



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE

PCH SALTO FORQUETA



SFQ-BA-PAE-REV02-2025 DEZEMBRO/2025

Presidente Presidente:
Erineo José Hennemann
Cooperativa Regional de
Desenvolvimento Teutônia -
CERTEL

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

Responsável Revisão 02 PAE:
Elizeu Riba – TRSUL Engenharia
Eng. Civil - CREA PR 26.079/D

Revisão	Data	Objeto da revisão	Red	Empresa
00	08/11/2021	03/12/21 Emissão inicial	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
01	08/12/2021	Revisado conf. comentários	PBE	Prosenge Projetos e Engenharia
02	11/12/2025	Revisado após recuperação Estruturas e RN 1064	ER	TRSUL Engenharia Ltda

1	INTRODUÇÃO	9
2	HISTÓRICO.....	10
2.1	Identificação do Responsável Técnico	10
2.1.1	Empresa Executora PAE Revisão 01 – ano 2021	10
2.1.2	Empresa Executora - PAE Revisão 02- ano 2025	10
2.1.3	Responsável Técnico Revisão 02 PAE	11
2.2	Objetivo	11
3	INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM.....	12
3.1	Localização e acessos	16
3.2	Dados Gerais.....	18
3.3	Reservatório	18
3.4	Aproveitamentos Hidrelétricos	19
3.5	Barragem / Vertedouro	21
3.5.1	Descarga de Fundo da Barragem	22
3.5.2	Curva de Descarga do Vertedouro.....	22
3.6	Círculo Hidráulico de Adução.....	23
3.6.1	Tomada de Água	23
3.6.2	Túnel de Adução.....	24
3.6.3	Chaminé de Equilíbrio.....	24
3.6.4	Conduto Forçado	24
3.6.5	Casa de Máquinas e Canal de Fuga	25
3.7	Instrumentação	25
3.8	Níveis Operacionais e Ficha Técnica.....	25
4	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	26
4.1	Avaliação do Risco	26
4.1.1	Risco Hidrológico	26
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural.....	27
4.2	Identificação das Emergências Potenciais	28
4.2.1	Classificação das Situações	29
5	ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM	30

5.1	Metodologia	30
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	31
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem	31
5.1.3	Potenciais Causas de Rompimento de Barragem	31
5.1.4	Galgamento	32
5.1.5	Infiltração (Piping)	32
5.1.6	Falhas nas fundações e estruturais	33
5.1.7	Parâmetros de Formação de Brecha de Ruptura	34
5.1.8	Parâmetros de Ruptura da Barragem	35
5.1.9	Variáveis Hidráulicas	36
5.1.10	Trecho do Cálculo	37
5.1.11	Modelagem Matemática	39
5.1.12	Identificação das áreas atingidas	40
5.1.13	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo	40
5.1.14	Zoneamento de Risco	41
5.2	Dados de entrada utilizados	43
5.2.1	Trecho da análise	43
5.2.2	Geografia da Região e Geometria do rio	44
5.2.3	Geometria da barragem	46
5.2.4	Hidrograma de Cheias	47
5.2.5	Capacidade de descarga do vertedouro	50
5.2.6	Calibração do modelo matemático	50
5.3	Causa considerada para o rompimento	55
5.4	Simulações Realizadas	56
5.4.1	Resultados Básicos Simulação 1	57
5.4.2	Resultados Básicos Simulação 2	57
5.4.3	Resultados Básicos Simulação 3 – Pior Cenário Possível	59
5.4.4	Resultados Básicos Simulação 4	59
5.5	Altura Máxima da Onda	59

5.6	Limite Físico a Jusante da PCH Salto Forqueta.....	69
5.7	Relação Nível de água / Tempo das Seções de Interesse / Detalhe das Simulações ...	69
5.7.1	Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta.....	71
5.7.2	Propriedades 01 a 05.....	71
5.7.3	Ponte Jusante e Propriedade 06 (não existe mais)	74
5.7.4	Propriedade 07	75
5.7.5	Propriedade 08	75
5.7.6	Propriedade 09 (não existe mais)	76
5.7.7	Propriedade 10	77
5.7.8	Propriedades 11 a 14.....	78
5.7.9	Propriedades 15 e 16.....	79
5.7.10	Limite Zona Segurança Secundária	81
5.8	Resumo Geral das Seções de Interesse.....	82
6	AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS	82
6.1	Agentes Internos.....	82
6.2	Agentes Externos	83
6.3	Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação	83
7	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....	86
7.1	Condição Hidrológica.....	86
7.2	Condição Estrutural	86
7.2.1	Monitoramento das Estruturas	87
7.2.2	Revisão Periódica de Segurança	88
7.2.3	Tramitação das Informações.....	88
7.3	Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem	95
8	RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS.....	96
8.1	Agente Interno – CERTEL (PCH Salto Forqueta)	96
8.2	Agentes Externos	97
8.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos	99
8.3.1	1º Etapa - Protocolo PAE aos Agentes Externos	99

8.3.2	2º Etapa - Cadastro e mapeamento da população existente na ZAS	99
8.3.3	3º Etapa – Articulação com agentes externos	99
9	PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....	100
9.1	Situação Normal (VERDE).....	100
9.2	Situação Atenção (AMARELO)	101
9.3	Situação de Alerta (LARANJA)	102
9.4	Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO).....	103
9.5	Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO).....	104
10	PLANO DE EVACUAÇÃO (ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS)	105
10.1	Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS)	105
10.2	Estradas Atingidas.....	106
10.3	Propriedades Atingidas.....	106
10.4	Zona de Autossalvamento – ZAS.....	107
10.5	Zona de Segurança Secundária – ZSS.....	109
10.6	Plano de Treinamento do PAE.....	110
10.7	Treinamento Interno	110
10.8	Simulado de Mesa e Evacuação.....	111
10.9	Medidas para Regaste de Atingidos e Mitigação de Impactos	111
10.10	Resumo Plano de Evacuação – Risco Hidrodinâmico.....	112
11	FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO	117
11.1	Meios de Comunicação	117
11.2	Acionamento em Caso de Emergências	117
12	FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO	120
13	RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO	120
14	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	122
15	EQUIPE TÉCNICA	124
16	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
17	ANEXOS	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturas do Barramento da PCH Salto Forqueta.....	13
Figura 2 – Casa de máquinas da PCH Salto Forqueta.....	14
Figura 3 – Ficha Técnica SFG/ANEEL, 2025.....	15
Figura 4 – Mapa de acessos ao local da PCH Salto Forqueta	16
Figura 5 – Localização e acesso da Usina.....	17
Figura 6 - Mapa da área resguardada.....	18
Figura 7 - Cota x Área x Volume – Reservatório PCH Salto Forqueta	19
Figura 8 – Curva de Descarga – Vertedouro	22
Figura 9 – Vertedouro da PCH Salto Forqueta	23
Figura 10 – Vista Geral da Barragem.....	27
Figura 11 – Formação de brecha por galgamento (Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32)	32
Figura 12 – Formação da brecha por infiltração (Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32)	33
Figura 13 – Exemplo de Brecha resultante de falha nas fundações (Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33)	33
Figura 14 – Representação dos parâmetros de forma da brecha de ruptura.....	34
Figura 15 – Exemplo dos tempos da onda.....	37
Figura 16 – Hidrograma de Cheias PCH Salto Forqueta.....	49
Figura 17 – Curva de Descarga Vertedouro – PCH Salto Forqueta	50
Figura 18 – Abrangência do modelo computacional (Google Earth)	51
Figura 19 – Perfil do rio calibrado – Vazão 22,60 m ³ /s	54
Figura 20 – Dados do Barramento da PCH Salto Forqueta com Brecha rompimento hipotético – Hec-Ras	56
Figura 21 – Mancha de inundação – dam break - Casa de Máquinas PCH Salto Forqueta.....	71
Figura 22 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 01 a 05	72
Figura 23 – Mancha de inundação – dam break - Ponte Jusante e Propriedade 06.....	74
Figura 24 – Mancha de inundação – dam break - Propriedade 07 (não existe mais edificação).....	75
Figura 25 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 08	76
Figura 26 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 09 (não existe mais a edificação)	77
Figura 27 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 10	77
Figura 28 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 11 a 14	78
Figura 29 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 15 a 16	80
Figura 30 – Sugestão do local a ser definido como Zona Segurança Secundária.....	81
Figura 31 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.....	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta, próximos a PCH Salto Forqueta.....	20
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%).....	27
Tabela 3 – Coeficientes de descarga.....	34
Tabela 4 – Faixas e possíveis valores para caracterização da brecha.....	35
Tabela 5 – Número esperado de vítimas em função do tempo de alerta.....	41
Tabela 6 – Consequências do Risco Hidrodinâmico	42
Tabela 7 – Nível de perigo para seres humanos	42
Tabela 8 – Nível de perigo para edificações	43
Tabela 9 – Legenda para Risco Hidrodinâmico	43
Tabela 10 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados) – TRSUL (Como Construído projeto reforço estrutural e outros).....	47
Tabela 11 – Vazões de Cheia PCH Salto Forqueta.....	48
Tabela 12 – Coeficientes de Desagregação e Valores do Hidrograma para TR 10, 1.000 e 10.000 anos.....	48
Tabela 13 – Parâmetros de rugosidade de Manning	51
Tabela 14 – Pontos de Apoio para calibração do rio	52
Tabela 15 – Características da brecha inicial considerada – PCH Salto Forqueta.....	56
Tabela 16 – Hidrogramas para PCH Salto Forqueta	57
Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Salto Forqueta sem rompimento da Barragem ...	58
Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Salto Forqueta com rompimento da Barragem ...	58
Tabela 19 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Salto Forqueta.....	59
Tabela 20 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break – Simulação 1 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto.....	60
Tabela 21 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break – Simulação 2 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Salto Forqueta	60
Tabela 22 – 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	61
Tabela 23 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Simulação 3 – Rompimento Hipotético da Barragem da PCH Rastro de Auto e PCH Salto Forqueta	62
Tabela 24 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para QTurb – Dia de Sol	63
Tabela 25 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para QTurb – Dia de Sol	64
Tabela 26 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 10 anos.....	65
Tabela 27 – Resultados Obtidos - Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 100 anos.....	66
Tabela 28 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 1.000 anos	67
Tabela 29 – Resultados Obtidos- Cheia Natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Salto Forqueta para TR 10.000 anos	68
Tabela 30 – Localização das Seções de Interesse (Área de Influência)	69
Tabela 31 – Localização das Seções de Interesse / Tipo de Edificação e Situação Atual	70
Tabela 32 – Detalhe das simulações – Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta.....	71
Tabela 33 – Detalhe das simulações – Propriedade 01	72
Tabela 34 – Detalhe das simulações – Propriedade 02	73
Tabela 35 – Detalhe das simulações – Propriedade 03	73
Tabela 36 – Detalhe das simulações – Propriedade 04	73
Tabela 37 – Detalhe das simulações – Propriedade 05	74
Tabela 38 – Detalhe das simulações – Propriedade 08	76
Tabela 39 – Detalhe das simulações – Propriedade 10	77
Tabela 40 – Detalhe das simulações – Propriedade 11	78
Tabela 41 – Detalhe das simulações – Propriedade 12	79
Tabela 42 – Detalhe das simulações – Propriedade 13	79
Tabela 43 – Detalhe das simulações – Propriedade 15	80
Tabela 44 – Detalhe das simulações – Propriedade 16	80
Tabela 45 – Detalhe das simulações – Localização Zona Segurança Secundária – ZSS	81
Tabela 46 – Lista de contatos do PAE	83
Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura	91
Tabela 48 – Ações de resposta (Normal).....	100
Tabela 49 – Ações de resposta (Atenção)	101

Tabela 50 – Ações de resposta (Alerta)	102
Tabela 51 – Ações de resposta (Emergência 1)	103
Tabela 52 – Ações de resposta (Emergência 2)	104
Tabela 53 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 10.000 anos	106
Tabela 54 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem	107
Tabela 55 – Características do Ponto de Encontro	108
Tabela 56 – Resumo do Plano de Evacuação / Dados Gerais das Simulações com Rompimento Hipotético	114
Tabela 57 – Resumo do Plano de Evacuação	115
Tabela 58 – Legenda para Risco Hidrodinâmico	116
Tabela 59 – Entidades que recebem Cópia PAE	120
Tabela 60 – Controle das Entidades que receberam uma cópia do PAE	120

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Salto Forqueta, instalada no rio Forqueta, no estado do Rio Grande do Sul e pertencente à COOPERATIVA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO TEUTÔNIA – CERTEL.

