85	1,42	188,60	94,51	94,74	0,23	5,23	3601,22
7		200,00	1200	84,03	84,97	86,62	1,65	2,20	188,03	93,79	94,04	0,25	5,26	3599,75
6		228,65	1000	83,66	84,44	86,06	1,62	1,83	187,53	93,30	93,54	0,24	4,82	3599,64
5		255,72	771	83,26	83,92	85,35	1,43	1,99	187,14	92,12	92,38	0,26	5,07	3598,15
4		115,62	516	82,12	83,01	84,15	1,14	1,45	186,55	92,02	92,27	0,25	3,35	3597,80
3		200,00	400	81,33	82,43	83,68	1,25	1,99	186,16	91,61	91,86	0,25	3,98	3597,66
2		200,00	200	80,31	81,09	82,78	1,69	2,15	185,82	89,54	89,74	0,20	6,72	3597,45
1		0,00	0	79,01	79,65	81,20	1,55	2,25	185,67	88,87	89,10	0,23	5,63	3597,24

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

Tabela 37 – Resultados Obtidos- Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Rastro de Auto para TR 10.000 anos

Seção	Descrição	PERFIL			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	$\Delta$		
234		165,00	42071	284,15	293,28	293,28	0,00	6,12	4305,82
233		221,60	41906	283,22	293,37	293,37	0,00	4,18	4302,82
232		364,48	41685	282,06	292,85	292,85	0,00	4,02	4301,54
231		120,00	41320	280,17	292,10	292,10	0,00	3,78	4301,29
230		200,00	41200	279,76	291,66	291,66	0,00	4,04	4300,36
229		200,00	41000	278,49	290,87	290,87	0,00	4,37	4300,25
228		200,00	40800	277,97	290,20	290,20	0,00	4,48	4299,62
227		200,00	40600	277,52	289,38	289,38	0,00	4,82	4299,56
226		200,00	40400	277,23	288,17	288,17	0,00	5,52	4299,06
225		241,55	40200	276,94	287,59	287,59	0,00	4,65	4299,26
224		158,48	39959	276,41	286,29	286,29	0,00	4,06	4298,66
223		200,00	39800	275,02	284,81	284,81	0,00	5,62	4298,24
222		200,00	39600	270,67	283,55	283,55	0,00	5,26	4298,22
221		200,00	39400	270,23	282,02	282,02	0,00	5,32	4297,25
220		200,00	39200	269,87	282,14	282,14	0,00	3,86	4297,65
219		200,00	39000	269,26	281,24	281,24	0,00	4,46	4297,16
218		200,00	38800	267,55	280,74	280,74	0,00	4,43	4296,67
217		140,01	38600	267,06	279,32	279,32	0,00	5,91	4295,54
216		160,00	38460	266,73	279,86	279,86	0,00	3,79	4296,52
215		202,45	38300	265,82	279,53	279,53	0,00	3,88	4296,12
214		205,70	38098	264,18	279,35	279,35	0,00	3,55	4296,08
213		291,84	37892	263,45	278,48	278,48	0,00	3,47	4295,99
212		200,00	37600	262,15	277,25	277,25	0,00	2,66	4295,66
211		200,00	37400	261,53	274,28	274,28	0,00	6,91	4294,99
210		200,00	37200	260,84	275,25	275,25	0,00	3,42	4295,21
209		200,00	37000	259,32	272,92	272,92	0,00	6,30	4294,90
208		200,00	36800	258,60	272,92	272,92	0,00	5,02	4294,60
207		200,00	36600	258,08	271,95	271,95	0,00	5,30	4294,58

PERFIL					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		
206		200,00	36400	257,41	271,69	271,69	0,00	4,51	4294,55
205		200,00	36200	254,51	269,74	269,74	0,00	6,24	4294,52
204		247,85	36000	252,41	266,60	266,60	0,00	9,03	4294,48
203		207,60	35752	251,75	264,91	264,91	0,00	6,02	4294,14
202		144,57	35545	250,18	264,21	264,21	0,00	5,38	4294,09
201		200,00	35400	248,58	262,74	262,74	0,00	6,29	4293,41
200		200,00	35200	248,40	262,54	262,54	0,00	5,03	4293,38
199		200,00	35000	248,20	262,02	262,02	0,00	4,70	4293,34
198		253,86	34800	248,01	262,02	262,02	0,00	3,64	4293,29
197		146,19	34546	247,78	261,19	261,19	0,00	4,16	4293,18
196		200,00	34400	247,65	260,39	260,38	-0,01	4,87	4293,06
195		200,00	34200	243,82	259,23	259,23	0,00	5,41	4292,53
194		200,00	34000	243,23	258,64	258,63	-0,01	5,18	4292,45
193		286,44	33800	242,86	257,82	257,82	0,00	5,61	4291,53
192		113,52	33514	242,03	257,38	257,38	0,00	3,29	4290,38
191		200,00	33400	241,58	256,61	256,61	0,00	4,63	4290,22
190		200,00	33200	239,71	256,67	256,66	-0,01	3,76	4290,09
189		200,00	33000	238,15	254,99	254,99	0,00	6,14	4287,94
188		220,00	32800	236,23	255,81	255,80	-0,01	3,47	4287,63
187		180,00	32580	235,21	255,89	255,89	0,00	2,69	4287,11
186		200,00	32400	234,82	255,57	255,56	-0,01	3,33	4286,69
185		75,34	32200	231,00	255,95	255,94	-0,01	1,27	4286,11
184,5	Barragem Rastro de Auto								
184	Eixo A-D-236.51	15,68	32125	230,96	244,88	245,72	0,84	7,14	5385,35
183	Eixo C-B-236.51	64,52	32109	230,59	244,80	245,61	0,81	7,15	5379,48
182	Eixo E-F-236.5	119,52	32045	230,80	244,43	245,26	0,83	6,68	5350,72
181		124,95	31925	230,22	244,79	245,85	1,06	4,10	5548,13
180		200,00	31800	229,52	243,92	244,88	0,96	5,37	5415,57
179		200,00	31600	228,05	242,95	243,85	0,90	5,85	5396,98

PERFIL					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		
178		200,00	31400	227,07	240,57	241,33	0,76	8,12	5367,29
177		200,00	31200	226,11	238,18	238,97	0,79	9,49	5336,70
176		200,00	31000	225,08	237,20	237,86	0,66	5,82	5298,63
175		200,00	30800	224,17	235,88	236,58	0,70	6,04	5222,69
174		200,00	30600	222,92	235,60	236,32	0,72	4,91	5215,71
173		200,00	30400	221,20	233,28	233,95	0,67	7,26	5203,41
172		200,00	30200	219,53	231,17	231,84	0,67	7,77	5189,04
171		200,00	30000	218,34	230,61	231,28	0,67	6,34	5156,18
170		200,00	29800	217,38	230,12	230,76	0,64	5,82	5149,84
169		200,00	29600	216,40	227,66	228,25	0,59	7,89	5140,75
168		200,00	29400	215,45	227,91	228,50	0,59	5,32	5115,12
167		200,00	29200	214,49	225,49	226,04	0,55	8,31	5111,77
166		200,00	29000	213,57	225,60	226,26	0,66	3,16	5083,92
165		200,00	28800	211,64	222,81	223,30	0,49	7,18	5081,09
164		200,00	28600	209,82	220,57	221,07	0,50	7,92	5076,86
163		200,00	28400	208,48	220,72	221,30	0,58	4,56	5057,96
162		145,71	28200	208,10	217,87	218,31	0,44	7,99	5055,55
161	Eixo 3-207.216	34,64	28054	205,62	217,77	218,10	0,33	6,20	5033,14
160	Eixo 2-206.637	79,62	28020	205,27	217,10	217,58	0,48	8,30	5050,35
159	Eixo 1-206.637	140,00	27940	205,21	216,19	216,65	0,46	7,77	5048,81
158		177,76	27800	203,03	214,61	215,04	0,43	7,02	5034,27
157		202,23	27622	200,34	213,19	213,57	0,38	6,69	5008,70
156		220,02	27420	197,72	214,23	214,69	0,46	2,86	5003,75
155		200,01	27200	195,71	213,95	214,41	0,46	3,01	4999,06
154		200,01	27000	193,26	213,49	213,88	0,39	3,78	4995,48
153		200,01	26800	192,42	212,85	213,16	0,31	4,67	4992,70
152		200,01	26600	191,47	212,45	212,68	0,23	4,77	4968,50
151		200,01	26400	190,57	212,69	212,96	0,27	3,43	4967,94

PERFIL					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		
150		200,01	26200	189,62	212,52	212,78	0,26	3,45	4940,91
149		200,01	26000	189,57	212,63	212,91	0,28	2,62	4940,70
148		150,12	25800	189,51	212,62	212,90	0,28	2,34	4940,11
147		194,22	25650	188,69	212,52	212,79	0,27	2,58	4939,16
146		255,69	25456	187,83	212,37	212,63	0,26	2,86	4937,12
145		200,01	25200	187,16	212,49	212,76	0,27	1,95	4932,95
144		200,01	25000	186,15	212,42	212,69	0,27	2,08	4914,01
143		260,01	24800	186,02	212,43	212,71	0,28	1,84	4913,41
142		140,00	24540	184,92	212,52	212,80	0,28	0,98	4911,86
141		101,01	24400	184,31	212,50	212,78	0,28	1,08	4910,75
140	Barragem SFO-185.80	38,99	24299	183,27	212,48	212,76	0,28	1,25	4909,91
139,5	Barragem Salto Forqueta								
139		60,01	24260	183,27	199,84	200,34	0,50	2,79	4903,70
138		200,00	24200	183,56	198,82	199,31	0,49	5,25	4903,03
137		200,00	24000	181,60	198,51	198,99	0,48	4,75	4900,38
136		200,00	23800	181,47	196,60	196,99	0,39	6,96	4892,93
135		200,00	23600	181,32	196,23	196,62	0,39	6,04	4892,58
134		216,10	23400	181,17	195,67	196,04	0,37	5,74	4892,07
133		199,44	23184	181,02	193,69	193,93	0,24	6,77	4885,65
132		184,44	22984	180,90	192,92	193,28	0,36	5,74	4874,20
131		200,00	22800	180,63	192,93	193,33	0,40	3,85	4871,59
130		200,00	22600	179,19	191,83	192,26	0,43	4,92	4868,84
129		200,00	22400	176,54	190,83	191,21	0,38	5,42	4861,72
128		200,00	22200	175,15	189,92	190,25	0,33	5,86	4861,23
127		162,48	22000	174,37	189,63	189,98	0,35	5,15	4860,35
126	Batimetria 1-177.20	237,50	21838	176,14	187,44	187,76	0,32	8,28	4859,38
125		236,95	21600	170,72	185,84	186,19	0,35	6,12	4847,66
124	B-08-170.58	115,62	21363	169,13	185,14	185,54	0,40	5,46	4845,52

PERFIL					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		
123		143,97	21247	168,79	185,48	185,90	0,42	4,07	4844,45
122	Batimetria 2-172.8	20,89	21103	170,50	183,61	184,04	0,43	6,69	4838,29
121	Batimetria 3-171.55	69,06	21083	170,62	183,84	184,21	0,37	6,17	4838,27
120	Batimetria 4-172.46	47,79	21014	170,49	183,03	183,45	0,42	6,71	4838,13
119	Batimetria 5-170.72	163,28	20966	170,05	182,54	182,92	0,38	7,37	4840,78
118	Batimetria 6-169.28	285,72	20802	168,73	180,49	180,88	0,39	8,79	4837,95
117	B-07-166.61	116,76	20517	164,01	178,91	179,22	0,31	7,44	4837,38
116		200,00	20400	164,29	177,11	177,44	0,33	8,67	4836,99
115		227,00	20200	164,03	177,17	177,48	0,31	5,99	4827,48
114	B-06-164.35	82,84	19973	163,31	177,09	177,42	0,33	4,76	4826,96
113	Batimetria 7 e Ponte-168.98	90,14	19890	163,34	176,32	176,71	0,39	5,44	4826,47
112		200,00	19800	162,93	176,09	176,47	0,38	4,78	4825,77
111		224,05	19600	160,79	175,31	175,73	0,42	4,96	4819,64
110	B-05-159.89	175,92	19376	158,59	174,42	174,83	0,41	5,35	4819,09
109		200,00	19200	157,85	171,95	172,28	0,33	7,91	4814,29
108		200,00	19000	157,07	172,26	172,63	0,37	5,71	4813,50
107		217,50	18800	156,22	172,34	172,73	0,39	4,45	4812,71
106	B-04-153.73	182,48	18583	155,75	169,84	170,13	0,29	7,39	4802,52
105		200,00	18400	155,23	170,18	170,51	0,33	5,34	4802,15
104		200,00	18200	154,94	169,38	169,69	0,31	5,76	4801,87
103		247,30	18000	154,65	169,39	169,79	0,40	3,65	4794,74
102	B-03-154.32	152,68	17753	153,02	169,36	169,75	0,39	2,95	4797,31
101		200,00	17600	151,90	167,36	167,69	0,33	6,50	4794,72
100		200,00	17400	151,43	166,17	166,46	0,29	6,89	4790,91
99		117,00	17200	151,14	166,02	166,31	0,29	5,54	4790,42
98	B-02-154.686	83,00	17083	153,11	165,22	165,52	0,30	6,15	4785,81
97		178,60	17000	151,83	164,94	165,25	0,31	5,95	4785,60
96	B07-153.47	221,40	16821	152,53	165,09	165,43	0,34	4,49	4785,10
95		200,00	16600	148,77	163,66	164,00	0,34	5,25	4784,19

PERFIL					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		
94		200,00	16400	147,49	162,17	162,46	0,29	6,56	4780,33
93		200,00	16200	147,09	162,01	162,30	0,29	5,58	4775,67
92		200,00	16000	146,74	162,27	162,60	0,33	3,95	4778,91
91		211,00	15800	146,54	161,38	161,69	0,31	4,97	4778,08
90	B06-147.82	249,00	15589	146,76	159,36	159,63	0,27	6,87	4775,50
89		170,40	15340	144,44	160,20	160,53	0,33	3,23	4774,49
88		245,60	15170	144,10	158,34	158,60	0,26	6,15	4773,93
87	B05-144.82	123,99	14924	144,00	155,09	155,35	0,26	8,46	4772,88
86		200,00	14800	142,24	153,62	153,89	0,27	8,84	4772,84
85		200,00	14600	139,34	152,83	153,10	0,27	5,65	4771,12
84		213,20	14400	137,33	150,20	150,43	0,23	7,80	4768,34
83	B04-136.982	186,76	14187	135,85	147,42	147,67	0,25	8,44	4770,66
82		200,00	14000	135,28	148,00	148,27	0,27	5,54	4764,54
81		200,00	13800	132,92	148,24	148,54	0,30	3,84	4764,34
80		102,99	13600	132,61	147,39	147,68	0,29	4,81	4764,19
79	B03-133.985	97,00	13497	132,33	147,08	147,37	0,29	4,79	4764,00
78		200,00	13400	132,28	146,96	147,26	0,30	4,53	4763,83
77		200,00	13200	131,79	145,89	146,14	0,25	5,58	4763,51
76		256,56	13000	131,02	144,91	145,14	0,23	5,43	4763,11
75	B02-131.865	143,49	12744	131,34	141,69	141,88	0,19	7,24	4762,04
74		200,00	12600	130,05	141,35	141,60	0,25	5,80	4756,49
73		200,00	12400	129,23	141,71	141,97	0,26	3,50	4758,42
72		176,36	12200	127,92	140,99	141,22	0,23	4,36	4756,30
71	B01-128.412	223,65	12024	127,03	139,47	139,66	0,19	6,13	4753,97
70		200,00	11800	126,91	139,74	139,95	0,21	4,26	4755,48
69		200,00	11600	126,66	138,55	138,72	0,17	5,70	4753,97
68		243,25	11400	126,44	138,52	138,71	0,19	4,61	4753,74
67	SB05-128.492	44,74	11157	127,82	136,82	136,99	0,17	6,08	4752,10
66	SB04-128.147	37,00	11112	127,45	136,37	136,55	0,18	6,38	4752,06