O Plano de Ação de Emergência – PAE é parte integrante do Plano de Segurança e estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem, em caso de situação de emergência, bem como identificará as entidades a serem notificadas dessa ocorrência.

O presente PAE foi revisado e atualizado tendo por base o documento elaborado anteriormente pela empresa PROSENGE, sendo atualizado as informações e estudos pertinentes.

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 nº 14.066/2020 e a Resolução Normativa nº 1064 de 02 de maio de 2023, onde a barragem da PCH Salto Forqueta foi classificada como Barragem de **categoria B**, Categoria de **Risco Baixo e Dano Potencial Alto** (Classificação – Anexo I).

Conforme a lei citada, uma barragem com classificação de Dano Potencial Alto e **Classificação B** segundo a matriz do Anexo I da REN nº 1.064/2023 a elaboração do Plano de Ação de Emergências – PAE é obrigatória, sendo também realizado o estudo de rompimento hipotético e mancha de inundação a partir da Barragem existente de modo confirmar as propriedades que eventualmente poderão ser atingidas.

Para confirmação das condições da barragem foi realizada Inspeção Civil Regular, por uma equipe técnica multidisciplinar, com o objetivo de verificar todas as estruturas civis da usina, e percorrer o trecho de jusante do barramento para identificação dos pontos de risco e condições atuais de segurança.

Em função do acidente ocorrido no ano de 2024, devido as intensas e altas precipitações com consequentes variações hidrométricas (enchentes ocorridas), as estruturas que compõe a PCH foram recuperadas e ajustadas para maior segurança operacional do empreendimento.

Importante ressaltar que neste ano de 2025 também foi realizada a Revisão Períodica de Segurança da Barragem atualizando assim todos os critérios hidrológicos e estruturais.

2 HISTÓRICO

A PCH Salto Forqueta de potência instalada de 6,08 MW entrou em operação comercial em março/2013.

Em novembro de 2018 a Cooperativa CERTEL, através do documento “Plano de Ação de Emergência da PCH Salto Forqueta - Rev1”, elaborou o Plano de Ação de Emergência, o qual está sendo revisado e atualizado pelo presente documento. A versão anterior a este documento foi elaborada em dezembro/2021 (**SFQ-BA-PAE-001-01-21**).

Em março de 2025 foi iniciado a Revisão Periódica de Segurança da Barragem após enchentes ocorridas em 2024.

Entre os meses de abril a setembro de 2025 foram realizados novos estudos com simulações de rompimento hipotético da Barragem (DAM BREAK), com a geração das respectivas manchas de inundação devido a atualização da hidrologia e recomendações da REN nº 1064/2023, sendo estes itens levados em consideração para atualização do presente documento.

Informamos que foram mantidas a formatação do relatório conforme desenvolvido e realizado anteriormente pela PROSENGE Projetos e Engenharia Ltda, sendo revisados e atualizados os dados relevantes que envolve o desenvolvimento do PAE.

2.1 Identificação do Responsável Técnico

2.1.1 Empresa Executora PAE Revisão 01 – ano 2021

PROSENGE Projetos e Engenharia Ltda – ME – CNPJ nº 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 Empresa Executora - PAE Revisão 02- ano 2025

TRSUL - 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@trsul.com.br

2.1.3 Responsável Técnico Revisão 02 PAE

Engenheiro Civil: Elizeu Riba

CREA RS: PR 26079

ART 13750054

2.2 Objetivo

De acordo com a Lei nº 12.334 de setembro de 2010 alterada pela Lei nº 14.066/2020 e da Resolução Normativa nº 1064 de 02 de maio de 2023, todas as barragens deverão ser classificadas conforme o risco e o dano potencial associado.

Após a classificação da barragem da PCH Salto Forqueta, verificou-se a necessidade de revisão e atualização do Plano de Segurança da Barragem e Plano de Ação de Emergência, pois a classificação conforme Anexo I da Matriz de Classificação de Barragens indicou **categoria de risco Baixo e dano potencial Alto**, o que resulta em uma barragem **Classe B**.

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 e/ou da ruptura da barragem.

A atenção deste trabalho deverá ser voltada, principalmente, com as consequências à jusante do barramento junto as benfeitorias localizadas nas margens do rio Forqueta, tendo a indicação dos níveis e mapas de inundação geradas pelas ondas de cheia normal e com a simulação da ruptura hipotética 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 Salto Forqueta está localizada no município de Putinga e São José do Herval - RS, no rio Forqueta, com potência instalada de 6,08 MW e entrou em operação comercial no mês de março de 2003.

A recuperação das estruturas principais da PCH Salto Forqueta compreendeu o período de junho de 2024 a maio de 2025, para reestabelecimento da operação comercial. Sendo realizadas complementações nas estruturas secundárias no período de maio a outubro de 2025.

Adução é composta das seguintes estruturas: Tomada de água a montante da barragem na margem esquerda do reservatório, túnel com seção em arco-retângulo 3,80 x 3,80 m, chaminé de equilíbrio em concreto com diâmetro de 6 m, conduto forçado com diâmetro de 2,85 m e casa de Máquinas com duas unidades de Francis dupla com potência instalada total de 6,08 MW.

A seguir estão apresentados o arranjo geral das estruturas da PCH Salto Forqueta e a Ficha Técnica atualizada.

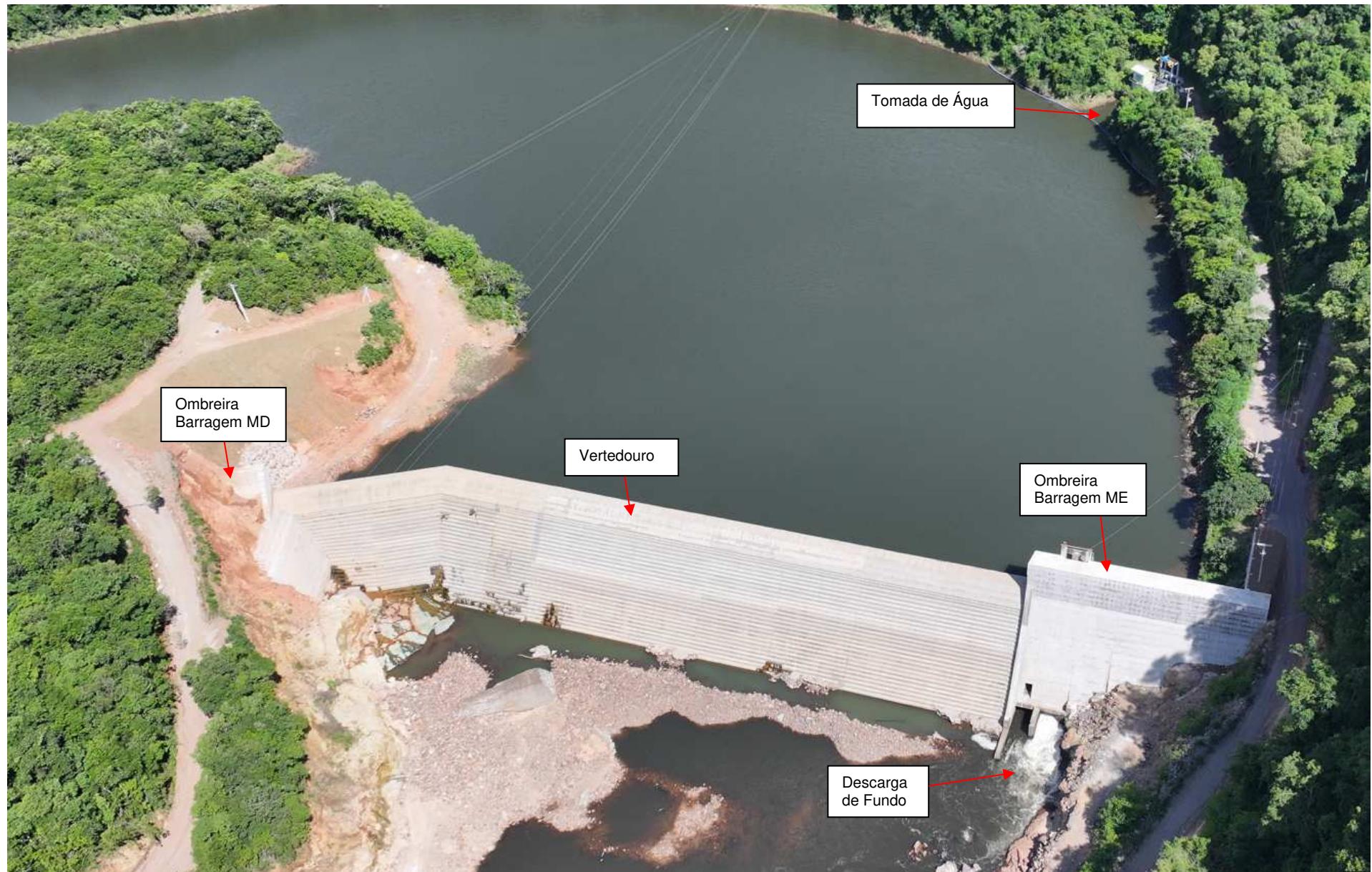


Figura 1 – Estruturas do Barramento da PCH Salto Forqueta

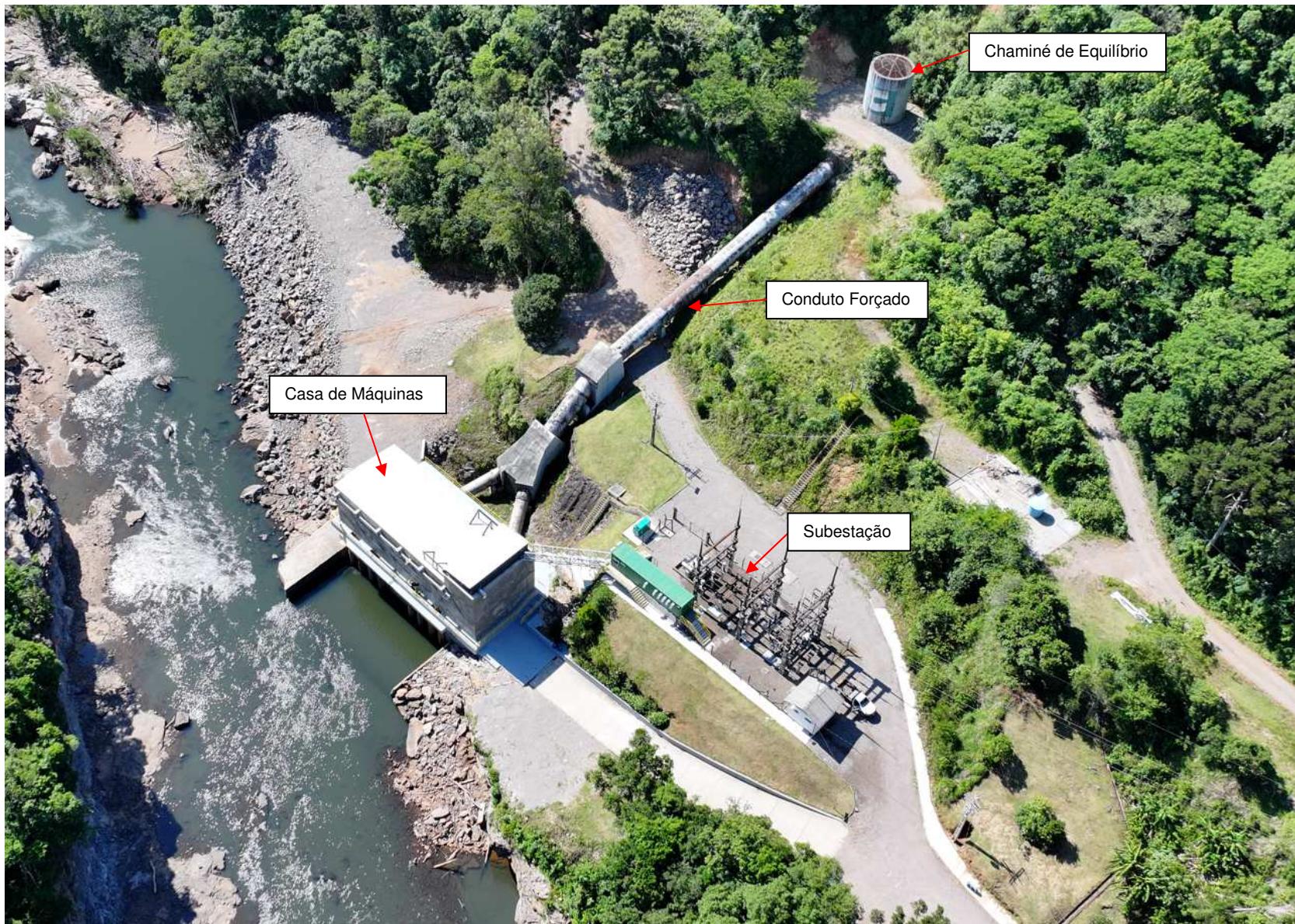


Figura 2 – Casa de máquinas da PCH Salto Forqueta

 ANEEL AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA	FICHA TÉCNICA PCH		SFG
	LOCAL E DATA: TEUTÔNIA, 05 OUTUBRO DE 2025.		
IDENTIFICAÇÃO			
Nome da Usina: PCH SALTO FORQUETA Situação: Em Operação	Empresa: Certel - Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia Potência Instalada (MW): 6,08		
LOCALIZAÇÃO			
Município: Putinga/ME e São José do Herval /MD Curso d'água: Rio Forqueta Sub-Bacia / Código: 86 Bacia / Código: bacia hidrográfica do Atlântico Sudeste / 08	Estado: Rio Grande do Sul Latitude: 29° 04' 47" S DATUM – SIRGAS 2000	Longitude: 52° 12' 34" W	
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS			
VAZÕES CARACTERÍSTICAS Vazão MLT (m ³ /s): 18,40 Vazão Firme 95% (m ³ /s): 2,62 Vazão Mínima Média Mensal (m ³ /s): 0,31 VAZÕES EXTREMAS (1957 a 2024) Vazão Máxima de Projeto (m ³ /s) (1.000 anos): 3.453,92	Vazão Sanitária (m ³ /s): 0,24 Período do Histórico Completo: 1957 a 2024 Área de Drenagem do Barramento (km ²): 600,00 VAZÕES "ULTIMATE CAPACITY" (1957 a 2024) Vazão Máxima de Projeto (m ³ /s) (10.000 anos): 4.580,66 Vazão Máxima de Projeto (m ³ /s) (Ultimate capacity): 4.629,54		
RESERVATÓRIO			
NAs DE MONTANTE NA Máximo Excepcional (m): 211,80 NA Máximo Normal (m): 206,80 NA Mínimo Normal (m): 205,30 NAs DE JUSANTE NA Máximo Excepcional (m): 187,50 NA Máximo Normal (m): 173,26 NA Mínimo Normal (m): 172,76	ÁREAS INUNDADAS No NA Máximo Excepcional (km ²): 0,558 No NA Máximo Normal (km ²): 0,346 No NA Mínimo Normal (km ²): 0,319 VOLUMES No N.A. Máximo Normal (hm ³): 3.232 No N.A. Mínimo Normal (hm ³): 2.810 Útil (m ³): 0,422		
BARRAGEM (OMBREIRAS)			
CARACTERÍSTICAS Tipo: Gravidade Comprimento Total da Crista nas Ombreiras (m): 206,30 Altura Máxima (m): 29,50 Cota da Crista (m): 213,30			
VERTEDOURO			
CARACTERÍSTICAS Tipo: Soleira livre (<i>perfil Creager</i>) Capacidade (m ³ /s): 3.453,92 Capacidade (m ³ /s): 4.629,54 (ultimate capacity) Cota da Soleira (m): 206,80 Comprimento Total (m): 152,00	CARACTERÍSTICAS Tipo: Estrutural Altura (m): 14,00 Comprimento Total (m): 6,00	COMPORTAS Tipo: Vagão Acionamento: hidráulico Largura (m): 4,00 Altura (m): 3,90	
TÚNEL DE ADUÇÃO			
CARACTERÍSTICAS Comprimento (m): 124,00 Seção: Arco retângulo Base(m): 3,80 Arco (m): 1,95	CARACTERÍSTICAS Diâmetro Interno (m): 2,85 / Trecho Bifurcado: 1,95 Número de Unidades: 01 / 02 Comprimento (m): 76,00 / 2 x 14,00		
CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO			
CARACTERÍSTICAS Diâmetro (m): 6,00 Altura (m): 12,63	CARACTERÍSTICAS Tipo: Abrigada Unidades Gerasadoras: 02 Largura (m): 10,00 Comprimento (m): 30,00 Cota de Proteção (m): 187,50		
TURBINAS			
Tipo: Francis Dupla Quantidade: 02 Potência Nominal Unitária (MW): 3,19 Vazão Nominal Unitária (m ³ /s): 11,26 Rotação Síncrona (rpm): 514 Rendimento Máximo (%): 92,00	Potência Nominal Unitária (MVA): 3,80 Tensão Nominal (kV): 6,6 Rotação Nominal (rpm): 514 Fator de Potência: 0,8 Rendimento Máximo (%): 96,00		
ESTUDOS ENERGÉTICOS			
Potência da Usina (MW): 6,08 Energia Firme (MW): 3,34 Queda Bruta Máxima (m): 33,54 Queda Líquida de Referência (m): 31,75	Tensão (kV): 69 Extensão (km): 30,00 Local de Conexão: SE Certel 03 em Canudos do Vale		

Figura 3 – Ficha Técnica SFG/ANEEL, 2025

3.1 Localização e acessos

A distância rodoviária de Porto Alegre via BR-116 até o local do aproveitamento é de aproximadamente 183 km, sendo 9 km em estrada vicinal e 174 km de asfalto. O acesso rodoviário, a partir de Porto Alegre, pode ser feito, via BR-116, percorrendo-se 4 km até BR 386 Canoas. A partir deste ponto, pela BR-386 são percorridos 170 km em direção a São José do Herval. Depois de passar pelo município de Pouso Novo percorre mais 9 km até o km 291 da BR-386, no local denominado Picada Taquari. Daí tomando a estrada vicinal à direita, em direção a linha Passo Novo (Putinga-RS) onde são percorridos cerca de 9 km até o local do Barramento da PCH Salto Forqueta O aeroporto mais próximo e com operações regulares está situado em Porto Alegre.

As coordenadas geográficas específicas do eixo do barramento são 29°5'0,8" de latitude sul e 52°12'29,4"" de longitude oeste.

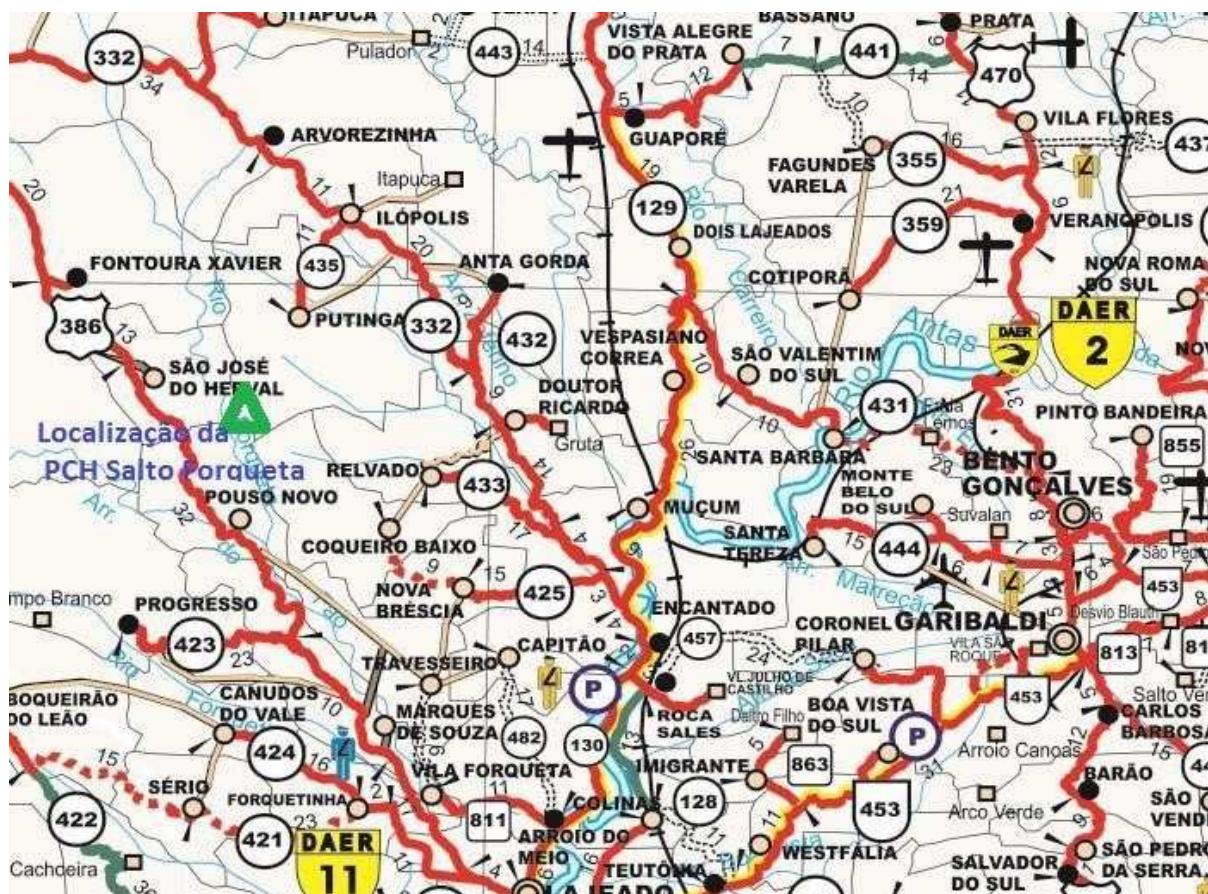


Figura 4 – Mapa de acessos ao local da PCH Salto Forqueta

A Figura 5 apresenta localização da Usina e a Figura 6 área resguardada (reservatório, APP e Estruturas da Usina). Estes desenhos estão apresentados no Anexo II – Área Resguardada e Acessos.