PERFIL					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		
65	SB03-128.098	29,29	11075	126,75	136,13	136,32	0,19	6,32	4752,01
64	SB02-128.033	41,30	11046	126,70	136,40	136,60	0,20	5,34	4751,96
63	SB01-128.03	204,40	11005	126,49	136,09	136,29	0,20	5,60	4751,84
62		200,00	10800	122,42	135,39	135,60	0,21	4,88	4751,44
61		200,00	10600	121,67	134,23	134,41	0,18	5,49	4750,89
60		200,00	10400	121,39	133,98	134,16	0,18	5,00	4750,09
59		176,96	10200	121,10	131,94	132,16	0,22	4,82	4750,70
58		223,00	10023	120,25	131,59	131,82	0,23	4,52	4749,40
57		200,00	9800	117,75	128,85	129,04	0,19	7,77	4747,67
56		200,00	9600	117,35	129,24	129,44	0,20	4,95	4747,46
55		200,00	9400	116,32	126,54	126,74	0,20	8,05	4746,88
54		200,00	9200	113,05	124,19	124,40	0,21	8,15	4746,72
53		200,00	9000	111,87	123,79	124,00	0,21	6,64	4745,45
52		200,00	8800	111,62	123,56	123,77	0,21	5,59	4743,24
51		235,85	8600	111,38	123,35	123,57	0,22	5,04	4743,13
50		164,16	8364	111,11	122,93	123,16	0,23	4,23	4742,66
49		200,00	8200	110,57	121,33	121,55	0,22	6,27	4740,72
48		200,00	8000	108,38	121,00	121,24	0,24	4,86	4740,36
47		200,00	7800	107,69	120,22	120,46	0,24	5,06	4737,90
46		200,00	7600	107,30	119,84	120,09	0,25	4,85	4737,60
45		200,00	7400	106,74	119,53	119,78	0,25	4,60	4737,26
44		200,00	7200	104,81	118,57	118,80	0,23	5,56	4736,91
43		200,00	7000	104,14	117,33	117,56	0,23	5,83	4735,77
42		200,00	6800	103,70	115,75	115,93	0,18	7,18	4734,11
41		200,00	6600	103,34	115,73	115,92	0,19	5,86	4734,04
40		35,95	6400	102,90	115,23	115,54	0,31	4,92	4733,68
39	S05-104.09	26,72	6364	102,47	114,73	114,93	0,20	5,80	4733,56
38	S04-104.05	40,33	6337	103,35	115,14	115,35	0,21	4,87	4733,52
37	S03-103.20	28,52	6297	102,42	115,11	115,32	0,21	4,75	4733,46

PERFIL					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		
36	S02-102.11	28,49	6269	101,44	115,08	115,29	0,21	4,69	4733,43
35	S01-101.9	27,75	6240	100,65	114,96	115,16	0,20	4,84	4733,39
34	S01A-101.88	25,45	6212	100,10	114,67	114,87	0,20	5,29	4733,35
33	S01B-101.82	186,76	6187	99,98	114,52	114,72	0,20	5,43	4733,31
32		200,00	6000	100,12	113,60	113,77	0,17	5,99	4732,12
31		215,70	5800	99,65	113,05	113,27	0,22	4,74	4730,18
30	S04-100.413	184,32	5584	99,23	112,45	112,68	0,23	4,94	4729,86
29		123,75	5400	98,77	111,23	111,41	0,18	6,14	4725,44
28	Seção 01-100.615	170,24	5276	98,70	111,29	111,50	0,21	5,20	4725,37
27	Seção 02-100.211	147,84	5106	97,94	111,32	111,56	0,24	3,90	4726,93
26	Seção 03-98.345	158,16	4958	96,38	111,30	111,53	0,23	3,41	4726,51
25		140,49	4800	96,00	110,60	110,83	0,23	3,66	4725,27
24	S03-96.802	259,56	4660	95,71	109,38	109,60	0,22	4,47	4725,24
23		200,00	4400	95,12	108,46	108,68	0,22	3,18	4723,77
22		342,37	4200	94,69	106,94	107,12	0,18	5,22	4723,50
21	Seção 04-95.17	92,80	3858	93,80	104,57	104,84	0,27	6,29	4720,21
20	S02-96.785	164,88	3765	93,67	104,79	105,06	0,27	4,97	4720,11
19		200,00	3600	92,80	102,84	102,93	0,09	6,77	4720,06
18		268,80	3400	91,83	102,71	102,91	0,20	4,62	4718,54
17		191,24	3131	91,24	101,59	101,77	0,18	5,23	4718,24
16	S01-91.24	140,01	2940	90,34	99,58	99,75	0,17	7,50	4716,60
15		200,00	2800	88,93	100,36	100,56	0,20	4,26	4714,44
14		200,00	2600	88,47	100,03	100,23	0,20	4,21	4714,17
13		200,00	2400	88,02	99,48	99,68	0,20	4,56	4712,18
12		187,36	2200	87,75	99,05	99,25	0,20	4,41	4712,05
11	S00-88,177	212,65	2013	87,74	98,28	98,48	0,20	5,03	4711,82
10		200,00	1800	85,65	97,64	97,83	0,19	5,15	4710,31
9		200,00	1600	84,65	96,94	97,13	0,19	4,99	4708,42
8		200,00	1400	84,34	96,02	96,18	0,16	5,71	4706,30

PERFIL					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	$\Delta$		
7		200,00	1200	84,03	95,43	95,63	0,20	5,44	4703,80
6		228,65	1000	83,66	94,98	95,21	0,23	4,56	4703,54
5		255,72	771	83,26	94,08	94,31	0,23	4,23	4702,71
4		115,62	516	82,12	93,64	93,84	0,20	3,54	4702,29
3		200,00	400	81,33	93,16	93,35	0,19	4,32	4702,18
2		200,00	200	80,31	90,84	91,01	0,17	7,36	4701,98
1		0,00	0	79,01	90,38	90,57	0,19	6,05	4701,80

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

## 5.6 Limite Físico a Jusante da PCH Rastro de Auto

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da PCH Rastro de Auto até 25 km a jusante da PCH Salto Forqueta, compreendendo cerca de 32,20 km. Este trecho compreende:

- limite máximo de 25 km - Volume Reservatório entre 3 - 50 hm<sup>3</sup>, de acordo ANA.
- Passagem pela usina de jusante, PCH Salto Forqueta, de acordo com ANEEL.
- Amortecimento da onda, abaixo da altura incremental de 30 cm, de acordo com FEMA.

## 5.7 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

As benfeitoras e edificações foram identificadas pelo *Google Earth/Restituição*, sendo percorridas todas as propriedades para avaliação e uso atual, e avaliadas de acordo com o mapa de inundação.

Tabela 38 – Localização das Seções de Interesse (Área de Influência)

Local	Descrição	Distância da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Margem do Rio	Coordenadas	
				Latitude	Longitude
0	BARRAGEM PCH SFQ	0	-	29° 4'46.94"S	52° 12'34.11"W
1	CASA DE M. PCH SFQ	2.900	ESQUERDA	29° 5'1.28"S	52° 12'30.80"W
2	PROPRIEDADE 01	3.174	ESQUERDA	29° 5'7.46"S	52° 12'20.20"W
3	PROPRIEDADE 02	3.215	ESQUERDA	29° 5'8.65"S	52° 12'20.83"W
4	PROPRIEDADE 03	3.234	ESQUERDA	29° 5'10.89"S	52° 12'19.73"W
5	PROPRIEDADE 04	3.280	ESQUERDA	29° 5'11.70"S	52° 12'21.49"W
6	PROPRIEDADE 05	3.306	ESQUERDA	29° 5'12.74"S	52° 12'21.13"W
7	PROPRIEDADE 06 (Não existe mais)	4.350	DIREITA	29° 5'38.98"S	52° 12'46.42"W
8	PONTE RIO FORQUETA	4.403	-	29° 5'40.67"S	52° 12'44.10"W
9	LIMITE ZAS	10.055	-	29° 6'55.28"S	52° 11'46.47"W
10	PROPRIEDADE 07 (Não existe mais)	17.944	DIREITA	29° 9'20.47"S	52° 11'12.24"W
11	PROPRIEDADE 08	20.215	DIREITA	29° 9'52.25"S	52° 10'26.73"W
12	PROPRIEDADE 09 (Não existe mais)	21.700	DIREITA	29° 10'27.89"S	52° 10'4.32"W
13	PROPRIEDADE 10	22.786	DIREITA	29° 10'56.51"S	52° 10'22.65"W
14	PROPRIEDADE 11	23.065	DIREITA	29° 11'5.65"S	52° 10'30.13"W
15	PROPRIEDADE 12	23.179	DIREITA	29° 11'6.60"S	52° 10'34.45"W
16	PROPRIEDADE 13	23.257	DIREITA	29° 11'9.87"S	52° 10'35.52"W
17	PROPRIEDADE 14 (Não existe mais)	23.287	DIREITA	29° 11'10.39"S	52° 10'34.83"W
18	PROPRIEDADE 15	23.545	ESQUERDA	29° 11'16.57"S	52° 10'30.43"W
19	PROPRIEDADE 16	23.820	ESQUERDA	29° 11'15.21"S	52° 10'22.86"W
20	LIMITE ZSS	23.977	-	29° 11'20.84"S	52° 10'10.68"W

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

Tabela 39 – Localização das Seções de Interesse / Tipo de Edificação e Situação Atual

Local	Descrição	Localidade/ Município	Tipo de Edificação / Situação Atual (2025)	Numero de pessoas
0	BARRAGEM *PCH SFQ	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Concreto Convencional	-
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Concreto Armado	<b>Somente durante turno comercial</b>
2	PROPRIEDADE 01	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Madeira	<b>Residem 03 pessoas - 1 família</b>
3	PROPRIEDADE 02	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Madeira	<b>Uso Eventual de pessoas acampamento / Casa Verde</b>
4	PROPRIEDADE 03	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Madeira	<b>Galpão de Guardar materiais / Garagem</b>
5	PROPRIEDADE 04	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Mista Alvenaria e Madeira	<b>Boteco Uso eventual de pessoas / Bar e Restaurante</b>
6	PROPRIEDADE 05	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Mista Alvenaria e Madeira	<b>Uma Pessoa</b>
7	PROPRIEDADE 06 (NÃO EXISTE MAIS)	Linha Tigre - Pouso Novo - RS	Não existe mais a Edificação	-
8	PONTE RIO FORQUETA	-	-	-
9	LIMITE ZAS	-	-	-
10	PROPRIEDADE 07 (NÃO EXISTE MAIS)	Linha Arroio Leite - Pouso Novo - RS	Não existe mais a Edificação	-
11	PROPRIEDADE 08	Linha Forqueta Alta - Pouso Novo - RS	Não existe mais a Edificação- Mas foi levantada a Casa do morador com 02 pessoas residentes	<b>Uma família - 2 Pessoas</b>
12	PROPRIEDADE 09 (NÃO EXISTE MAIS)	Linha Forqueta Alta - Pouso Novo - RS	Não existe edificação / trata-se de um local de armazenamento de silagem	-
13	PROPRIEDADE 10	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Edificação de Uso - lazer de finais de semana	<b>Não há Uso permanente de pessoas</b>
14	PROPRIEDADE 11	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Edificação mista de Alvenaria e Madeira. Já foi atingida na enchente	<b>Residem 03 famílias - 3 Pessoas no total / Aviario</b>
15	PROPRIEDADE 12	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Edificação já atingida na enchente de 2024	<b>Residem 03 pessoas - 1 família / Casa Amarela</b>
16	PROPRIEDADE 13	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Salão comunitário	<b>Uso Eventualmente</b>
17	PROPRIEDADE 14 (NÃO EXISTE MAIS)	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Era um colégio velho e foi demolido pela Prefeitura	-
18	PROPRIEDADE 15	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Local de lazer de finais de semana	<b>Somente finais de Semana</b>
19	PROPRIEDADE 16	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Edificação mista de alvenaria e madeira Já foi atingida na enchente	<b>Residem 02 pessoas - 1 família</b>
20	LIMITE ZSS	-	-	-

\*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

\*PCH RDA – PCH RASTRO DE AUTO

\*Não existe mais = não existe mais edificação

Informamos que não existem moradores ou edificações de terceiros no trecho entre a barragem da PCH Rastro de Auto e a barragem da PCH Salto Forqueta.

Considerando o momento da ruptura descritos e/ou condição natural de cheia, serão apresentados os tempos da onda das seções onde foram detectadas benfeitorias e/ou edificações em risco, listadas na Tabela 38 e Tabela 39.

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

Na sequência estão descritos os resultados em todas as seções de interesse definidas, com a figura do local, 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.

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, 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.

### 5.7.1 Casa de Força PCH Rastro de Auto

A Casa de Força da PCH Rastro de Auto (Figura 31), identificada pela seção SL-159, está localizada cerca de 4,26 km da barragem PCH Rastro de Auto.



Figura 31 – Casa de Força da PCH Rastro de Auto

Tabela 40 – Detalhe das simulações – Casa de Força PCH Rastro de Auto

Descrição	Casa de Força Rastro de Auto		
	10.000 ANOS	1.000 ANOS	QTURB
NA Máx Natural (m)	216,19	214,88	207,14
NA Máx Rompimento (m)	216,62	215,47	210,49
Máxima Onda (H)	0,43	0,59	3,35
Tempo Chegada da Onda (hh:mm)	23:25	0:25	23:15
Tempo Pico da Onda (hh:mm)	23:30	0:25	23:25
Tempo Fim da Onda (hh:mm)	23:35	0:35	0:15
Critério onda (m)	0,3	0,3	0,3
Instante Ruptura	23:20	00:15	23:00

Duração	0:10	0:10	1:00
$\Delta$ Início Onda	0:05	0:10	0:15
$\Delta$ Pico Onda	0:10	0:10	0:25

### 5.7.2 Barragem Salto Forqueta

A Barragem PCH Salto Forqueta, identificada pela seção SL-140, está localizada cerca de 7,90 km da barragem PCH Rastro de Auto respectivamente.