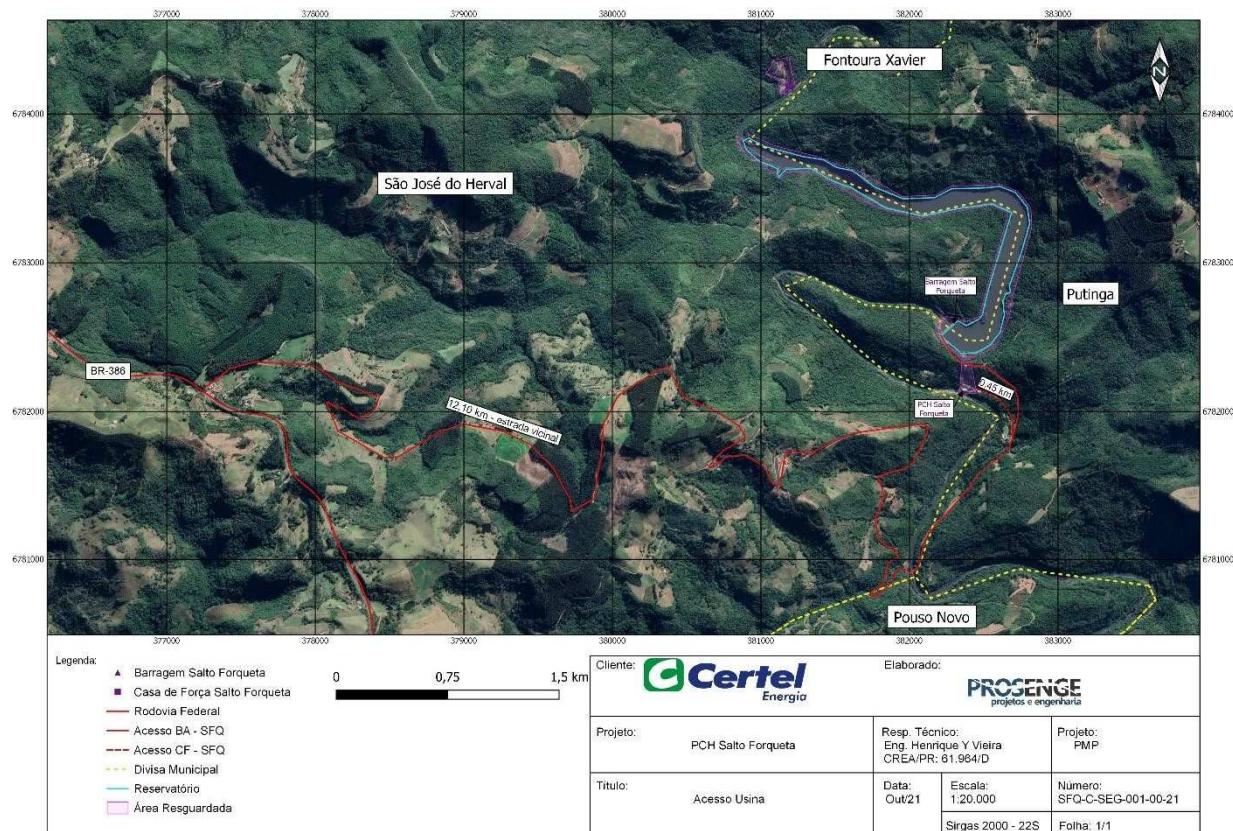


Figura 5 – Localização e acesso da Usina

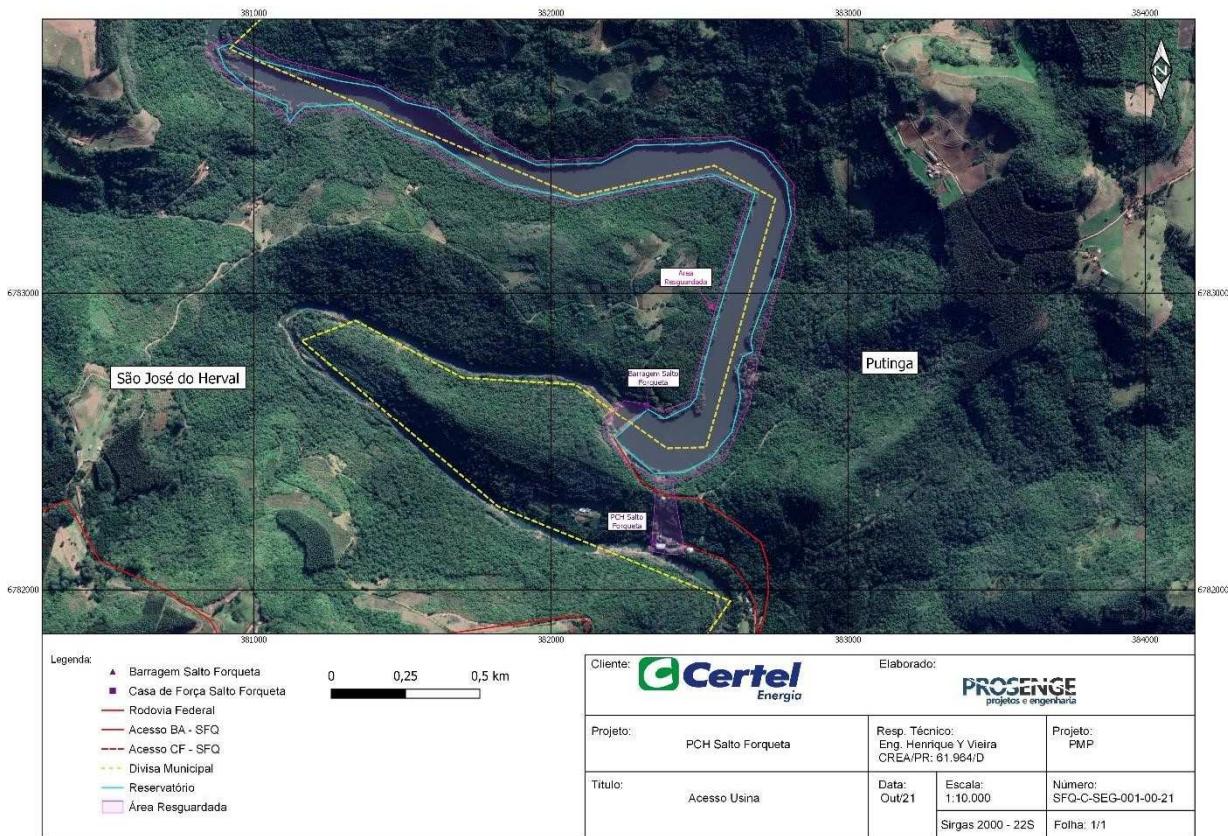


Figura 6 - Mapa da área resguardada

3.2 Dados Gerais

Empresa	Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia - CERTEL
Empreendimento.....	PCH Salto Forqueta
Localização	Rio Forqueta (Linha Passo Novo)
Municípios (barragem).....	Margem direita: São José do Herval Margem esquerda: Putinga
Município (Casa de máquinas).....	Margem esquerda: Putinga
Sub-bacia	86
Bacia	08
Estado	Rio Grande do Sul
Área de drenagem	600 km ²
Potência instalada	6.080 kW

3.3 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH Salto Forqueta está fixado na El 206,80 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 3,40 hm³ e ocupa uma área de 34,6 hectares ou 0,346 km².

A figura abaixo apresentam a curva cota x área x volume do reservatório.

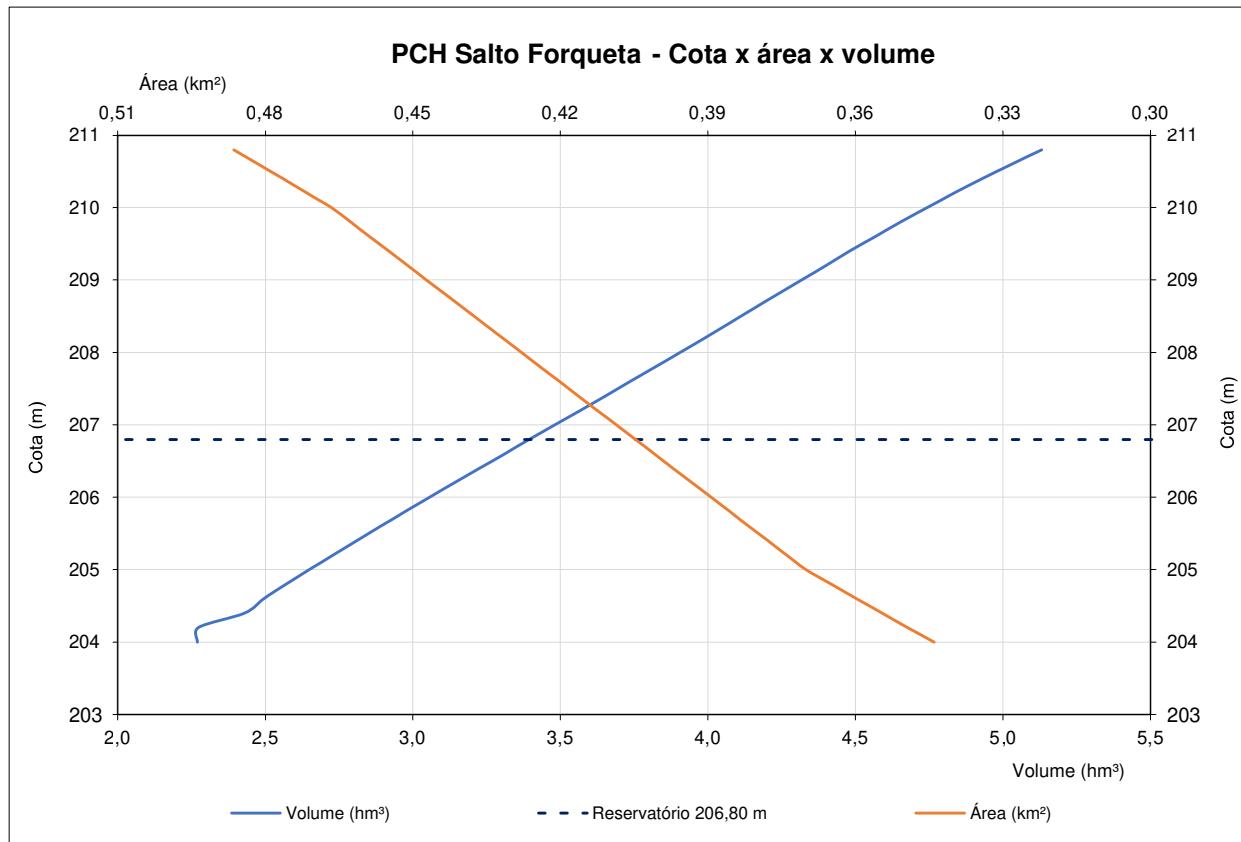


Figura 7 - Cota x Área x Volume – Reservatório PCH Salto Forqueta

3.4 Aproveitamentos Hidrelétricos

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

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Forqueta, próximos a PCH Salto Forqueta

Posição em relação à PCH Salto Forqueta	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
	PCH Rastro de Auto	7,02	Certel Rastro de Auto Geração de Energia S/A	Operação
PCH Salto Forqueta		6,08	Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL	Recuperada/Operação
Jusante	PCH Moinho Velho	4,10	CERTEL Desenvolvimento	DRS – Projeto Básico
	PCH Vale Fundo	5,60		
	PCH Vale do Leite	6,00		
	PCH Olaria	4,00		

Fonte (Aneel, 2021)

- Não existe nenhuma usina a jusante da PCH Salto Forqueta em operação.

3.5 Barragem / Vertedouro

Tipo	Gravidade
Operação inicial.....	ano 2002
Idade (a partir do 1º enchimento) da barragem em 2025.....	23 anos
Material de construção estruturas do barramento.....	Concreto convencional/ciclópico
Comprimento total da crista do barramento (ombreiras+vertedouro).....	200,55 m
Ombreira Direita – comprimento.....	8,20 m
Largura da crista da ombreira direita.....	2,00 m
Município – margem direita.....	São José do Herval/RS
Altura máxima da ombreira direita.....	7,95 m
Ombreira Esquerda – comprimento.....	40,35 m
Largura da crista da ombreira esquerda.....	3,00 m
Município – margem esquerda.....	Putinga/RS
Altura máxima da ombreira esquerda.....	19,30 m
Cota de proteção das ombreiras (coroamento).....	213,30 m
Vertedouro tipo.....	soleira livre “perfil creager”
Tipo calha vertente.....	em degraus
Inclinação do paramento do vertedouro (jusante).....	0,85 H : 1V
Inclinação do paramento do vertedouro (montante).....	0H :1V
Comprimento total da crista do vertedouro antes da recuperação	95,00 m
Comprimento total da crista do vertedouro após recuperação 2025	152,00 m
Altura máxima do bloco vertedouro.....	21,50 m
Cota da crista do vertedouro	206,80 m
Cota do nível máximo maximorum (TR = 1.000 anos).....	211,80 m
Cota do nível máximo maximorum (TR = 10.000 anos).....	212,56 m
Cota do nível máximo em Ultimate Capacity.....	213,30 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro calculada para TR = 1.000 anos.....	5,00 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro admitida (Ultimate Capacity).....	6,50 m
Vazão máxima média diária (TR = 1.000 anos)	1.802,10 m ³ /s
Vazão máxima média diária (TR = 1.000 anos) atualizada 2025	3.453,92 m ³ /s
Vazão máxima média diária (TR = 10.000 anos) atualizada 2025	4.580,66 m ³ /s
Vazão de cálculo do vertedouro antes da recuperação	1.802,10 m ³ /s
Vazão de cálculo do vertedouro atualizada 2025	3.453,92 m ³ /s
Vazão máxima em Ultimate Capacity antes da recuperação	2.188,13 m ³ /s
Vazão máxima em Ultimate Capacity atualizada 2025	4.629,54 m ³ /s

Após o evento de enchente extrema ocorrido em 2024 as estruturas que compõe a PCH passaram por recuperação, reforço e alteamento visando absorver os novos e atualizados estudos hidrológicos, estrutural e de rompimento.