Importante ressaltar que atualmente a barragem foi recuperada devido enchentes de 2024 e já foram consideradas novo vertedouro e cotas de proteção.

Tabela 41 – Detalhe das simulações – Barragem Salto Forqueta – SL-140

Descrição	Barragem Salto Forqueta		
	10.000 ANOS	1.000 ANOS	QTURB
NA Máx Natural (m)	212,48	211,52	206,97
NA Máx Rompimento (m)	212,75	211,82	208,08
Máxima Onda (H)	0,27	0,30	1,11
Tempo Chegada da Onda (hh:mm)	#N/D	0:30	23:25
Tempo Pico da Onda (hh:mm)	23:35	0:30	23:30
Tempo Fim da Onda (hh:mm)	#N/D	0:35	0:20
Critério onda (m)	0,3	0,3	0,3
Instante Ruptura	23:20	00:15	23:00
Duração	#N/D	0:05	0:55
$\Delta$ Início Onda	#N/D	0:15	0:25
$\Delta$ Pico Onda	0:15	0:15	0:30

\*N/D – Não atinge a condição de inundação incremental

### 5.7.3 Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta

A Casa de Máquinas está a jusante da Barragem PCH Salto Forqueta, que está localizada cerca de 2,90 km da barragem.



Figura 32 – Mancha de inundação – dam break - Casa de Máquinas PCH Salto Forqueta

Tabela 42 – Detalhe das simulações – Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – CASA DE MÁQUINAS PCH SALTO FORQUETA								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	190,55	173,26	176,19	177,21	1,02	00:00	00:13	02:40
10 anos			181,71	183,32	1,61	00:00	00:13	02:50
100 anos			184,71	186,22	1,51	00:00	00:13	02:20
1000 anos			185,95	187,35	1,40	00:00	00:13	02:15
10000 anos			187,10	187,50	0,40	00:00	00:13	02:15

#### 5.7.4 Propriedades 01 a 05

As propriedades 01 a 05 estão próximas e a jusante do barramento e localizadas conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 33).

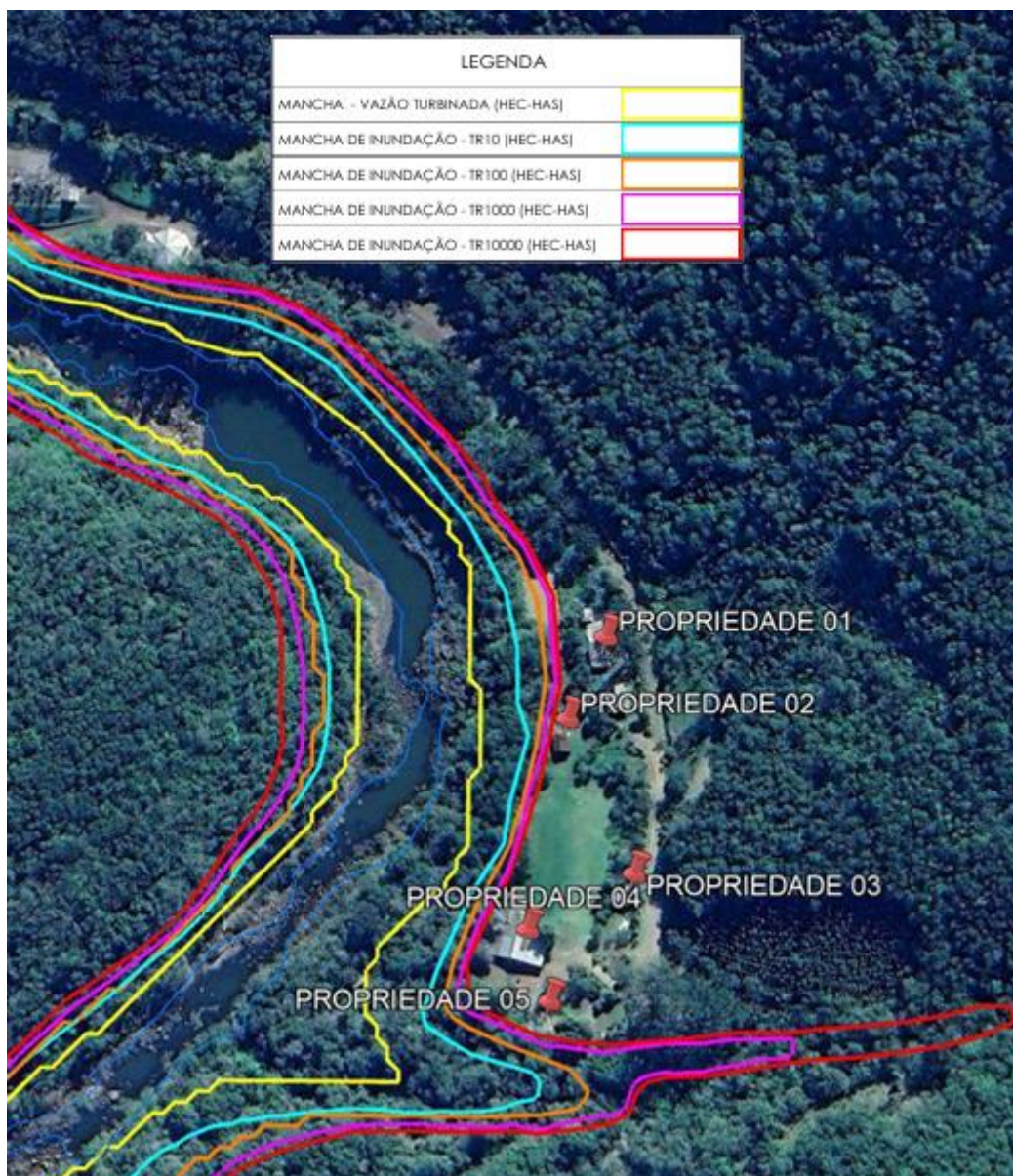


Figura 33 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 01 a 05

Tabela 43 – Detalhe das simulações – Propriedade 01

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 01								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	192,00	172,80	176,08	177,03	0,95	00:00	00:13	02:40
10 anos			181,23	182,66	1,43	00:00	00:14	02:50
100 anos			183,27	185,97	2,70	00:00	00:14	02:20
1000 anos			185,93	187,21	1,28	00:00	00:14	02:15
10000 anos			186,94	187,49	0,55	00:00	00:14	02:15

Tabela 44 – Detalhe das simulações – Propriedade 02

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 02								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	188,60	172,00	176,07	177,02	0,95	00:00	00:14	02:40
10 anos			181,10	182,64	1,54	00:00	00:14	02:50
100 anos			183,38	185,66	2,28	00:00	00:14	02:20
1000 anos			185,91	187,18	1,27	00:00	00:14	02:15
10000 anos			186,77	187,41	0,64	00:00	00:14	02:15

Tabela 45 – Detalhe das simulações – Propriedade 03

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 03								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	190,71	171,55	176,06	176,99	0,93	00:00	00:14	02:40
10 anos			180,93	182,60	1,67	00:00	00:14	02:50
100 anos			183,03	185,64	2,61	00:00	00:14	02:20
1000 anos			185,83	187,13	1,30	00:00	00:14	02:15
10000 anos			186,68	187,38	0,70	00:00	00:14	02:15

Tabela 46 – Detalhe das simulações – Propriedade 04

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 04								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	187,41	171,00	176,05	176,97	0,92	00:00	00:14	02:40
10 anos			180,62	182,57	1,95	00:00	00:14	02:50
100 anos			183,09	185,63	2,54	00:00	00:14	02:20
1000 anos			185,52	187,05	1,53	00:00	00:14	02:15
10000 anos			186,51	187,35	0,84	00:00	00:14	02:15

Tabela 47 – Detalhe das simulações – Propriedade 05

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 05								
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)	
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia					Dam Break
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	190,21	170,72	176,04	176,96	0,92	00:00	00:14	02:40
10 anos			180,57	182,37	1,80	00:00	00:14	02:50
100 anos			183,05	185,25	2,20	00:00	00:14	02:20
1000 anos			185,46	186,98	1,52	00:00	00:14	02:15
10000 anos			186,47	187,32	0,85	00:00	00:14	02:15

### 5.7.5 Ponte Jusante e Propriedade 06 (não existe mais)

A ponte municipal a jusante da Barragem da PCH Salto Forqueta e a propriedade 06 (não existe mais) estão localizadas conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 34).

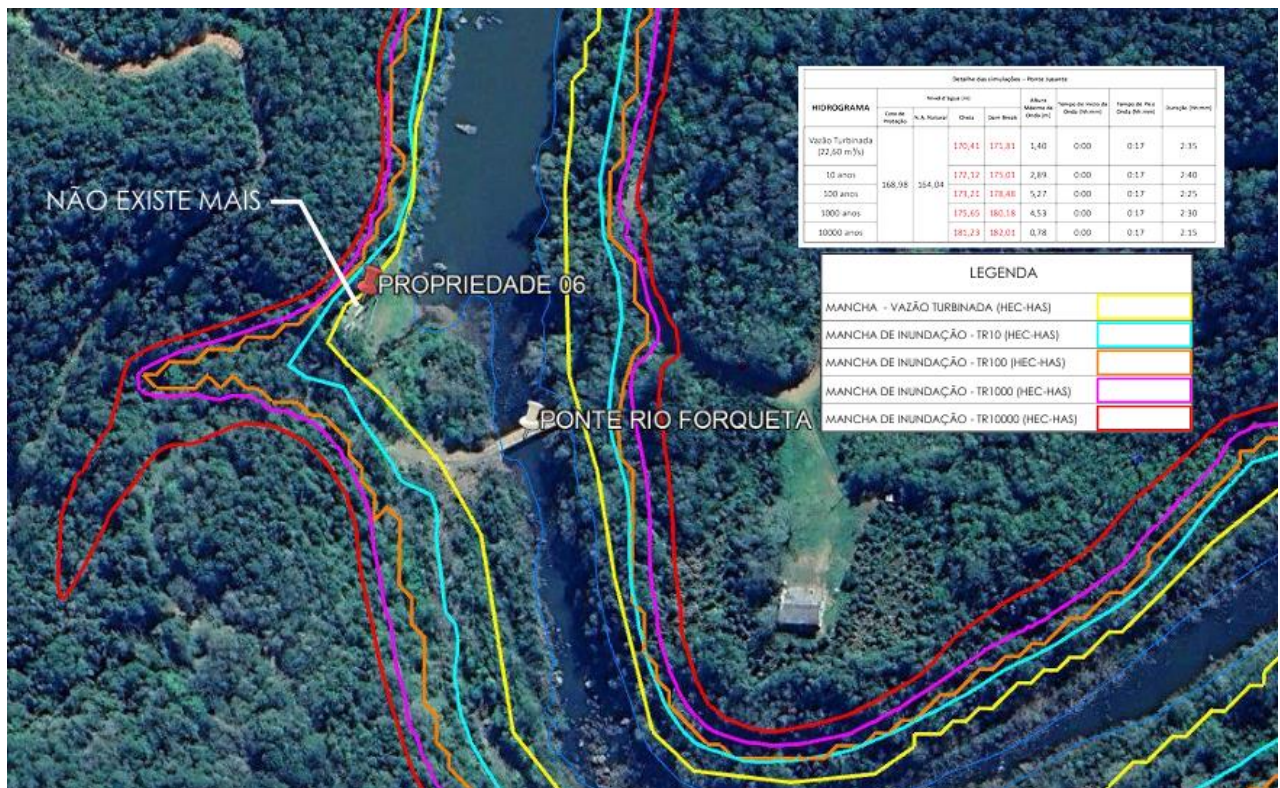


Figura 34 – Mancha de inundação – dam break - Ponte Jusante e Propriedade 06

### 5.7.6 Propriedade 07

A propriedade 07 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 35).

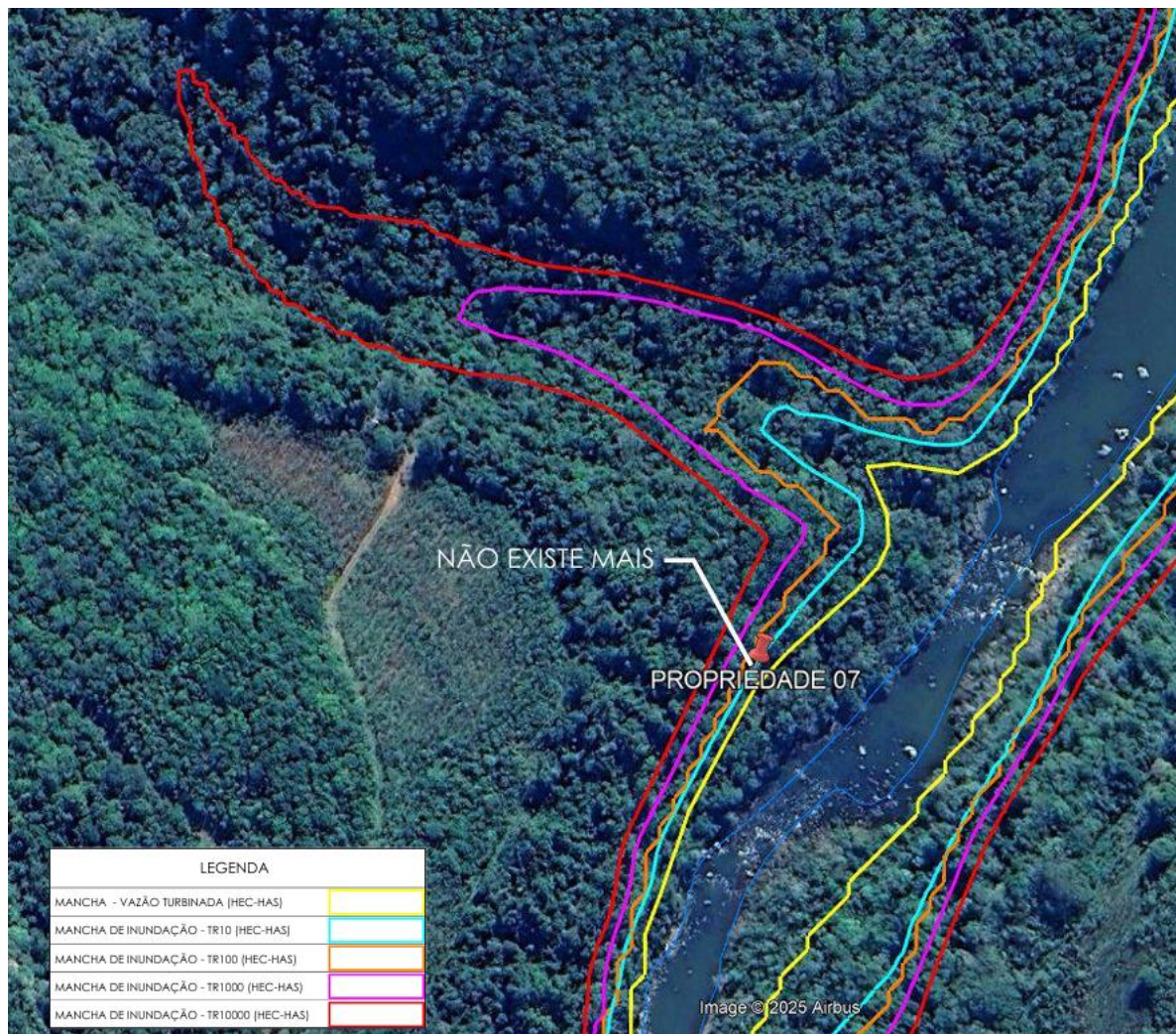


Figura 35 – Mancha de inundação – dam break - Propriedade 07 (não existe mais edificação)

### 5.7.7 Propriedade 08

A propriedade 08 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 36).