3.5.1 Descarga de Fundo da Barragem

Comporta descarga de fundo	01 unidade
Tipo de comporta.....	vagão
Dimensões.(passagem livre)	3,50 m x 3,40 m (L x H)
Acionamento das comportas	hidráulico/manual
Cota do piso de operação da comporta da descarga de fundo.....	210,80 m
Cota da soleira da comporta da descarga de fundo.....	186,30 m
Altura de pressão máxima sobre a comporta da descarga de fundo.....	27,00 m
Altura soleira comporta descarga de fundo até cota de proteção das ombreiras.....	27,00 m

3.5.2 Curva de Descarga do Vertedouro

A Figura 8 apresenta a curva de descarga do vertedouro.

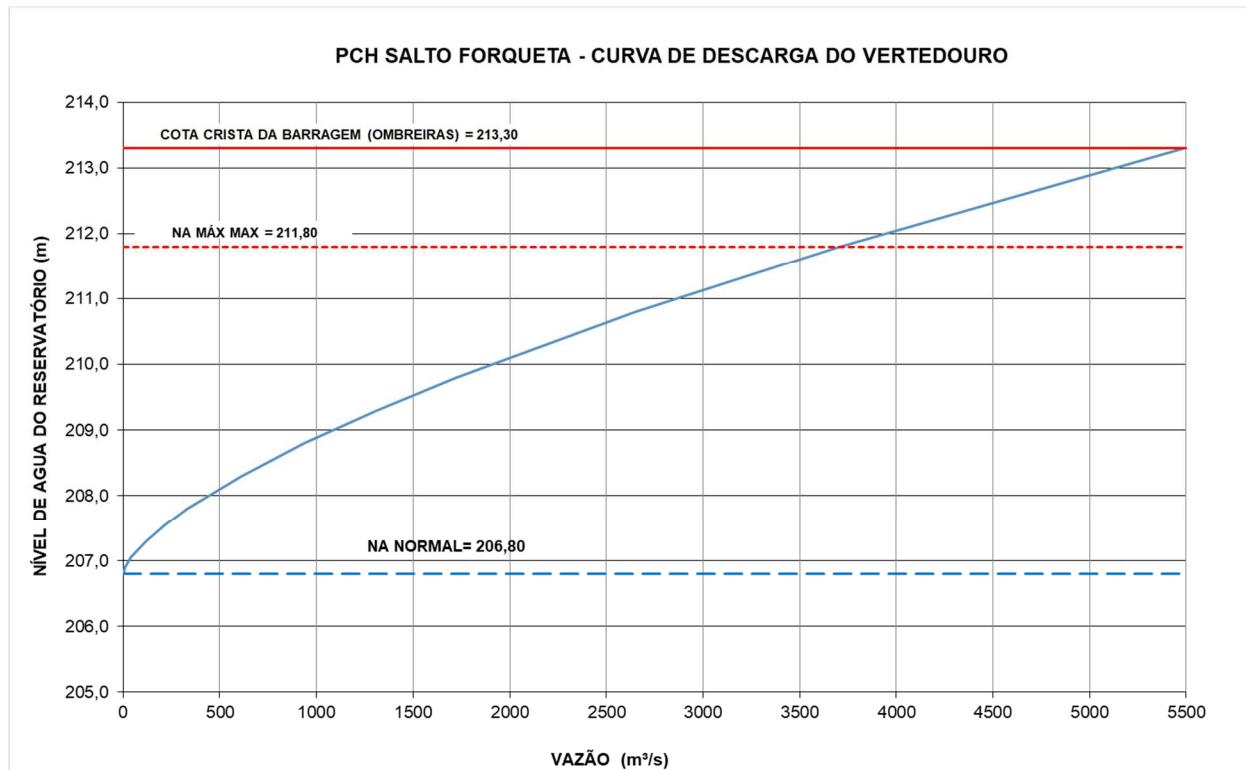


Figura 8 – Curva de Descarga – Vertedouro



Figura 9 – Vertedouro da PCH Salto Forqueta

Os documentos do projeto executivo – Como Construido “As Built” da Barragem/Vertedouro estão apresentados no Anexo I – 2-Estruturas.

3.6 Circuito Hidráulico de Adução

3.6.1 Tomada de Água

Margem do Reservatório.....	esquerda
Comporta.....	01 unidade
Dimensões (passagem livre).....	4,00 m x 3,90 m (L x H)
Acionamento	automático com pistão hidráulico
Quantidade de grades finas.....	01 unidade
Espaçamento entre barras.....	30 mm
Dimensão das barras.....	5/8" x 4"
Seção livre das grades.....	4,00 m x 7,00 m (L x H)
Inclinação das grades.....	75°
Nível de água máx.....	210,30 m
Cota do piso de operação da comporta.....	210,80 m
Cota de fundo (soleira).....	198,80 m
Altura de pressão máxima sobre a comporta.....	11,50 m
NA máximo maximorum montante após recuperação 2025	211,80 m
NA máximo normal montante.....	206,80 m
NA mínimo normal montante.....	205,30 m
NA máximo maximorum jusante.....	180,76 m
NA máximo normal jusante.....	173,26 m
NA mínimo normal jusante.....	172,76 m

3.6.2 Túnel de Adução

Localização.....	margem esquerda do reservatório após a tomada d'água
Tipo de Seção.....	arco retângulo escavado em rocha com revestimento
Tipo de revestimento.....	concreto projetado com tela metálica
Comprimento.....	124,00 m
Largura do Túnel.....	3,80 m
Diâmetro médio com revestimento.....	3,80 m
Declividade	1,67 m/km
Velocidade média d'água no túnel.....	1,95 m/s
Raio hidráulico	0,90 m
Área	11,57 m ²

3.6.3 Chaminé de Equilíbrio

Estrutura de transição do túnel de adução e a tubulação forçada.

Tipo de Material.....	concreto armado
Função.....	absorver a rejeição total de carga associado ao nível de operação do circuito
Reforço/Alteamento (2025).....	Chapa metálica em aço COSACOR
Altura do Reforço/Alteamento.....	2,50 m
Cota do fundo da chaminé de equilíbrio.....	198,10 m
Cota da borda superior da chaminé de equilíbrio.....	214,60 m
Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio.....	6,00 m
Altura da chaminé de equilíbrio após recuperação 2025	17,00 m

3.6.4 Conduto Forçado

Quantidade.....	01 unidade
Bifurcação.....	1 x 2,85 m / 2 x 1,95 m
Comprimento total.....	76,0 m
Diâmetro antes da bifurcação.....	2,85 m
Comprimento antes da bifurcação.....	48,30 m
Diâmetro após a bifurcação.....	1,95 m
Comprimento após a bifurcação.....	2 x 14,00 m
Material.....	aço carbono
Espessura da chapa	1/4"e 5/16"

3.6.5 Casa de Máquinas e Canal de Fuga

A casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta 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 esquerdo das turbinas.

A fundação da Casa de Máquinas está na El. 170,56 m e o piso dos sala de máquinas está na El. 173,76 m.

O nível de água normal no canal de fuga está na El. 173,26 m e o cota de proteção encontra-se na El. 188,55 m.

Na sucção estão instaladas duas ranhuras por turbina para comportas tipo stop-logs.

O canal de fuga, com função de restituir a água utilizada ao leito natural do rio é construído em concreto armado. Este canal possui 10,50 m de comprimento.

3.7 Instrumentação

Após os eventos de cheia extremos ocorridos em 2024, foi decidido desativar a galeria de drenagem e seus instrumentos, pois em caso de ocorrência de cheias a mesma fica submersa e portanto perde suas funções de alívio de subpressão. Com o reforço estrutural a mesma foi considerada desativada.

Para instrumentação da barragem foi optado no uso de pares de pinos junto as juntas de dilatação para monitoramento e controle de deslocamentos superficiais, deslocamentos angulares, e deslocamentos relativos e absolutos, tendo como referência dois marcos de referência geodésicos instalados, sendo 01 (um) na margem direita e outro na margem esquerda da barragem.

3.8 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Salto Forqueta são:

- NA Normal Montante = 206,80 m;
- NA Máximo Maximorum Montante = 211,80 m (TR=1.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 213,30 m;
- NA Normal Jusante = 173,26 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante (casa de máquinas) = 187,50 m

-
- Cota de Proteção Casa de Máquinas = Pátio está na El. 180,00 m, porém a Casa de Máquinas foi vedada até El. 188,55 m.

Os desenhos principais contendo arranjo geral e estruturas civis da Usina estão apresentados no Anexo I – Dados, 2 - Estruturas.

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 Salto Forqueta são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Salto Forqueta possui área de drenagem de 600 km². No reservatório o volume total é de 3,40 hm³ e formado por um barramento de concreto com altura máxima de 29,50 m.

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

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

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

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

Portanto, o risco adotado pelo projeto da obra hidráulica da PCH 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

O tempo de retorno adotado no projeto (TR=1.000 anos) os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto variam de **0,10% a 4,88%** considerando os diferentes períodos de vida útil do empreendimento.

4.1.2 Risco de Colapso Estrutural

Após a enchente ocorrida no ano de 2024 foi necessário a intervenção nas estruturas do barramento com alteamento das ombreiras de proteção e reforço estrutural do paramento do vertedouro. O barramento da PCH Salto Forqueta foi projetado obedecendo aos critérios e as condições de estabilidade estando com os fatores segurança atendendo aos preconizados pelos manual “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas-Eletrobrás – outubro/2003”.



Figura 10 – Vista Geral da Barragem

Para a elaboração deste capítulo foram utilizados os documentos do Projeto Executivo elaborados para a fase de implantação/recuperação da PCH Salto Forqueta e dados atualizados do estudo hidrológico.

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

Além da avaliação das estruturas civis por meio da inspeção realizada em campo, 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 atualizados e considerando o evento extremo ocorrido em abril e maio de 2024, que superaram em muito os dados históricos existentes de anos anteriores.

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 e o tempo de percurso da onda de cheia (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 por uma cheia associada a um menor tempo de recorrência num cenário de ruptura em dia de sol;
- por uma cheia conhecida, 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 (QTurb)

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

b) Situação Enchentes – Ruptura com enchentes

Correspondem à condição enchente extrema de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 10, 100, 1.000 e 10.000 anos de recorrência, sendo a vazão TR-1.000 a que corresponde a cheia de dimensionamento do vertedouro.

4.2.1 Classificação das Situações

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

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

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

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

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

- Vermelho Claro – Essa condição se caracteriza pela necessidade de retirada dos atingidos na zona de autossalvamento (ZAS) e alerta para a defesa civil da ocorrência de um evento de cheias extremas, acima do TR 1.000 anos, ou de problema na estrutura do barramento que pode ocasionar o rompimento podendo ser evitado com as manutenções corretas;
- Vermelho Escuro – Nessa condição é necessária a retirada urgente dos atingidos na ZAS e alerta para a defesa civil da emergência 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

O estudo de rompimento e de propagação da cheia associada, contempla o mapa de inundação para os possíveis cenários de ruptura da barragem, considerando o pior cenário identificado, sendo indicado a metodologia e software adotados e os critérios, premissas e parâmetros utilizados para a elaboração do mapa de inundação, com a indicação do nível de precisão do levantamento topográfico, os tempos estimados da onda de impacto a jusante, e seu risco hidrodinâmico.

O pior cenário de ruptura da barragem deve considerar o maior impacto entre a área atingida pela inundação incremental de rompimento em cenário da cheia natural considerada no projeto de dimensionamento do vertedouro, ou no estudo hidrológico mais atualizado; e a área atingida por inundação proveniente de rompimento em dia seco, independentemente de cheia natural.

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nas simulações das consequências (hidrograma de ruptura) para as hipóteses acidentais identificadas (cheias natural/extremas e rompimento da barragem).

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

5.1 Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da PCH 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 hipotético 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 Salto Forqueta 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 extravasor 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 11 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

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

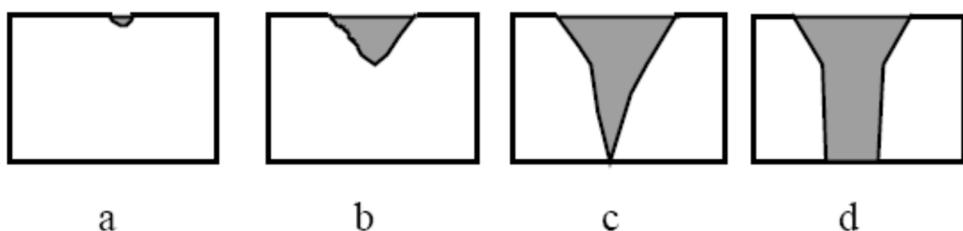


Figura 11 – Formação de brecha por galgamento (Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32)

5.1.5 Infiltração (Piping)

A infiltração ocorre devido à passagem da água através das paredes da barragem. 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 12 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.

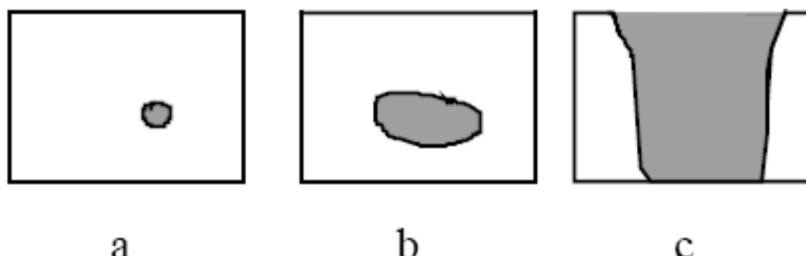


Figura 12 – Formação da brecha por infiltração (Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32)

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 13 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 a barragem de terra ou de concreto em gravidade.



Figura 13 – Exemplo de Brecha resultante de falha nas fundações (Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33)

5.1.7 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 barragem da PCH Salto Forqueta é de Concreto, os processos de ruptura hipotética da barragem podem ser deflagrados por colapso estrutural, ou por rompimento junto as ombreiras, isto é, contato concreto/solo ou contato concreto/rocha.

Baseado no tipo de material de construção da barragem, USACE (2014) sugere o emprego da Tabela 3 como norteador na adoção dos valores dos coeficientes de descarga associados ao corpo do barramento e ao *colapso*.

Tabela 3 – Coeficientes de descarga

Tipo de barragem	Coeficiente de vazão da brecha	Coeficiente de descarga para o piping
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 14 ilustra os parâmetros de forma da brecha de ruptura, bem como sua representação no modelo numérico conceitual.

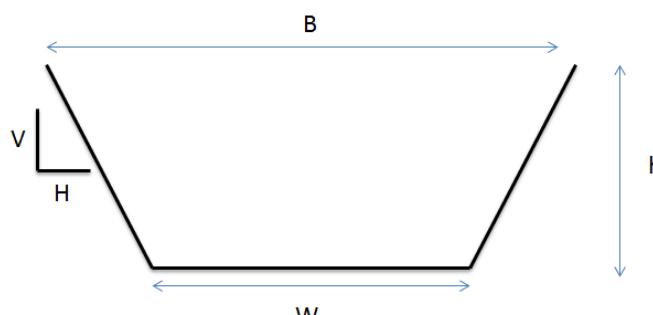


Figura 14 – Representação dos parâmetros de forma da brecha de ruptura

Schaefer (1992) coloca que a representação numérica do rompimento hipotético de uma barragem de concreto ou elementos mecânicos da barragem, tal como portas, 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 barragem de concreto, encontra-se exposto na Tabela 4.

Tabela 4 – 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)
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)

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.

5.1.8 Parâmetros de Ruptura da Barragem

Para a Barragem da PCH Salto Forqueta, 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.

5.1.9 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 Salto Forqueta 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 15 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.

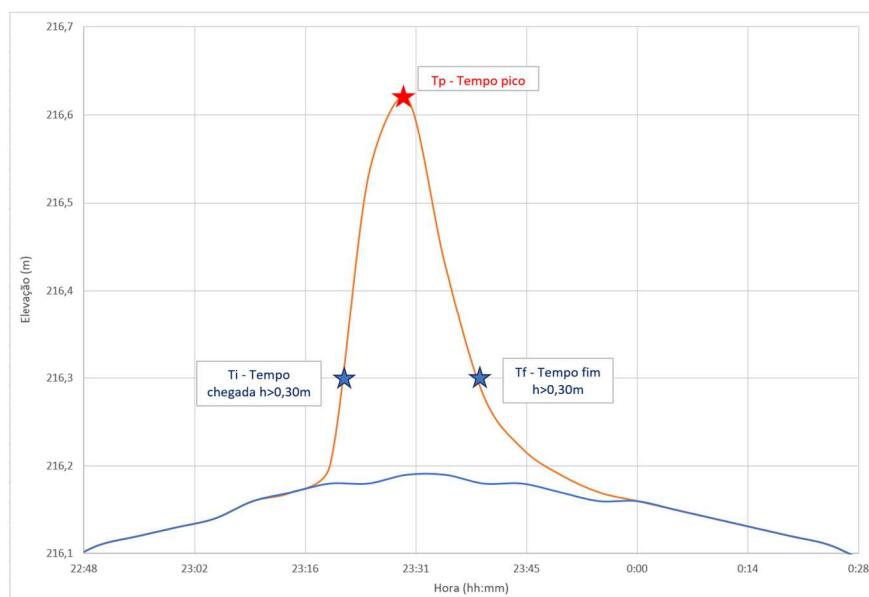


Figura 15 – Exemplo dos tempos da onda

5.1.10 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.

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.

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 ³)	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 de 3,40 hm³ a extensão do trecho de modelagem considerada é no máximo 25 km, pois a onda causada por rompimento é amortecida a 23,90 km do eixo do barramento.

5.1.11 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 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;
S_f = declividade da linha de energia.

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

O HEC-RAS aplica as equações em regime permanente, para casos 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.

5.1.12 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.

5.1.13 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.

5.1.14 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 (Tabela 5).

Tabela 5 – Número esperado de vítimas em função do tempo de alerta

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

Fonte: Adaptado de USBR, 1999.

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

Risco hidrodinâmico=H×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 da Tabela 6.

Tabela 6 – Consequências do Risco Hidrodinâmico

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

Fonte: Adaptado de SYNAVEN, 2000.

Viseu (2006) estabeleceu critérios para graduação do risco em função da profundidade e da velocidade. Considera-se o fato de que na área inundada existam edificações para proteção das pessoas em diferentes profundidades. Este é o princípio de evacuação vertical, em que se considera que as pessoas podem se deslocar para pavimentos superiores na tentativa de evitar a cheia. Os Tabela 7 e Tabela 8 a seguir apresentam estas graduações.

Tabela 7 – Nível de perigo para seres humanos

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

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

Tabela 8 – Nível de perigo para edificações

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

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

O risco hidrodinâmico será avaliado somente para a condição de dimensionamento do Vertedouro, ou seja, TR 1.000 anos, e seguirá a legenda da Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

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

5.2 Dados de entrada utilizados

5.2.1 Trecho da análise

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece o trecho de análise da simulação do rompimento da Barragem deverá ser estendido até Barragem de jusante com capacidade de amortecimento da onda. Já a Agência Nacional de Águas – ANA no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece conforme descrito item 5.1.7, 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 hm³ - 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 Salto Forqueta como o volume do reservatório está entre 3 - 50 hm³ (3,40 hm³) a extensão do trecho de modelagem foi considerada desde o reservatório até 25 km a jusante do Barramento.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 25 km ao longo do eixo do rio Forqueta, passando pelos ribeirinhos de jusante e pelo local da Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta, atende a todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de média altura (21,50 m), volume do reservatório pequeno (3,40 hm³) 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.

Os desenhos SFQ.PAE.MPI-028 ao SFQ.PAE.MPI-033 – Localização Seções de 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 do estudo de inventário do rio Forqueta e dos Projetos básicos desenvolvidos pela Cooperativa.

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 abrange o 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 Salto Forqueta, foram:

5.2.2.2.1 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 dissipaçāo do barramento da PCHSF.

5.2.2.2.2 PCH Moinho Velho

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

5.2.2.2.3 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.

5.2.2.2.4 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.

5.2.2.2.5 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

Tipo	Gravidade
Material de construção estruturas do barramento.....	Concreto convencional/ciclópico
Comprimento total da crista do barramento (ombreiras+vertedouro).....	200,55 m
Ombreira Direita – comprimento.....	8,20 m
Largura da crista da ombreira direita.....	2,00 m
Município – margem direita.....	São José do Herval/RS
Altura máxima da ombreira direita.....	7,95 m
Ombreira Esquerda – comprimento.....	40,35 m
Largura da crista da ombreira esquerda.....	3,00 m
Município – margem esquerda.....	Putinga/RS
Altura máxima da ombreira esquerda.....	19,30 m
Cota de proteção das ombreiras (coroamento).....	213,30 m
Vertedouro tipo.....	soleira livre “perfil creager”
Tipo calha vertente.....	em degraus
Inclinação do paramento do vertedouro (jusante).....	0,85 H : 1V
Inclinação do paramento do vertedouro (montante).....	0H :1V
Comprimento total da crista do vertedouro após recuperação 2025	152,00 m
Altura máxima do bloco vertedouro.....	21,50 m
Cota da crista do vertedouro	206,80 m
Cota do nível máximo maximorum (TR = 1.000 anos).....	211,80 m
Cota do nível máximo em Ultimate Capacity.....	213,30 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro calculada para TR = 1.000 anos.....	5,00 m
Lâmina máxima sobre o vertedouro admitida (Ultimate Capacity).....	6,50 m
Vazão máxima média diária (TR = 1.000 anos) atualizada 2025	3.453,92 m ³ /s

Vazão de cálculo do vertedouro atualizada 2025	3.453,92 m ³ /s
Vazão máxima em Ultimate Capacity atualizada 2025	5.491,24 m ³ /s

Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos da Tabela 10.

Tabela 10 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados) – TRSUL (Como Construído projeto reforço estrutural e outros)

CÓDIGO (DESENHO)	TÍTULO	ANO
SFQ.RCP.ABT-002	Arranjo Geral	2025
SFQ.RCP.ABT-005	Barragem – Planta Baixa	
SFQ.RCP.ABT-006	Barragem – Vista de Montante - MD	
SFQ.RCP.ABT-008	Barragem – Vista de Montante - ME	
SFQ.RCP.ABT-007	Barragem – Seção S1 e S2 - MD	
SFQ.RCP.ABT-009	Barragem – Seção S1 e S4 - ME	
SFQ.RCP.ABT-010	Barragem – Seção S2 e S3 - ME	

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.

5.2.4.1 Vazões de Cheias

Para a definição do hidrograma foram utilizadas as vazões de cheia com base no estudo hidrológico atualizado para a elaboração da recuperação do vertedouro da PCH Salto Forqueta que indica a cheia com tempo de recorrência (TR) de 1.000 anos instantânea de 3.453,92 m³/s, conforme indicado na tabela a seguir.

Tabela 11 – Vazões de Cheia PCH Salto Forqueta

Vazões de Cheia PCH SALTO FORQUETA		
MÉTODO EXPONENCIAL DE DOIS PARÂMETROS		
TR	Q (m³/s)	Q _{inst} (m³/s)
2	298,86	412,88
10	868,92	1.200,44
50	1.438,98	1.988,00
100	1.684,50	2.327,18
500	2.254,56	3.114,74
1.000	2.500,07	3.453,92
10.000	3.315,64	4.580,66

Para os estudos de rompimento foram consideradas as vazões de cheias correspondentes as TRs 10, 100, 1.000 e 10.000 anos. Assim o hidrograma de cheias foi definido com base nestas 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/Q_p). 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 Salto Forqueta é de 18,40 m³/s, sendo que onde os valores forem menores que este serão substituídos.