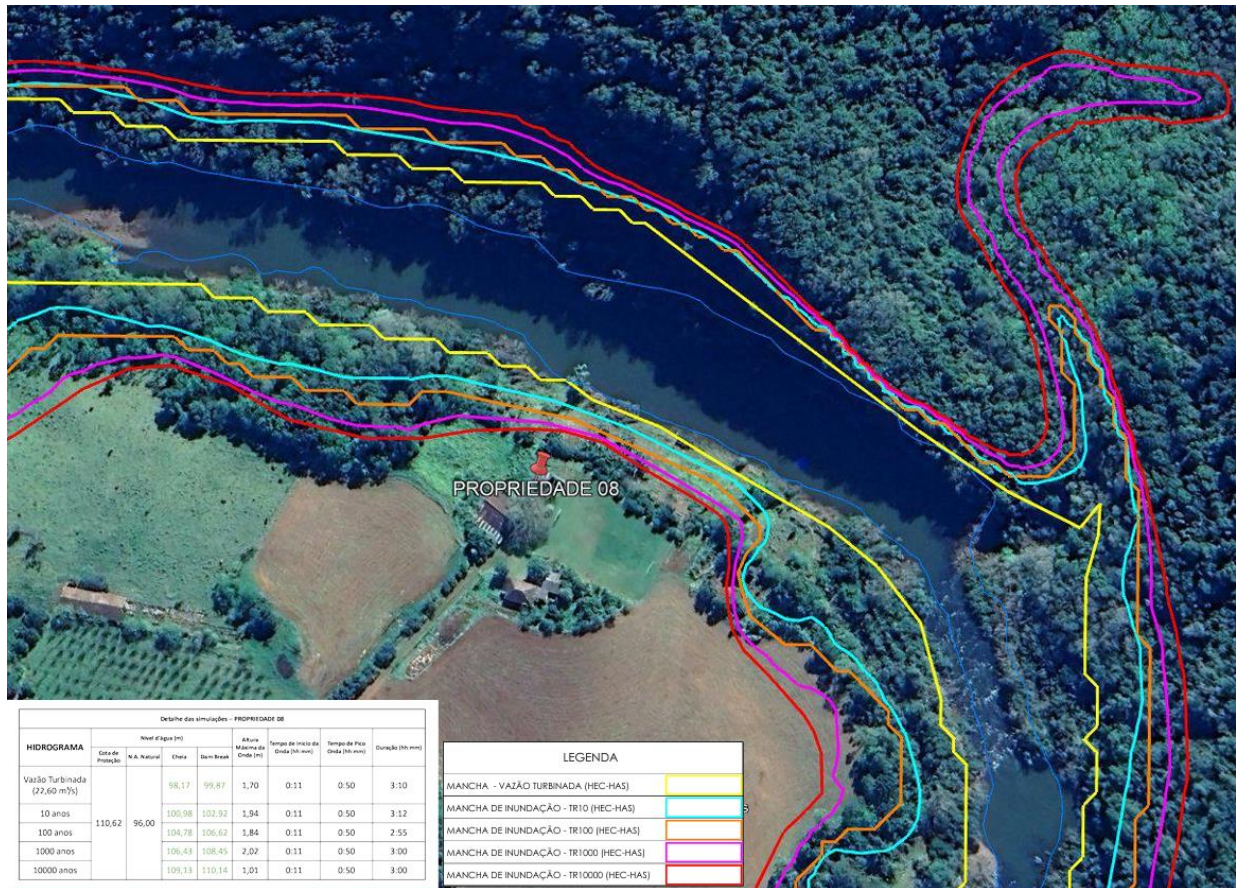


Figura 36 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 08

Tabela 48 – Detalhe das simulações – Propriedade 08

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 08								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	110,62	96,00	98,17	99,87	1,70	00:11	00:50	03:10
10 anos			100,98	102,92	1,94	00:11	00:50	03:12
100 anos			104,78	106,62	1,84	00:11	00:50	02:55
1000 anos			106,43	108,45	2,02	00:11	00:50	03:00
10000 anos			109,13	110,14	1,01	00:11	00:50	03:00

### 5.7.8 Propriedade 09 (não existe mais)

A propriedade 09 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 37).

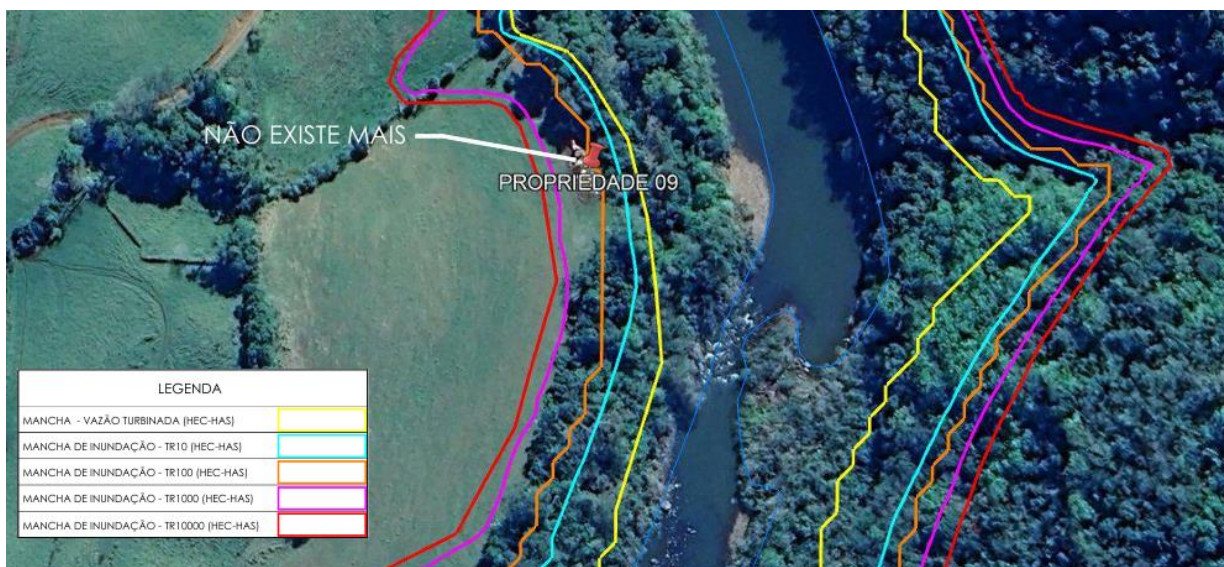


Figura 37 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 09 (não existe mais a edificação)

### 5.7.9 Propriedade 10

A propriedade 10 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 38).



Figura 38 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 10

Tabela 49 – Detalhe das simulações – Propriedade 10

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 10								
HIDROGRAMA	Cota de Proteção	Nível d'água (m)			Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico da Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
		N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	98,73	85,70	86,78	87,92	1,14	00:15	01:20	03:00
10 anos			91,40	92,74	1,34	00:15	01:25	03:15
100 anos			94,59	95,80	1,21	00:15	01:20	02:55
1000 anos			96,33	97,52	1,19	00:15	01:18	03:00
10000 anos			98,21	99,17	0,96	00:15	01:18	03:00

### 5.7.10 Propriedades 11 a 14

As propriedades 11 a 14 estão a jusante do barramento e localizadas conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 39).

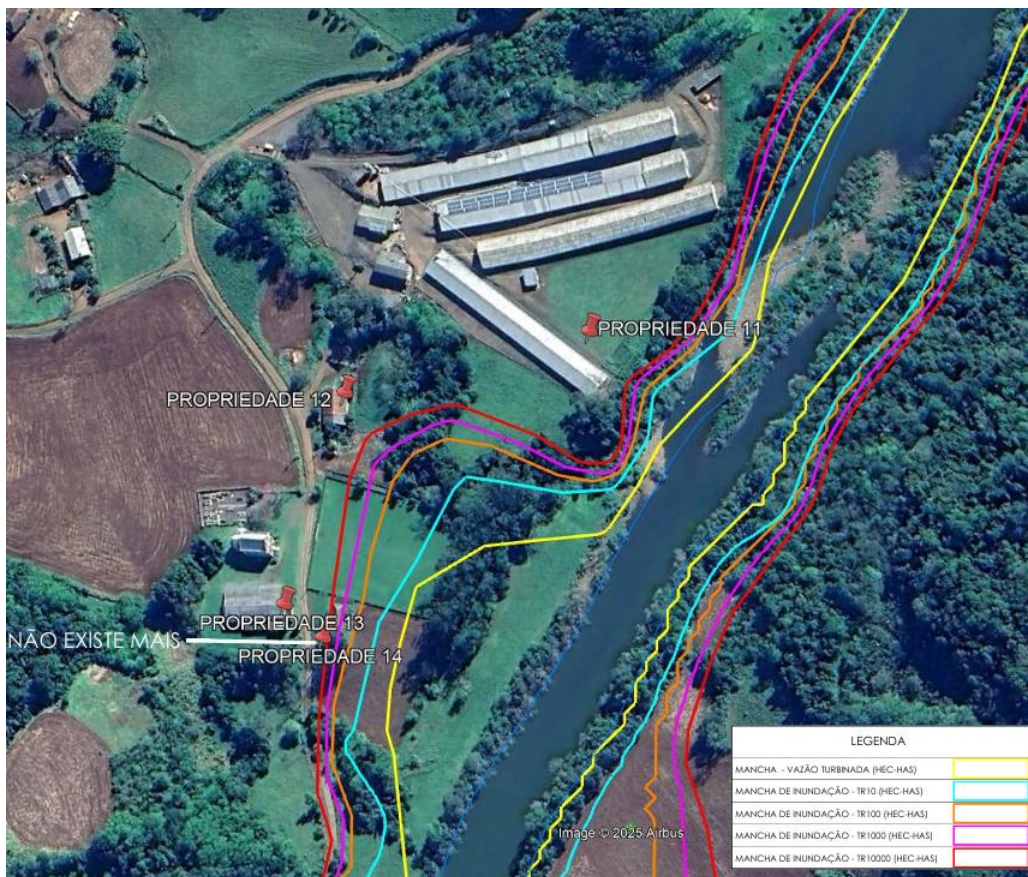


Figura 39 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 11 a 14

Tabela 50 – Detalhe das simulações – Propriedade 11

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 11								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	97,85	85,40	86,14	86,68	0,54	00:15	01:20	03:00
10 anos			91,37	91,90	0,53	00:15	01:25	03:15
100 anos			93,98	94,52	0,54	00:15	01:20	02:55
1000 anos			95,74	96,14	0,40	00:15	01:18	03:00
10000 anos			97,16	97,77	0,61	00:15	01:18	03:00

Tabela 51 – Detalhe das simulações – Propriedade 12

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 12								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	98,16	85,10	86,07	86,56	0,49	00:15	01:20	03:10
10 anos			90,94	91,59	0,65	00:15	01:25	03:15
100 anos			93,55	94,19	0,64	00:15	01:20	02:55
1000 anos			95,36	95,84	0,48	00:15	01:18	03:00
10000 anos			96,51	97,47	0,96	00:15	01:18	03:00

Tabela 52 – Detalhe das simulações – Propriedade 13

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 13								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	100,15	84,80	85,99	86,43	0,44	00:15	01:20	03:10
10 anos			90,78	91,16	0,38	00:15	01:25	03:15
100 anos			93,10	93,39	0,29	00:15	01:20	02:55
1000 anos			95,00	95,46	0,46	00:15	01:18	03:00
10000 anos			96,02	97,06	1,04	00:15	01:18	03:00

### 5.7.11 Propriedades 15 e 16

As propriedades 15 a 16 estão a jusante do barramento e localizadas conforme Tabela 38 e com mancha de inundação – dam break (Figura 40).

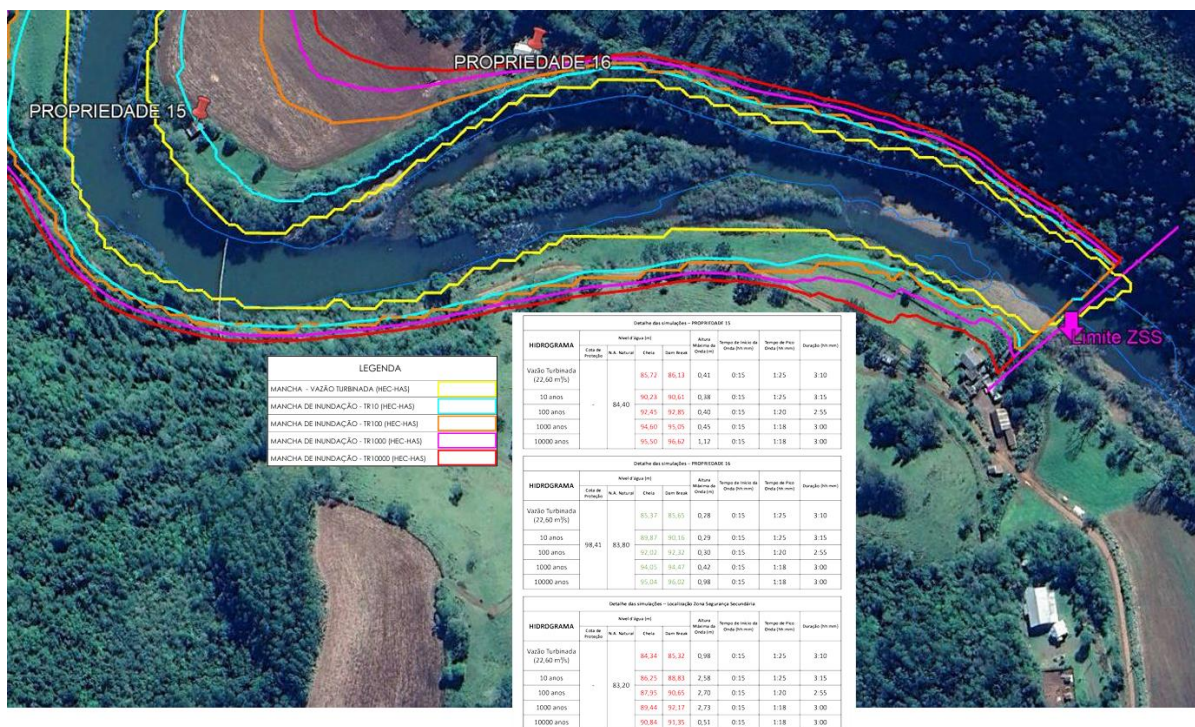


Figura 40 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 15 a 16

Tabela 53 – Detalhe das simulações – Propriedade 15

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 15								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	-	84,40	85,72	86,13	0,41	00:15	01:25	03:10
10 anos			90,23	90,61	0,38	00:15	01:25	03:15
100 anos			92,45	92,85	0,40	00:15	01:20	02:55
1000 anos			94,60	95,05	0,45	00:15	01:18	03:00
10000 anos			95,50	96,62	1,12	00:15	01:18	03:00

Tabela 54 – Detalhe das simulações – Propriedade 16

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 16								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	98,41	83,80	85,37	85,65	0,28	00:15	01:25	03:10
10 anos			89,87	90,16	0,29	00:15	01:25	03:15
100 anos			92,02	92,32	0,30	00:15	01:20	02:55
1000 anos			94,05	94,47	0,42	00:15	01:18	03:00
10000 anos			95,04	96,02	0,98	00:15	01:18	03:00

### 5.7.12 Limite Zona Segurança Secundária

A zona de segurança secundária sugerida está localizada conforme Tabela 38 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e com mancha de inundação – dam break (Figura 41).

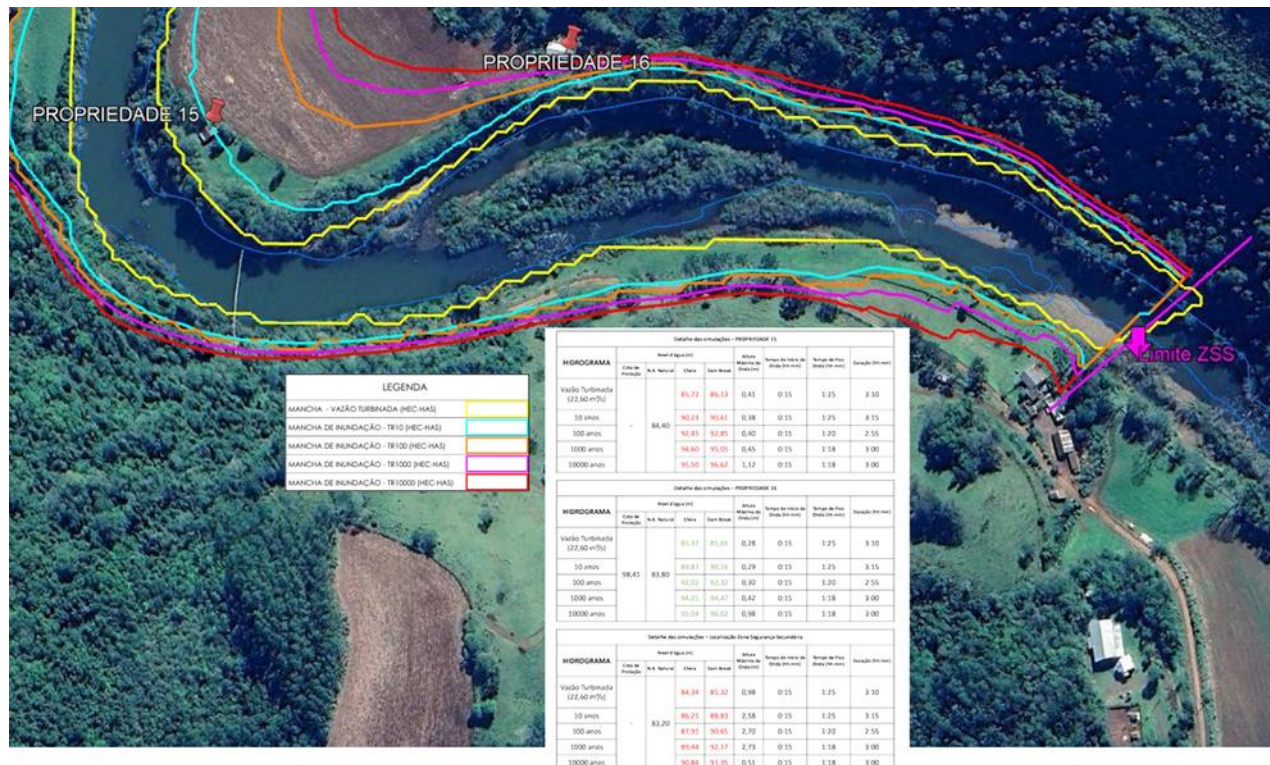


Figura 41 – Sugestão do local a ser definido como Zona Segurança Secundária

Tabela 55 – Detalhe das simulações – Localização Zona Segurança Secundária – ZSS

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – Localização Zona Segurança Secundária								
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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break				
Vazão Turbinada (22,60 m³/s)	-	83,20	84,34	85,32	0,98	00:15	01:25	03:10
10 anos	-		86,25	88,83	2,58	00:15	01:25	03:15
100 anos	-		87,95	90,65	2,70	00:15	01:20	02:55
1000 anos	-		89,44	92,17	2,73	00:15	01:18	03:00
10000 anos	-		90,84	91,35	0,51	00:15	01:18	03:00

## 5.8 Resumo Geral das Seções de Interesse

As Tabela 26 a Tabela 37 apresentam 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, TR 10, TR 100, TR 1.000 e TR 10.000 anos.

Os desenhos de referência estão no Anexo V com mapas que apresentam 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.

A Zona de Autossalmento (ZAS) foi definida como 10 km da Barragem da PCH Salto Forqueta, e a Zona de Segurança Secundária (ZSS) foi definida e está localizada a aproximadamente 24 km da barragem;

As simulações demonstraram que:

- Rompimento da barragem em dia de sol, considerando a vazão turbinada não atinge nenhuma edificação das propriedades identificadas e existentes;
- No relatório observamos que muitas casas que constam na imagem do google Earth já não existem mais, provavelmente foram demolidas e/ou abandonadas;
- Em condições de enchentes naturais, muitas edificações são atingidas sem que haja o rompimento da barragem.

Os desenhos contendo os mapa de inundação encontram-se no Anexo V.

## 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, **CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.**, centralizar a veiculação de informações.

### 6.1 Agentes Internos

#### SPE

**Nome do Empreendedor: CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.**

**PCH:** Rastro de Auto - PCH.PH.RS.030287-2

**CNPJ:** 109.73.187/0001-63

**Endereço:** Rua Pastor Hasenack, sala 2, Teutônia – RS Cep 95890-000

**Fone:** (51) 3762-5516 (Teutônia)

**Celular:** (51) 9796-0731 e Ramal 7007 (Rastro de Auto)

**Representantes Legais:** Diretor Presidente: Erineo José Hennemann

**Fone:** (51) 3762-5516

**E-mail:** [erineo@certel.com.br](mailto:erineo@certel.com.br)

**Responsável Técnico da Segurança da Barragem:** Eng. Civil Rodrigo da Cas

**CREA:** RS 212636

**Telefone:** (51) 3762-5555/(51) 99686-4120

**E-mail:** [rodrigo\\_cas@certel.com.br](mailto:rodrigo_cas@certel.com.br)

**Supervisor de Operação/Coordenador do PAE:** Silvio Fusiger

**Telefone:** (51) 99806-2364

### 6.2 Agentes Externos

Os agentes externos envolvidos são quatro municípios atingidos: Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo todas no estado do Rio Grande do Sul. As cidades mais próximas com recursos de Defesa Civil e Corpo de Bombeiros e CREPDEC 8 - Lajeado e Soledade no estado do Rio Grande do Sul. Também deverá ser comunicado o órgão ambiental do estado do RS - Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM.

### 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, **Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A**, centralizar a veiculação de informações. O Quadro 9 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 VIII – 2 – Agentes Externos.

Quadro 9 – Lista de contatos do PAE

PAE DA BARRAGEM RASTRO DE AUTO		
<b>EMPREENDEDOR</b>	Nome:	Pequena Central Rastro de Auto
	Identificador ANEEL:	PCHPHRS030287-2-01
	Empreendedor:	Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A
	Diretor Técnico:	Diretor Presidente: Erineo José Hennemann (51) 3762-5516 <a href="mailto:erineo@certel.com.br">erineo@certel.com.br</a>
	Responsável Tec. Seg. Barragem:	Eng. Civil Rodrigo da Cas - CREA/RS: 212636 (51) 3762-5555/(51) 99686-4120 <a href="mailto:rodrigo_cas@certel.com.br">rodrigo_cas@certel.com.br</a>
<b>COORDENADOR PAE</b>	Nome:	Supervisor Operação: Silvio Fusiger
	Contatos	(51) 99806-2364
<b>ELABORAÇÃO DO PAE</b>	Nome:	Prosenge Projetos e Engenharia LTDA
	Fone:	(48) 3206-8509
<b>ENCARREGADO ELABORAÇÃO PAE:</b>	Nome:	Eng. Civil Henrique Yabrudi Vieira CREA/PR: 61.964/D
	Contatos:	(49) 9 99124-0254 <a href="mailto:henrique@prosenge.com">henrique@prosenge.com</a>
<b>FISCALIZADORA</b>	Nome:	Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL
	Contatos:	(61) 2192-8758
<b>BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA</b>	Montante – Inexistente	Jusante - PCH Salto Forqueta
<b>AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL</b>	Defesa Civil - 199	Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel PM Luciano Chaves Boeira Fone: (51) 3210-4186 <a href="mailto:defesacivil-metropolitana@casamilitar.rs.gov.br">defesacivil-metropolitana@casamilitar.rs.gov.br</a>
		Municipal - Putinga/RS Nome do contato: Comissão Municipal da Defesa Civil Putinga Fone: (51) 3777-1200 e (51) 9221-2197
		Municipal - Marques de Souza/RS Nome do contato: Comissão Municipal da Defesa Civil Marques de Souza Fone: (51) 9625-8663
		Municipal - Soledade/RS Nome do contato: Luciano André Ongaratto Fone: 0800 000 4462
	Corpo De Bombeiros - 193	Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel Eduardo Estêvam Camargo Rodrigues Fone: (51) 98524-8172 <a href="mailto:cmtg@cbm.rs.gov.br">cmtg@cbm.rs.gov.br</a>

PAE DA BARRAGEM RASTRO DE AUTO			
		<p>CREPDEC 8 - Lajeado</p> <p>Nome do contato: Coronel Claiton Fernando Marmitt</p> <p>Fone: (55) 99923-7406 (51) 8211-7613</p> <p><a href="mailto:defesacivil-lajeado@casamilitar.rs.gov.br">defesacivil-lajeado@casamilitar.rs.gov.br</a></p>	
		<p>Municipal Soledade/RS</p> <p>Nome do contato: Marco Antonio Lins Simor</p> <p>Fone: (54) 3381-1331</p>	
	<p>Prefeituras municipais:</p>	<p>Putinga/RS</p> <p>Nome do contato: Prefeito Juliano Moretto</p> <p>Fone: (51) 3777-1200</p>	
		<p>São José do Herval/RS</p> <p>Nome do contato: Prefeito Jovani Bozetti</p> <p>Fone: (54) 3325-1100</p>	
		<p>Pouso Novo/RS</p> <p>Nome do contato: Prefeito Carlos Alberto Bonacina</p> <p>Fone: (51) 3775-1100</p>	
		<p>Coqueiro Baixo/RS</p> <p>Nome do contato: Prefeito Luciano André Ongaratto</p> <p>Fone: (51) 3612-1220</p>	
	<p><b>OUTRAS AGÊNCIAS</b></p>	<p>POLÍCIA MILITAR - 190</p>	
		<p>POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - 191</p>	
		<p>INMET</p>	<p>Nome do contato: Instituto nacional de meteorologia</p>
			<p>Fone: (61) 2102-4700</p>
<p>Comitê Taquari Antas, UCS</p>		<p>Fone: (54) 3218-2100 (UCS)</p>	
<p>FEPAM</p>	<p>Fone: (51) 3288-9403</p>		

## 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 soleira livre é a estrutura que controlará as cheias na PCH Rastro de Auto. 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 42 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 56 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 Rastro de Auto garante sua integridade e reduz drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.**

A Tabela 56 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 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:

#### 7.2.1.1 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.

#### 7.2.1.2 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 ou necessidade de instalação, 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.

#### 7.2.1.3 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.

### 7.2.2 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 10 anos conforme a classificação da barragem (Classe C).

### 7.2.3 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 nas inspeções e no relatório das inspeções.

O fluxograma de ações 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 42 e Item 9.