Para o caso do estudo de rompimento em dia de sol (*sunny day*) foi utilizada constante a vazão máxima turbinada (22,60 m³/s) ao longo de todo o hidrograma.

A Tabela 12 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 12. As curvas dos hidrogramas estão indicadas na Figura 16.

Tabela 12 – Coeficientes de Desagregação e Valores do Hidrograma para TR 10, 1.000 e 10.000 anos

Coef Desagregação		Tempo (h)	Vazão (m³/s)		
t/tp	Q/Qp		TR-10	TR-1.000	TR-10.000
0,000	0,000	0	18,40	18,40	18,40
0,100	0,015	1	18,40	51,81	68,71
0,200	0,075	2	90,03	259,04	343,55
0,300	0,16	3	192,07	552,63	732,91
0,400	0,28	4	336,12	967,10	1282,58
0,500	0,43	5	516,19	1485,19	1969,68
0,600	0,60	6	720,26	2072,35	2748,40
0,700	0,77	7	924,34	2659,52	3527,11

0,800	0,89	8	1068,39	3073,99	4076,79
0,900	0,97	9	1164,43	3350,30	4443,24
1,000	1	10	1200,44	3453,92	4580,66
1,100	0,98	11	1176,43	3384,84	4489,05
1,200	0,92	12	1104,40	3177,61	4214,21
1,300	0,84	13	1008,37	2901,29	3847,75
1,400	0,75	14	900,33	2590,44	3435,50
1,500	0,65	15	780,29	2245,05	2977,43
1,600	0,57	16	684,25	1968,73	2610,98
1,800	0,43	18	516,19	1485,19	1969,68
2,000	0,32	20	384,14	1105,25	1465,81
2,200	0,24	22	288,11	828,94	1099,36
2,400	0,18	24	216,08	621,71	824,52
2,600	0,13	26	156,06	449,01	595,49
2,800	0,098	28	117,64	338,48	448,90
3,000	0,075	30	90,03	259,04	343,55
3,500	0,036	35	43,22	124,34	164,90
4,000	0,018	40	21,61	62,17	82,45
4,500	0,009	45	18,40	31,09	41,23
5,000	0,004	50	18,40	18,40	18,40

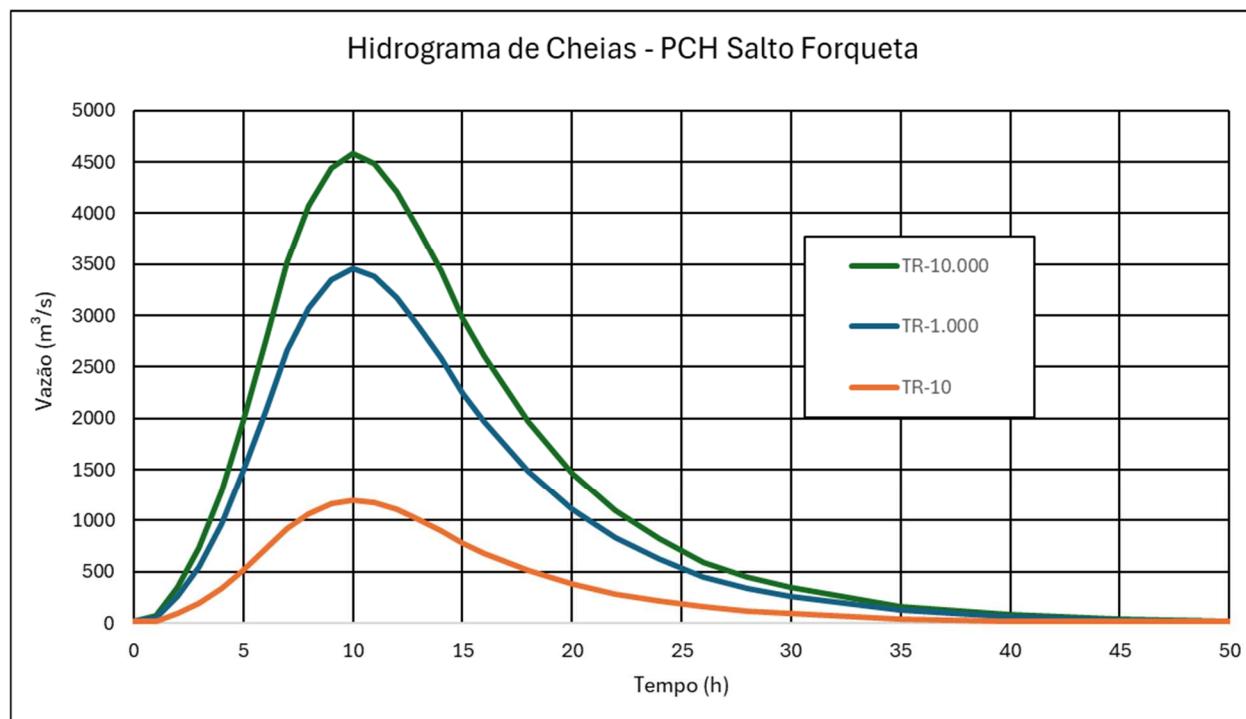


Figura 16 – Hidrograma de Cheias PCH Salto Forqueta

5.2.5 Capacidade de descarga do vertedouro

Com a recuperação da barragem da PCH Salto Forqueta o vertedouro em concreto com soleira livre “tipo Creager” passará a ter 152 m de comprimento e a soleira vertente permanecerá na elevação 206,80 m e a cota de proteção das ombreiras terá elevação 213,30 m. Os estudos hidrológicos atualizados indicam a necessidade de escoamento de uma vazão de 3.453,92 m³/s que corresponde a cheia com recorrência milenar instantânea. Para essa cheia o nível do reservatório da PCH Salto Forqueta chega à elevação 211,80 m. Com esse nível a borda livre atual do projeto passa a ser de 1,50 cm.

Na Figura 17 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 (ombreiras da barragem) e a cota da crista no nível de cheia 1.000 anos instantânea.

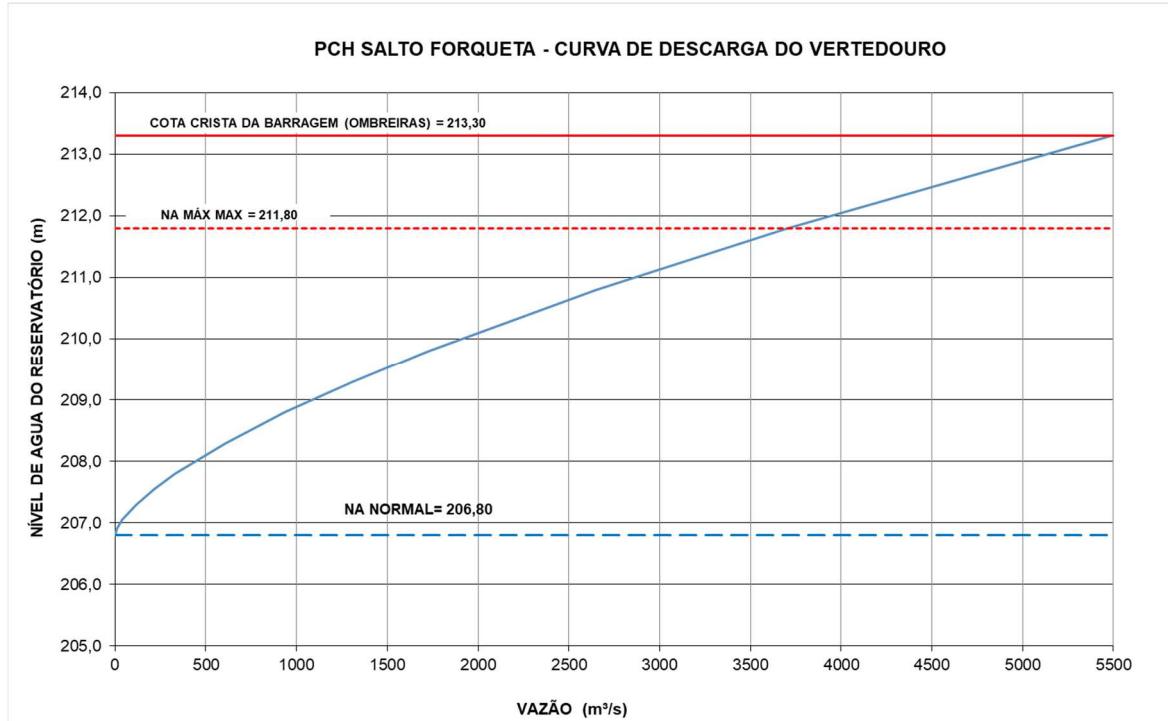


Figura 17 – Curva de Descarga Vertedouro – PCH Salto Forqueta

5.2.6 Calibração do modelo matemático

A geometria do modelo matemático compreende aproximadamente 25,00 km de extensão, a partir do reservatório da PCH Salto Forqueta, de acordo com a Figura 18 a seguir. Ao todo foram inseridas 234 seções transversais, com média de 200 m de espaçamento entre elas, interpoladas a cada 50 m.

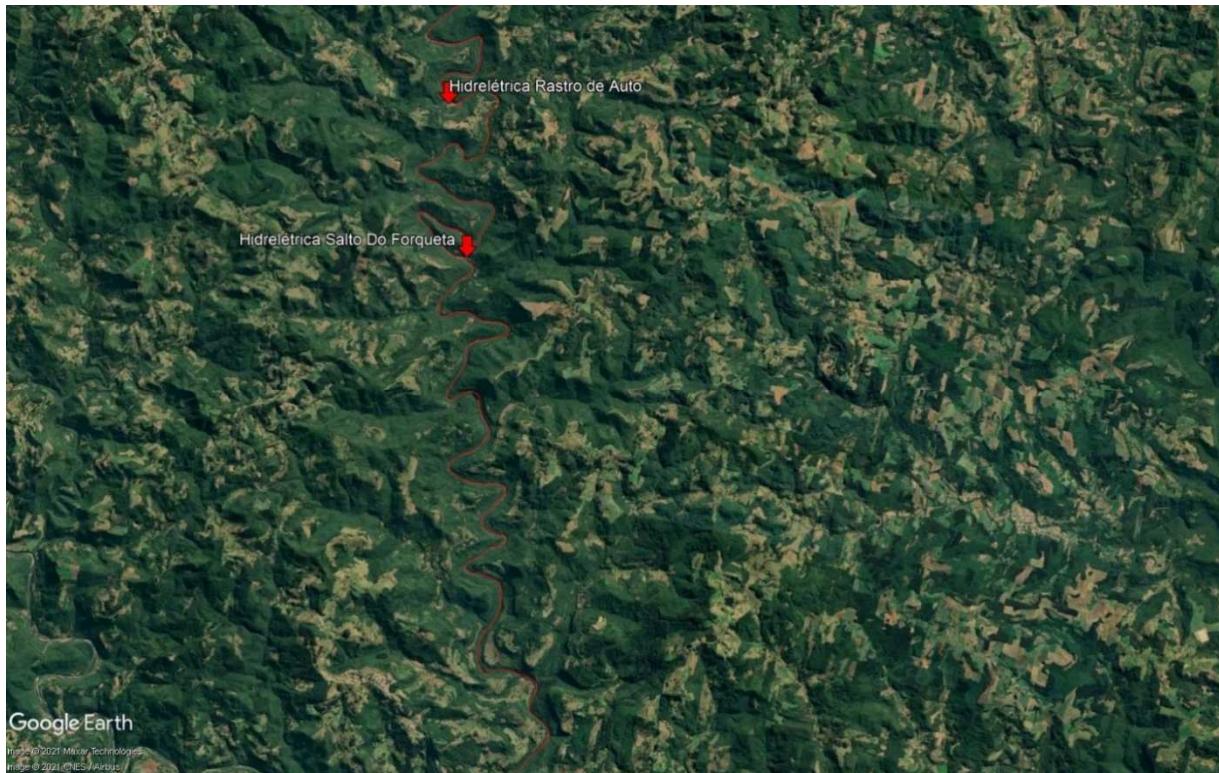


Figura 18 – Abrangência do modelo computacional (Google Earth)

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 13.