### PCH RASTRO DE AUTO - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO

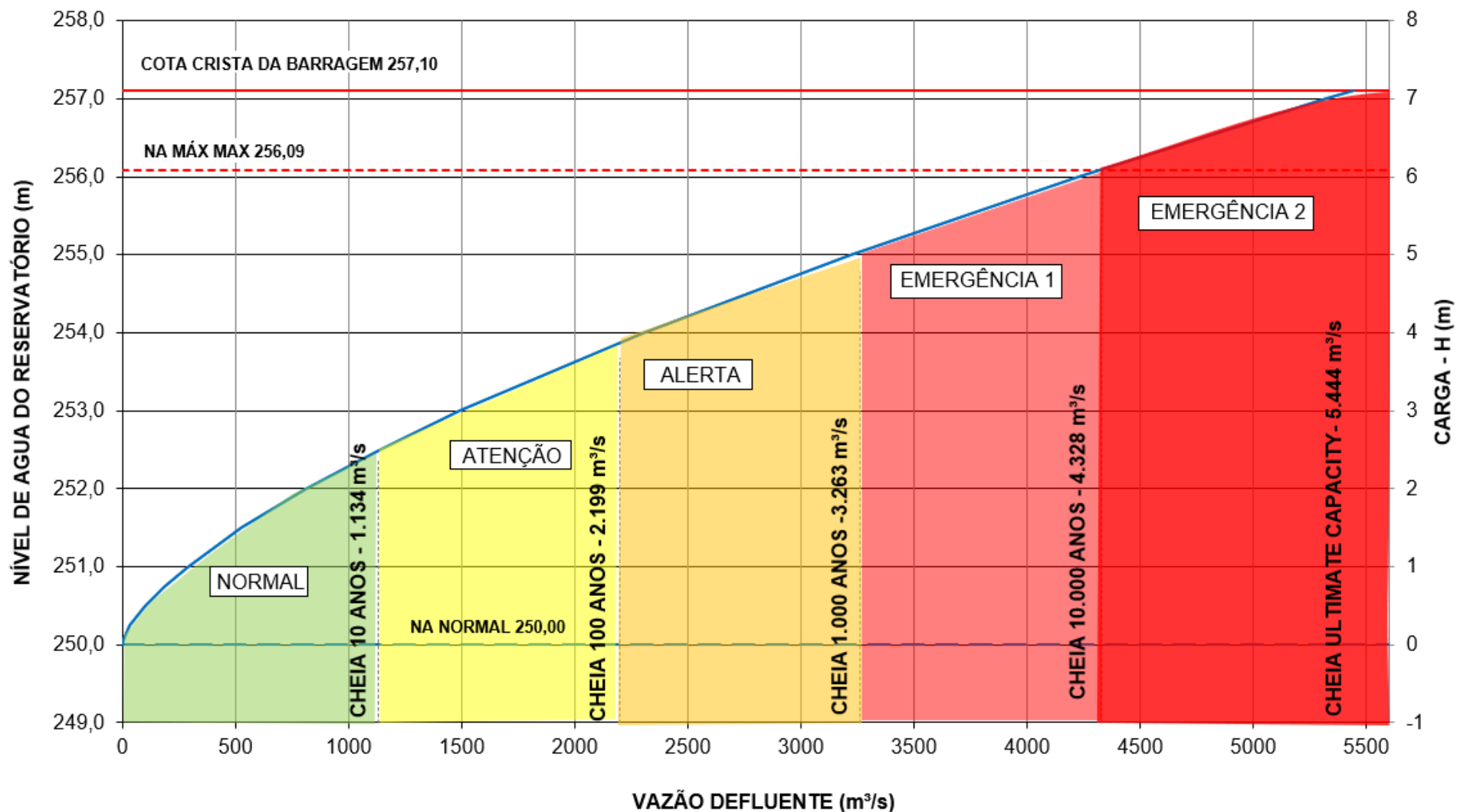


Figura 42 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 56 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

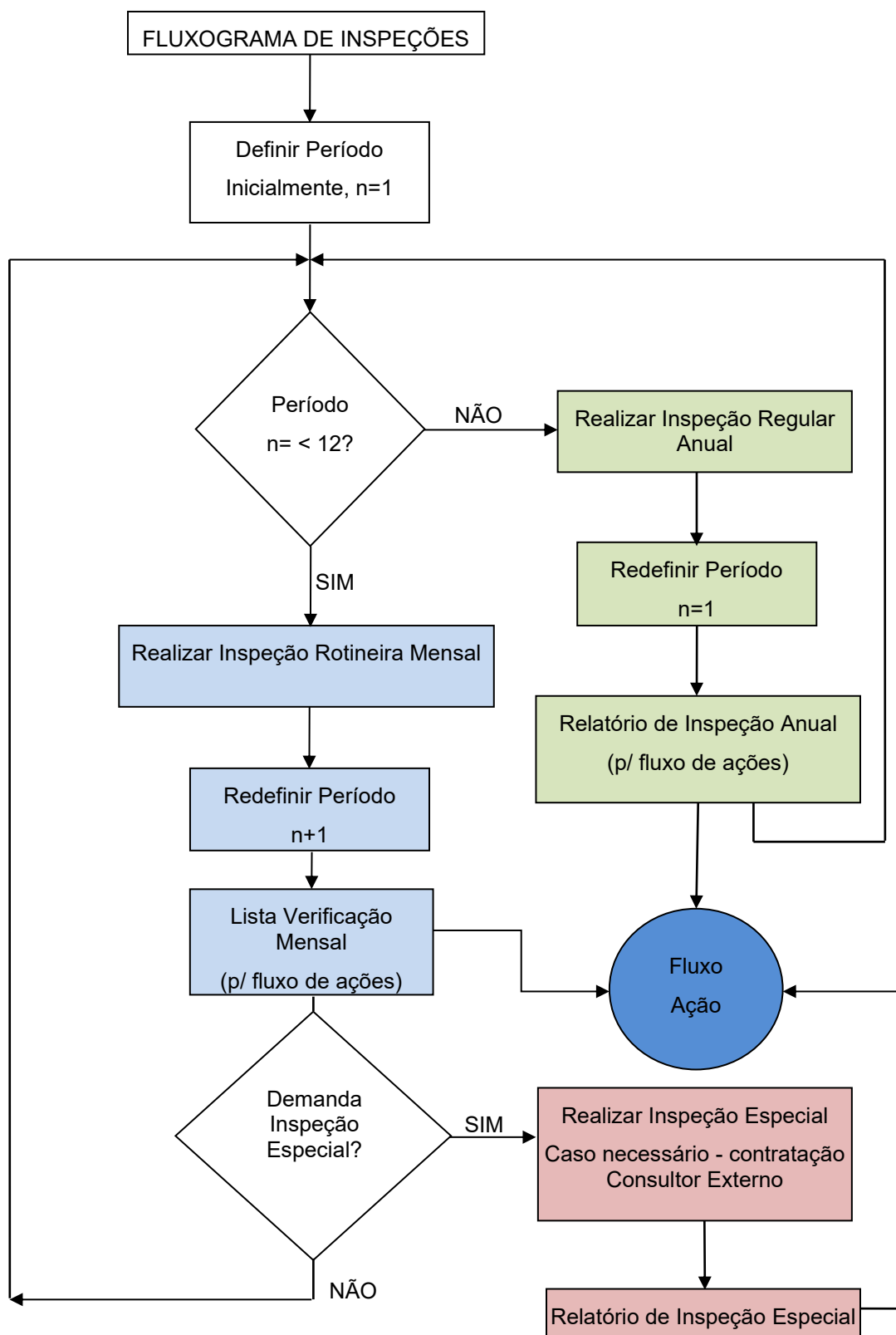
Nível de Segurança	Condições e Situações
<p>Nível Normal (VERDE)</p> <p>a) Operação normal das estruturas de descarga</p>	<p>a) Vertimentos até 1134m³/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório.</p>
<p>Nível Atenção (AMARELO)</p> <p>a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS</p>	<p>a) Vertimentos de 1134 até 2199 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica e alagamento ponte de jusante.</p>
<p>Nível Alerta (LARANJA)</p> <p>a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS e NA Máx Max</p> <p>b) Início Infiltração no bloco de concreto com qualquer condição hidrológica</p>	<p>a) Vertimentos de 2199 até 3263 m³/s (TR entre 100 e 1000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento na ZAS, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas. Alagamento da ponte de jusante e alerta p cuidados com Casa de Força da PCH Salto Forqueta.</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 comporta da descarga de fundo da barragem para aumentar capacidade de descarga</p> <p>b) Infiltração sem controle e aumento do Nível do reservatório</p>	<p>a) Vertimentos &gt; 3263 m³/s (TR &gt; 1.000 ano) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento na ZAS, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas.</p> <p>b) Infiltração sem controle bloco de concreto, abrir a comporta da descarga de fundo de maneira a rebaixar o nível do reservatório reduzindo a infiltração → 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;

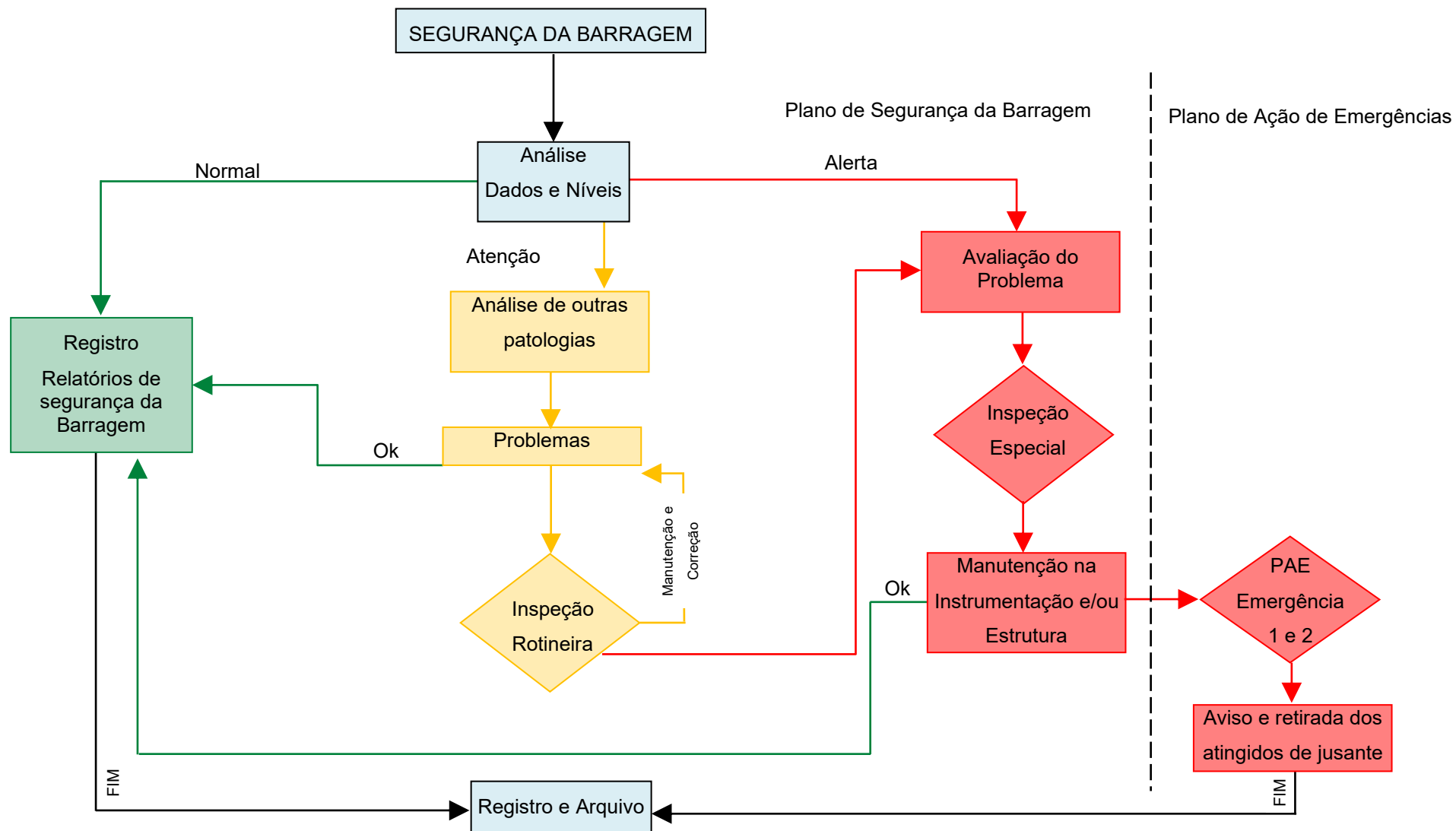
b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.

**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.

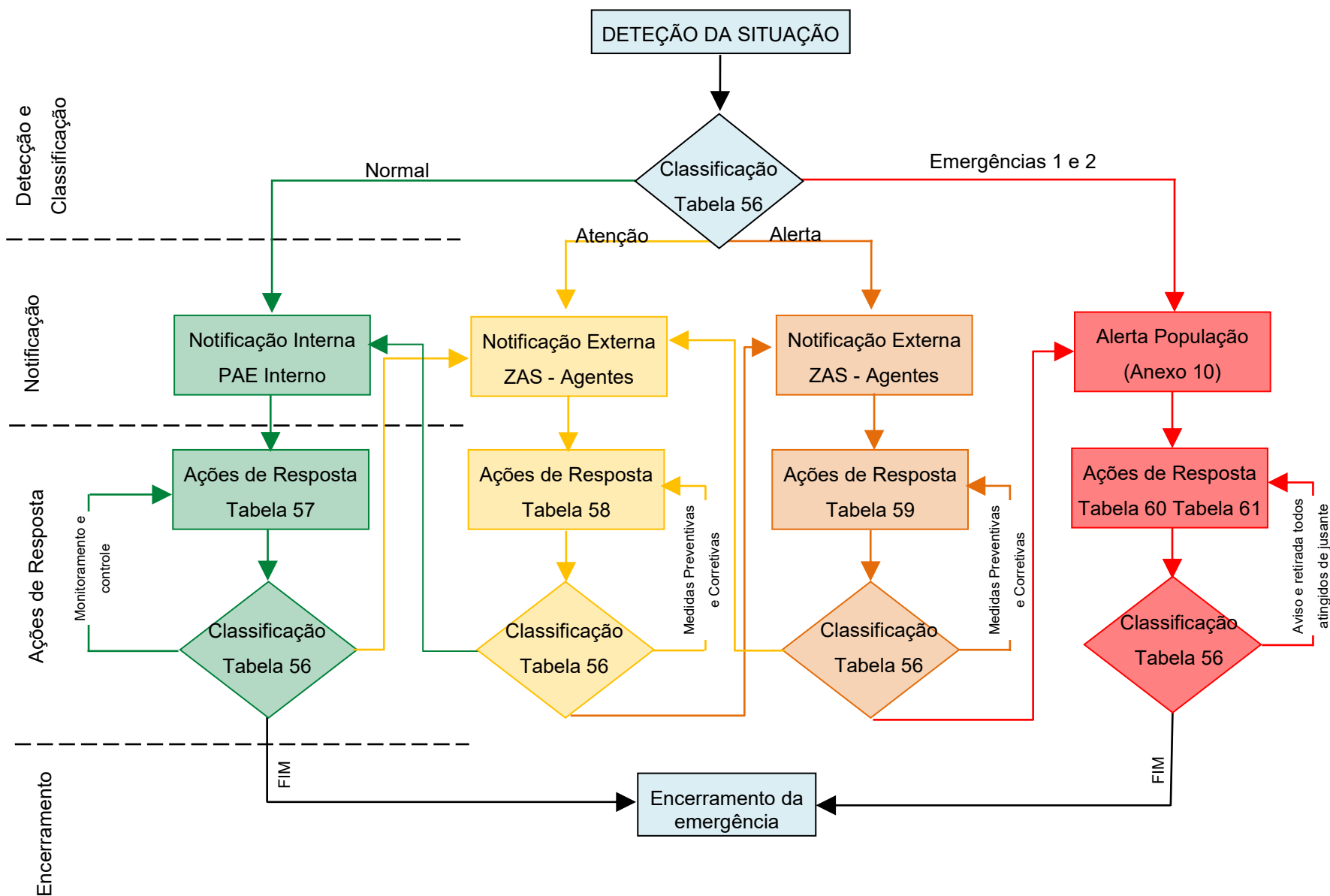
**IMPORTANTE** – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem. Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através da comporta da descarga de fundo 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 estruturas

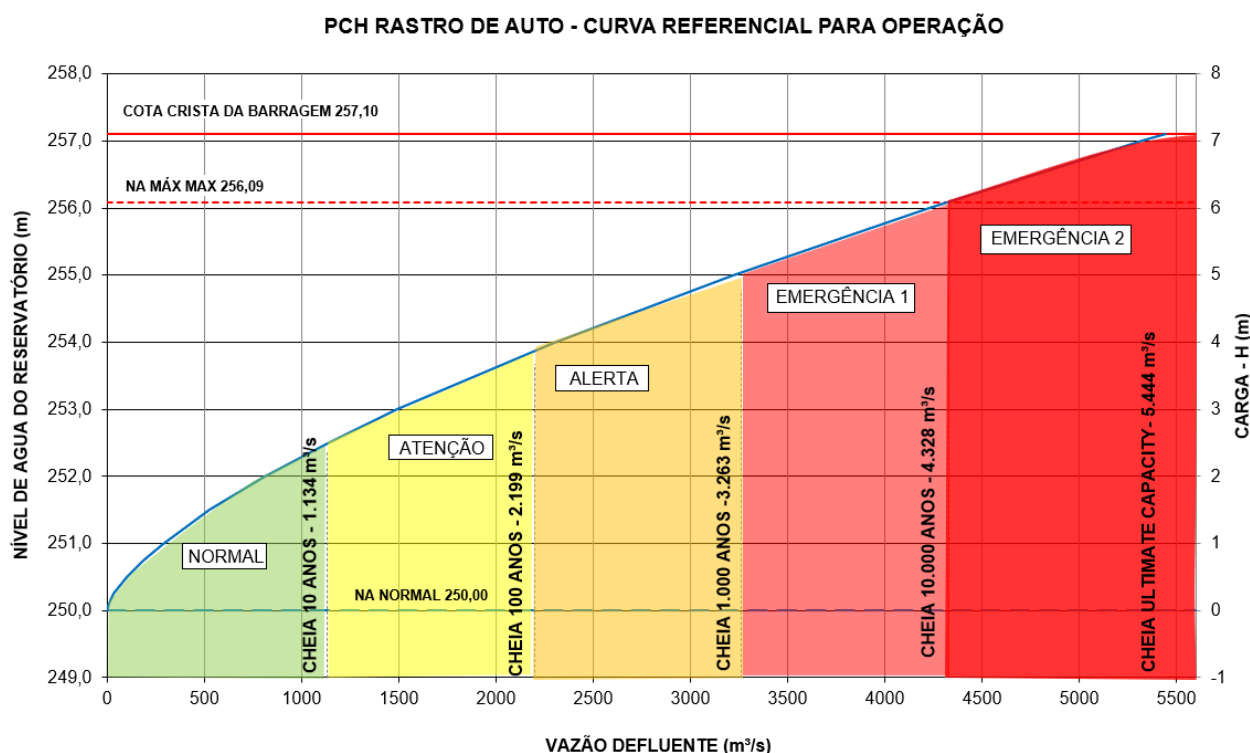


Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações

### 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 42 apresenta as condições: Normal, Atenção, Alerta, Emergência 1 e 2.



- Condição Estrutural - A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento das inspeções rotineiras, regulares e especiais. O item 7.2.1 apresenta sistema de monitoramento.

A tramitação das informações e análises da condição hidrológica e estrutural da Barragem está apresentado item 7.2.3.

## 8 RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS

As possíveis consequências danosas que ocorrerem durante ou após uma situação de emergência às pessoas, às 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 – CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A.

O proprietário da Usina é a CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA 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 do Rio Grande do Sul, e defesas civis municipais, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e Civil do Estado do Rio Grande do Sul e órgão ambiental estadual FEPAM. Nos municípios atingidos somente tem-se prefeituras e secretarias de saúde.

### Defesa Civil

As atribuições de Defesa Civil são:

- Coordenar as ações de Defesa Civil;
- Conhecer o Plano de Ações de Emergência da Usina e dentro de cada situação de um evento adverso de definir as providências que deverão ser tomadas, incluindo principalmente na ocorrência de emergência, as providências de evacuação das comunidades afetadas;
- Retirada dos atingidos de jusante;
- Vistoriar os municípios atingidos, lavrando o respectivo laudo, para montagem do processo de homologação de decretos de situação de emergência ou estado de calamidade pública;
- Comunicar ao Departamento de Defesa Civil do Governo Federal as ocorrências havidas, solicitando a liberação de recursos para socorro e assistência;
- Manter informado o Centro de Operações da Defesa Civil sobre as ocorrências e operações relacionadas com defesa civil atendidas e/ou executadas pelos órgãos membros;
- Elaborar plano de ação, mapeando e reconhecendo as áreas de risco inundáveis relativas à sua área de competência;
- Dispor de técnicos para colaborar no desenvolvimento de atividades visando reduzir o impacto do evento adverso sobre a população;
- Cadastrar o material disponível passível de utilização em ações de Defesa Civil;
- Sensibilizar e cadastrar organizações não governamentais dispostas a colaborar no desenvolvimento das campanhas de doações de alimentos e agasalhos;

- Desenvolver na sua área de competência, ações visando à preservação da ordem pública, da incolumidade das pessoas e do patrimônio nas áreas atingidas;
- Neutralizar qualquer indício de agitação da ordem pública quando da realização dos trabalhos de defesa civil nas áreas atingidas;
- Priorizar o emprego dos recursos materiais nas ações de Defesa Civil;
- Mover ações para implementação e supervisão para o suprimento de medicamentos e vacinas, o controle de qualidade da água e dos alimentos e a promoção da saúde nas áreas atingidas por desastres;
- Coordenar a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- Fiscalizar estabelecimentos comerciais e de atendimento ao público, visando evitar à manifestação de risco a saúde das populações das áreas atingidas;
- Orientação aos Distritos Rodoviários para que elaborem Plano preventivo para atuação em situações emergenciais;
- Disponibilizar escolas e ginásios de esportes, para abrigar a população desalojada;
- Na impossibilidade de restabelecimento rápido do fornecimento de água, providenciar o abastecimento através de caminhões pipa;
- Nos municípios não atendidos pela Empresa em que houver colapso do abastecimento de água, colaborar com o órgão municipal para solucionar rapidamente o problema de abastecimento a população, inclusive através de caminhões pipa.

### **Polícia Militar**

- Manter o controle da frota de veículos, através do setor de transporte;
- Manter controle das rodovias estaduais e municipais, interditando-as ou adotando medidas de precaução naquela cuja utilização possam causar riscos aos usuários.

### **Corpo de Bombeiros**

- Difundir a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- Atendimento imediato das emergências quando acionados;
- Desenvolver ações de socorro, em todos os municípios atingidos;
- Garantir a segurança, dentro e fora dos abrigos e acampamentos, assim como nas áreas atingidas;

- Promover a implantação de atendimento pré-hospitalar e de unidades de emergência, supervisionar a elaboração de planos de mobilização e de segurança dos hospitais, em situações de desastres;

### **Secretaria da Saúde**

- Efetuar a profilaxia de abrigos e acampamentos provisórios, fiscalizando a ocorrência de doenças contagiosas e a higiene e saneamento;
- Dispor de equipes de médicos legistas, para emprego em áreas atingidas, se houver número elevado de óbitos.

## **8.3 Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos**

### **8.3.1 1º 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. A lista das entidades a serem protocolados PAE está item 13.

### **8.3.2 2º Etapa - Cadastro e mapeamento da população existente na ZAS**

Não tem atingido na ZAS, somente a PCH Salto Forqueta, do mesmo grupo. Logo, não é necessário cadastramento ZAS.

Caso tenha alguma mudança na jusante com população dentro do mapa de inundação da ZAS, poderá ser utilizado modelo do Anexo VI – 1 Cadastro ZAS.

### **8.3.3 3º Etapa – Articulação com agentes externos**

Após protocolo do PAE deverá ser realizada reunião online com agentes externos: prefeitura e corpo de bombeiros para apresentação:

- Meios de comunicação a ser adotado em caso de emergências → Telefone por não ter atingido ZAS;
- Definição *in loco* das rotas de fuga e pontos de encontro na ZAS – Somente na Barragem e Casa de Força para operadores;
- Instalação das placas de rotas de fuga e pontos de encontros na ZAS, de acordo com modelo CERTEL;
- Definição meios de divulgação a população potencialmente atingida em caso de rompimento da Barragem – Plano de Divulgação.
- Plano de comunicação a ser utilizado em caso de emergências;

A apresentação do PAE está Anexo IX.

## 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 2,50 m. Como sistema de prevenção a interdição da ponte de jusante e retirada dos operadores da Casa de Força da PCH Salto Forqueta, os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 100 anos para evacuação da área em casa de enchentes e com risco de rompimento da Barragem.

Conforme a Figura 42 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura e a Tabela 56 – Níveis de Segurança e risco Ruptura, do item 7 as situações serão classificadas como:

### 9.1 Situação Normal (VERDE)

Tabela 57 – Ações de resposta (Normal)

VERTIMENTOS até 1134 m <sup>3</sup> /s (TR 10 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 <b>EMERGÊNCIA 1</b> e caso não solucionado <b>EMERGÊNCIA 2</b> .	Coordenador PAE

## 9.2 Situação Atenção (AMARELO)

Tabela 58 – Ações de resposta (Atenção)

VERTIMENTOS de 1134 até 2199 m <sup>3</sup> /s – TR até 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	Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica. Possibilidade de alagamento da ponte de jusante	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 <b>EMERGÊNCIA 1</b> e caso não solucionado <b>EMERGÊNCIA 2</b> .	Coordenador PAE

### 9.3 Situação de Alerta (LARANJA)

Tabela 59 – Ações de resposta (Alerta)

VERTIMENTOS de 2199 até 3263 m <sup>3</sup> /s – TR entre 100 e 1.000 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	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 1.000 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 <b>EMERGÊNCIA 1</b> e caso não solucionado <b>EMERGÊNCIA 2</b> .	Coordenador PAE
6	Após a condição de enchente (TR entre 100 e 1.000 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

## 9.4 Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO)

Tabela 60 – Ações de resposta (Emergência 1)

VERTIMENTOS de 3263 m <sup>3</sup> /s – > TR entre 1.000 anos		
Nível do reservatório chegando a cota 256,09 m		
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 interditar ponte de jusante e retirar operadores da PCH Salto Forqueta, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas (Mapas de Inundação TR 1.000 anos.)	Coordenador PAE
6	Abrir máquinas de modo 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 <b>EMERGÊNCIA 1</b> e caso não solucionado <b>EMERGÊNCIA 2</b> .	Coordenador PAE
8	Após a condição de enchente (TR entre 1.000 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

## 9.5 Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO)

Tabela 61 – 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 TR 10.000 anos.	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 Rastro de Auto são muito pequenos quando comparado com os níveis de enchente sem rompimento, isso devido ao pequeno volume do reservatório (1,41 hm<sup>3</sup>). Como orientação ao sistema de prevenção, a ponte de jusante deverá ser interditada a partir de enchentes TR 100 anos para evacuação da área potencialmente atingida.

Nos mapas de inundação, estão indicados os acessos atingidos com as condições de cheias ou rompimento para os tempos de recorrência estudados. Foram atingidos acessos de ambas as margens do rio, paralelos ao mesmo em diversos pontos para todos os tempos de recorrência.

### 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.

### 10.2 Propriedades Atingidas

As propriedades atingidas foram quantificadas de acordo com a Tabela 62 e com auxílio das imagens do Google Earth. É importante ressaltar que ponte de jusante é atingida na condição de enchentes a partir TR 100 anos, sem considerar o rompimento da barragem da PCH Rastro de Auto.

Já a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** 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 Rastro de Auto. 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 62 a seguir. Importante ressaltar dentro da ZAS não existe propriedade atingida pela onda de inundação, somente na ZSS.

Tabela 62 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 10.000 anos

A partir da BARRAGEM da PCH Salto Forqueta			
Infraestrutura e Edificações - DB 1.000			
Zona	Município	Margem Rio	Quantidade Propriedades Atingidas
Autossalvamento	São José do Herbal	Direita	0
	Putinga	Esquerda	0
<b>Total ZAS</b>			<b>0</b>
Segurança Secundária	São José do Herbal	Direita	0
	Pouso Novo		3
	Putinga	Esquerda	2
	Coqueiro Baixo		0
<b>Total ZSS</b>			<b>5</b>
<b>Total ZAS e ZSS</b>			<b>5</b>

Todas as seções indicadas se referem a pontos estratégicos de infraestrutura a jusante do barramento da PCH Rastro de Auto e abaixo da PCH Salto Forqueta e estão indicadas nos mapas de inundação. Nessas localidades podemos ter alagamentos devidos às cheias estudadas e/ou rompimento da barragem.

Os mapas de inundação com as respectivas vazões e tempos de recorrência estão apresentados no Anexo V – Mapas de Inundação.

### 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 Rastro de Auto o local do limite da ZAS se encontra a 10,00 km de distância da barragem, sendo nesse caso adotado o critério de tempo de início da onda de cheia 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, (01) Ponte no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia no caso de uma ruptura da barragem. O Quadro 10 apresenta a localização e principais características das seções dentro da ZAS. Nenhuma propriedade a jusante foi atingida pelo rompimento da Barragem e nem em condições de enchentes.

Quadro 10 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem

BARRAGEM Rastro de Auto				
Infraestrutura e Edificações na ZAS				
Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota (m) - TR 1000 anos
Casa de Força Rastro de Auto	29° 3'56.20"S	52°13'13.81"O	4,26	215,47
Barragem Salto Forqueta	29° 4'48.21"S	52°12'35.11"O	7,90	211,82
Limite ZAS	29° 4'52.08"S	52°12'56.58"O	10,00	188,89

Somente próximo a Barragem/Casa de Força da Rastro de Auto e Barragem da PCH Salto Forqueta, foram sugeridas e identificadas rotas de fuga e pontos de encontro, que deverão ser confirmadas *in loco* pelo Empreendedor. 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.

Os mapas da ZAS estão apresentados no Anexo VI.

#### 10.4 Zona de Segurança Secundária – ZSS

A zona de segurança secundária de acordo com Lei 14.066/2020 estabelece que é o trecho de jusante que não faz parte da Zona de Auto Salvamento. Logo, fica como definido a Zona de Segurança Secundária como limite final da modelagem e amortecimento da onda (< 30 cm – altura incremental), cerca de 32,20 km de distância da Barragem.

Os mapas de inundação informam o limite da ZAS e ZSS, estão apresentados no Anexo V.

#### 10.5 Resumo Plano de Evacuação – 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 conforme apresentado no Item 5.1.16 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 os tempos de recorrência adotados com rompimento da Barragem.

Este resumo será definido o plano de evacuação que será utilizado pelos 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 63 – Resumo do Plano de Evacuação / Dados Gerais das Simulações com Rompimento Hipotético

DADOS GERAIS						TR 10 DAM BREAK PCH SFQ	TR 100 DAM BREAK PCH SFQ	simulação 01, 02 e 03 na versão TR 1000 e TR 10000						S04 – Dia de Sol DAM BREAK PCH SFQ
								S01 - TR 1.000 DAM BREAK PCH RDA	S01 - TR 10.000 DAM BREAK PCH RDA	S02 - TR 1.000 DAM BREAK PCH SFQ	S02 - TR 10.000 DAM BREAK PCH SFQ	S03 - TR 1.000 DAM BREAK PCH RDA e PCH SFQ	S03 - TR 10.000 DAM BREAK PCH RDA e PCH SFQ	
Local	Descrição	Localidade Município	Numero de pessoas	Nome Telefone	Cota de Proteção (m)	Nível de água (m) Dam Break TR 10	Nível de água (m) Dam Break TR 100	Nível de água (m) Dam Break TR 1.000	Nível de água (m) Dam Break TR 10.000	Nível de água (m) Dam Break TR 1.000	Nível de água (m) Dam Break TR 10.000	Nível de água (m) Dam Break TR 1.000	Nível de água (m) Dam Break TR 10.000	Nível de água (m) Dam Break Dia de Sol
0	BARRAGEM *PCH SFQ	Linha Passo Novo - Putinga-RS	-	-	213,300	209,20	210,22	211,57	212,26	211,95	212,31	211,95	212,31	206,80
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Somente durante turno comercial	-	190,550	183,32	186,22	184,90	187,45	187,35	187,50	187,42	187,55	177,21
2	PROPRIEDADE 01	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Residem 03 pessoas - 1 família	Leonildo Asolini ( 51 ) 9 89028201	191,998	182,66	185,97	186,28	187,43	187,21	187,49	187,31	189,36	177,03
3	PROPRIEDADE 02	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Uso Eventual de pessoas acampamento / Casa Verde	Leonildo Asolini ( 51 ) 9 89028209	188,598	182,64	185,66	186,17	187,39	187,18	187,41	187,28	189,38	177,02
4	PROPRIEDADE 03	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Galpão de Guardar materiais / Garagem	-	190,714	182,60	185,64	186,05	187,26	187,13	187,38	187,23	189,34	176,99
5	PROPRIEDADE 04	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Buteco Uso eventual de pessoas / Bar e Restaurante	Leonildo Asolini ( 51 ) 9 89028209	187,414	182,57	185,63	185,92	187,20	187,05	187,35	187,16	189,09	176,97
6	PROPRIEDADE 05	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Uma Pessoa	João Pedro Nunes ( 51 ) 9 96008873	190,206	182,37	185,25	185,84	187,02	186,98	187,32	186,70	189,03	176,96
7	PROPRIEDADE 06 / NÃO EXISTE MAIS	Linha Tigre - Pouso Novo - RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	-	-	-	168,980	175,01	178,48	180,82	181,95	180,18	182,01	180,27	182,16	171,81
9	LIMITE ZAS	-	-	-	-	144,07	146,71	148,95	149,53	148,64	150,39	148,97	150,54	141,51
10	PROPRIEDADE 07 / NÃO EXISTE MAIS	Linha Arroio Leite - Pouso Novo - RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	Linha Forqueta Alta -	Uma família - 2 Pessoas	Fidencio Brock (51) 9 99781429	110,620	102,92	106,62	108,79	109,95	108,45	110,14	108,91	110,29	99,87

		Pouso Novo - RS												
12	PROPRIEDADE 09 / NÃO EXISTE MAIS	Linha Forqueta Alta - Pouso Novo - RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Não a Uso permanente de pessoas	Cabana	98,728	92,74	95,80	98,15	98,74	97,52	99,17	98,02	99,32	87,92
14	PROPRIEDADE 11	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Residem 03 famílias - 3 Pessoas no total / Aviário	Davi Leonard (51) 9 99724579	97,851	91,90	94,52	96,55	97,41	96,14	97,77	96,59	97,92	86,68
15	PROPRIEDADE 12	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Residem 03 pessoas - 1 família / Casa Amarela	Sidnei da Rosa (51) 9 96157419	98,164	91,59	94,19	96,10	97,03	95,84	97,45	96,24	97,60	86,56
16	PROPRIEDADE 13	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Uso Eventualmente	(Salão / Igreja)	100,154	91,16	93,39	96,97	96,78	95,46	97,06	95,79	97,21	86,43
17	PROPRIEDADE 14 / NÃO EXISTE MAIS	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Somente finais de Semana	-	-	90,61	92,85	95,62	96,12	95,05	96,62	95,66	96,77	86,13
19	PROPRIEDADE 16	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Residem 02 pessoas - 1 família	-	98,405	90,16	92,32	94,89	95,58	94,47	96,02	97,97	96,17	85,65
20	LIMITE ZSS	-	-	-	-	86,47	88,13	90,13	91,03	89,81	91,35	90,27	91,50	84,58

Tabela 64 – Resumo do Plano de Evacuação

Barragem PCH Salto Forqueta - Tempo após Rompimento – TR-10.000												
Local	Descrição	Distância em relação Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)	Risco Hidrodinâmico (m²/s)	
			Cheia	Dam Break	Maxima Onda	Início Onda	Pico Onda	Duração				
1	CASA DE MÁQUINAS *PCH SFQ	2900	187,10	187,50	0,40	00:00	00:13	02:15	6,94	4910,59	2,78	
2	PROPRIEDADE 01	3174	186,94	187,49	0,55	00:00	00:14	02:15	6,18	4799,58	3,40	
3	PROPRIEDADE 02	3215	186,77	187,41	0,64	00:00	00:14	02:15	6,13	4782,42	3,92	
4	PROPRIEDADE 03	3234	186,68	187,38	0,70	00:00	00:14	02:15	5,95	4776,97	4,16	
5	PROPRIEDADE 04	3280	186,51	187,35	0,84	00:00	00:14	02:15	5,69	4756,58	4,78	

6	PROPRIEDADE 05	3306	186,47	187,32	0,85	00:00	00:14	02:15	5,45	4734,51	4,63
7	PROPRIEDADE 06 / NÃO EXISTE MAIS	4350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	PONTE RIO FORQUETA	4403	181,23	182,01	0,78	00:00	00:17	02:30	4,65	4695,98	3,63
9	LIMITE ZAS	10055	149,22	150,39	1,17	00:06	00:26	02:55	4,1	4350,91	4,80
10	PROPRIEDADE 07 / NÃO EXISTE MAIS	17944	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	PROPRIEDADE 08	20215	109,13	110,14	1,01	00:11	00:50	03:00	3,29	3858,84	3,32
12	PROPRIEDADE 09 / NÃO EXISTE MAIS	21700	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	PROPRIEDADE 10	22786	98,21	99,17	0,96	00:15	01:18	03:00	2,97	3830,5	2,85
14	PROPRIEDADE 11	23065	97,16	97,77	0,61	00:15	01:18	03:00	2,84	3821,65	1,73
15	PROPRIEDADE 12	23179	96,51	97,45	0,94	00:15	01:18	03:00	2,55	3813,89	2,40
16	PROPRIEDADE 13	23257	96,02	97,06	1,04	00:15	01:18	03:00	2,47	3809,61	2,57
17	PROPRIEDADE 14 / NÃO EXISTE MAIS	23287	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	PROPRIEDADE 15	23545	95,50	96,62	1,12	00:15	01:18	03:00	2,18	3792,87	2,44
19	PROPRIEDADE 16	23820	95,04	96,02	0,98	00:15	01:18	03:00	2,09	3770,59	2,05
20	LIMITE ZSS	23977	90,84	91,35	0,51	00:15	01:18	03:00	2,01	3656,61	1,03

Tabela 65 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

Risco Hidrodinâmico (m <sup>2</sup> /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**

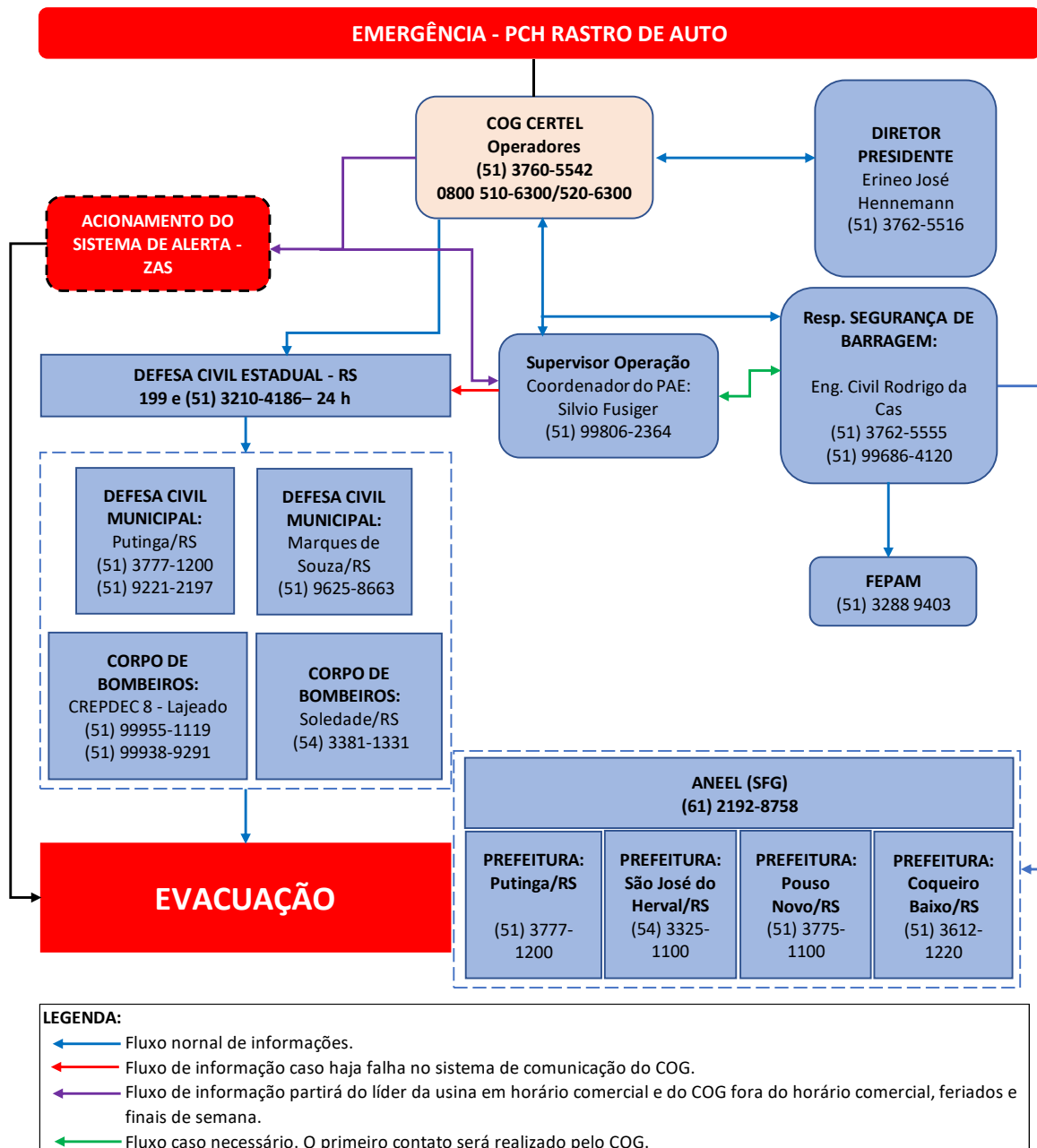
### **11.1 Meios de Comunicação**

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, bem como com a Defesa Civil municipais de Putinga e Marques de Souza do Rio Grande do Sul, Corpo de Bombeiros de Lajeado e Soledade, Polícia Militar, e Prefeituras dos municípios de Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo todo no estado Rio Grande do Sul (atingidos).

Foi elaborado o Plano de comunicação com agentes externos em caso de emergência (Anexo . XIII). Este sistema irá prever comunicação tipo SMS/Whatsapp ou telefone, em caso de extrema emergência será alertado agentes externos.

### **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 CERTEL RASTRO DE AUTO GERAÇÃO DE ENERGIA S/A., e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul Defesa Civil municipais, Corpo de Bombeiros e Prefeituras dos municípios de Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo todo no estado Rio Grande do Sul (atingidos). Também deverá ser comunicado o órgão ambiental do estado do RS - Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM.



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 100 anos**, ou seja, **vazão afluente maior que 2.199 m³/s**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os operadores da PCH Salto Forqueta 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 Rastro de Auto em condições normais de operação e após reforço definido na RPS-2025 é baixo, quase nulo, a segurança da estrutura depende da qualidade do monitoramento e da agilidade na recuperação de eventuais danos estruturais.**

O rebaixamento do reservatório é uma condição possível de ser realizada (em condições hidrológicamente favoráveis) até o limite imposto pela comporta da descarga de fundo. 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 66).

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

Tabela 66 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Entidade Fiscalizadora (ANEEL)	1
Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado - RS	1
Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – RS	1
Defesa Civil Municipal – Putinga e Marques de Souza do Rio Grande do Sul	1
Corpo de Bombeiros – Soledade - RS	1
Prefeituras envolvidas – Putinga, São José do Herval, Pouso Novo e Coqueiro Baixo - RS	1

Tabela 67 – 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: _____
6	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
7	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
8	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
9	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____
10	Nome: _____ Data: ____/____/____ Empresa / Instituição: _____ Protocolo: _____

## 14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No trecho a jusante da barragem da PCH RDA até a barragem da PCH SFQ não existe morador ou edificações de terceiros.

As edificações das propriedades 02 e 04 dentro da ZAS da Barragem da PCH Salto Forqueta poderão ser atingidas com rompimento na simulação 03 (rompimento em cascata da PCH SFQ e PCH RDA), dentro da ZSS ocorrem inundações da ponte municipal de jusante e com potencial de ocorrer nas propriedades 10, 11 e 15. Logo, deverá ser mantido contato entre agentes internos e externos de modo avisar caso entre em uma condição de emergência. Também é atingida a ponte a jusante da PCH Salto Forqueta já com condições de enchentes a partir da TR 10 anos.

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 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 condições hidrológicas ou de jusante da barragem;
- A defesa civil do estado ou município solicitar;

Devido as características das estruturas e região do entorno a barragem da PCH Rastro de Auto foi classificada e confirmada como **Classe C**, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Médio. Barragem Classe C necessita realizar a Revisão Periódica de Segurança (RPS) a cada 10 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.

No ano de 2025 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 ( $Q \Rightarrow 2.199 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 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 ( $Q \Rightarrow 3.263 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 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
Elizeu Riba	Engenharia Civil	Responsável Técnico dos Estudos / Hidráulica / Estruturas – Segurança de Barragens / Estudos Hidrológicos
Gabriel Elizeu Riba	Engenharia Civil	Estruturas/Hidráulica – Segurança de Barragem

A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Responsável técnico dos trabalhos está apresentada no Anexo XI.

## 16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Relatório RDA-C-PAE-001-02-25 PAE PCH Rastro de Auto Revisão 02 – PROSENGE –**  
Projetos e Engenharia – 10/03/2025

**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 1064, de 02 de maio de 2023 - Estabelece critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

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

**Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas** – Eletrobrás – Outubro/2003

**Site SNISB** – Documentos e Capacitações - <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentose-capacitacoes?tipo=documento&id=68>

## 17 ANEXOS

Anexo I – Dados

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