Tabela 13 – 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 - Restituição

Os desenhos SFQ.PAE.MPI – 028 ao SFQ.PAE.MPI – 033 – Folhas 01 a 05 apresentam todas as seções lançadas no programa HEC-RAS, desde o reservatório da barragem da PCH Salto Forqueta até 25,00 km a jusante da barragem e estão no Anexo IV.

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.

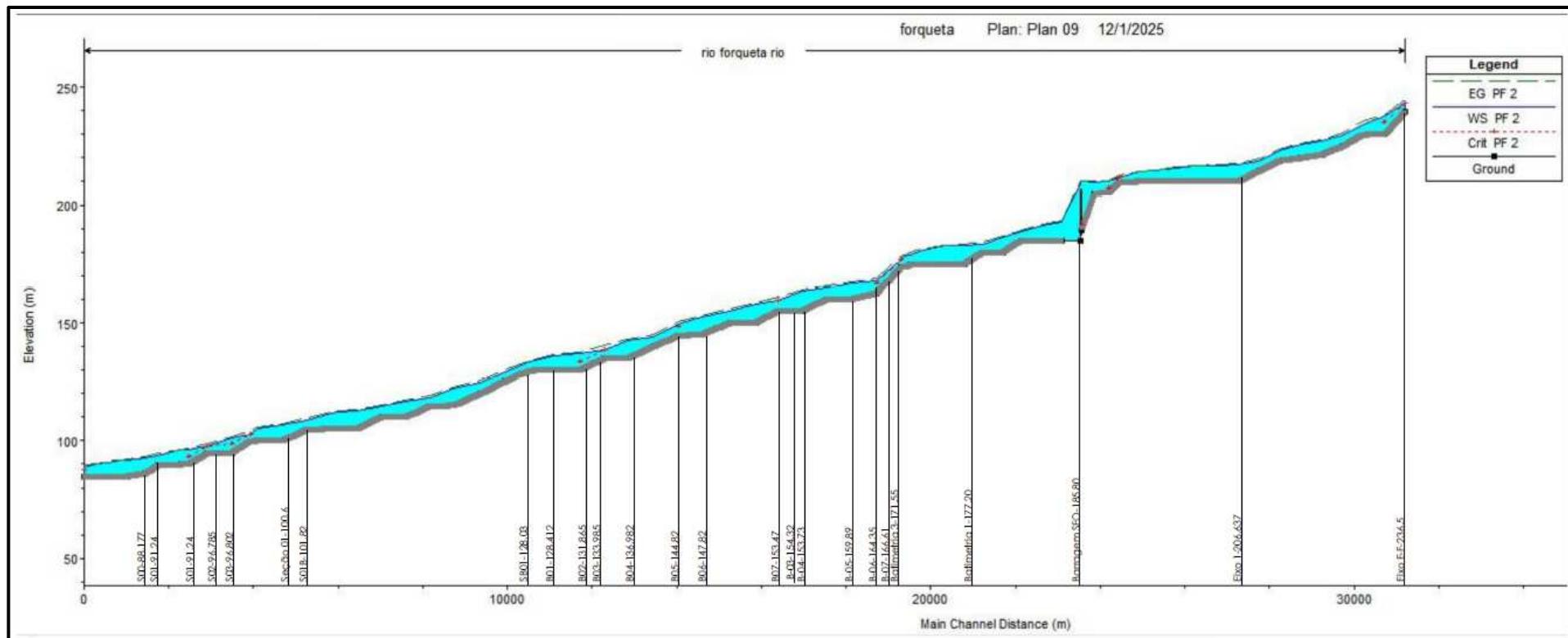
Tabela 14 – Pontos de Apoio para calibração do rio

Seção	Descrição	Nível de Água Campo (m)	Cota Ponte (m)	Usina
139	Barragem SFO	185.8		Salto Forqueta
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		
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		
114	B-06 MV	164.35		
113	Batimetria 7 e Ponte - CF SFO		170.3	Moinho Velho
110	B-05 MV	159.89		
106	B-04 MV	156.73		
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		
64	SB02 - VF	128.033		
63	SB01 - VF	128.03		
39	ST05-VL	104.09		
38	ST04-VL	104.05		

Seção	Descrição	Nível de Água Campo (m)	Cota Ponte (m)	Usina
37	ST03-VL	103.2		Olaria
36	ST02-VL	102.11		
35	ST01-VL	101.9		Vale do Leite
34	ST01A-VL	101.88		
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		Olaria
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 19 a seguir está representado o perfil do escoamento da calibração da propagação da onda ao longo do trecho estudado com vazão turbinada de 22,60 m³/s.



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.

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.

5.3.1.1 Barragem da PCH Salto Forqueta

Será simulado rompimento da Barragem da PCH 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 na ombreira da barragem contato entre os bloco de concreto com o terreno natural, considerado o ponto mais frágil da estrutura do barramento. 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, infiltração no contato concreto/rocha alterada ou colapso estrutural do concreto**.

Para a simulação de rompimento foi adotada uma geometria retangular, largura 30,00 m, rompendo região lateral atendendo os critérios científicos de tamanho da brecha (Item 5.1.7). A Figura 20 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

O tempo de formação adotado foi de 6 minutos, barragem de média altura 28,50 m, e de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha para estrutura de concreto, conforme descrito na Tabela 15.

Tabela 15 – Características da brecha inicial considerada – PCH Salto Forqueta

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	PCH SALTO FORQUETA
Tempo de ruptura (h)	0,10 h
Forma da brecha	Lado Esquerdo Vertical / Lado Direito inclinado 0.5L/1.0H
Largura da brecha (m)	30 m
Profundidade da brecha (m)	28,50 m
Localização da brecha	VT / Ombreira Direita

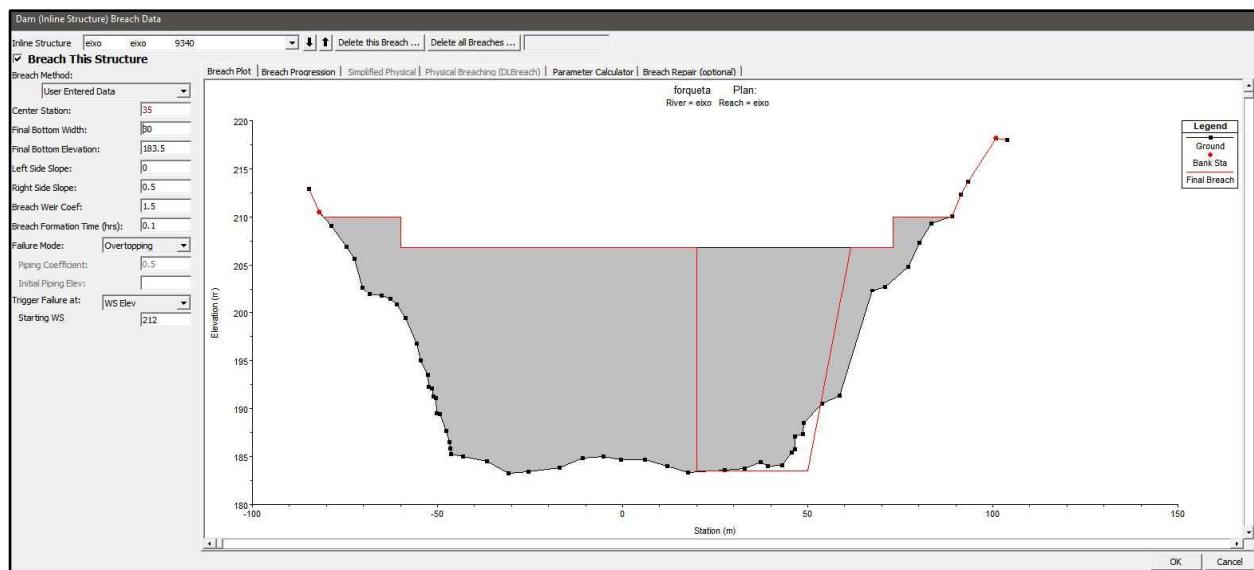


Figura 20 – Dados do Barramento da PCH Salto Forqueta com Brecha rompimento hipotético – Hec-Ras

5.4 Simulações Realizadas

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) da PCH Salto Forqueta 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 16 estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da PCH Salto Forqueta.

Tabela 16 – Hidrogramas para PCH Salto Forqueta

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m ³ /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

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 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 enches 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 21 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos em todas as estruturas e benfeitorias identificadas a jusante (área de influência), e na condição de encheite 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 17 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 encheite, sem rompimento da Barragem nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Não ocorre inundaçāo da Casa de Máquinas das PCH Salto Forqueta em condições enches.

A inundaçāo 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 17 – 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 Encheite (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 18 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 18 – 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 19 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 19 – 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

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 22 e Tabela 23 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 24 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

As Tabela 25, Tabela 26, Tabela 27, Tabela 28 e Tabela 29 apresentam os níveis máximos obtidos nas simulações, na condição de Cheia Natural e com rompimento hipotético da barragem (dam break), e altura máxima da onda (Δ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção. O ponto do barramento a jusante estão selecionados junto com outras seções de interesse que estão definidas nas descrições.

Tabela 20 – 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	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	212,26	-1,04	00:08	00:13	02:15	5,23	

*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

*PCH RDA – PCH RASTRO DE AUTO

Tabela 21 – 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 22 – 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 23 – 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 24 – 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 25 – 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 agua (m)		Altura Maxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			QTurb	Dam Break		íncio 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 26 – 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 agua (m)		Altura Maxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Cheia	Dam Break		íncio 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 27 – 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 agua (m)		Altura Máxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Cheia	Dam Break		íncio 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 28 – 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							
			Nível de agua (m)		Altura Maxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Cheia	Dam Break		íncio 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 29 – 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 agua (m)		Altura Maxima Onda (m)	Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)
			Cheia	Dam Break		íncio 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

5.6 Limite Físico a Jusante da PCH Salto Forqueta

O limite físico do trecho estudado, do reservatório da PCH Salto Forqueta até 25 km a jusante rio abaixo, compreendendo cerca de 25 km. Este trecho atende:

- Limite máximo de 25 km - Volume Reservatório entre 3 - 50 hm³, de acordo ANA.
- Amortecimento da onda, abaixo da altura incremental de 30 cm, de acordo com FEMA.

5.7 Relação Nível de água / Tempo das Seções de Interesse / Detalhe das Simulações

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 inundações.

Tabela 30 – 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 31 – 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	Somente durante turno comercial
2	PROPRIEDADE 01	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Madeira	Residem 03 pessoas - 1 família
3	PROPRIEDADE 02	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Madeira	Uso Eventual de pessoas acampamento / Casa Verde
4	PROPRIEDADE 03	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Madeira	Galpão de Guardar materiais / Garagem
5	PROPRIEDADE 04	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Mista Alvenaria e Madeira	Boteço Uso eventual de pessoas / Bar e Restaurante
6	PROPRIEDADE 05	Linha Passo Novo - Putinga-RS	Mista Alvenaria e Madeira	Uma Pessoa
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	Uma família - 2 Pessoas
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	Não há Uso permanente de pessoas
14	PROPRIEDADE 11	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Edificação mista de Alvenaria e Madeira. Já foi atingida na enchente	Residem 03 famílias - 3 Pessoas no total / Aviário
15	PROPRIEDADE 12	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Edificação já atingida na enchente de 2024	Residem 03 pessoas - 1 família / Casa Amarela
16	PROPRIEDADE 13	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Salão comunitário	Uso Eventualmente
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	Somente finais de Semana
19	PROPRIEDADE 16	Linha Forqueta - Pouso Novo - RS	Edificação mista de alvenaria e madeira Já foi atingida na enchente	Residem 02 pessoas - 1 família
20	LIMITE ZSS	-	-	-

*PCH SFQ - PCH SALTO FORQUETA

*PCH RDA – PCH RASTRO DE AUTO

*Não existe mais = não existe mais edificação

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 30 e Tabela 31.

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.

5.7.1 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 21 – Mancha de inundação – dam break - Casa de Máquinas PCH Salto Forqueta

Tabela 32 – Detalhe das simulações – Casa de Máquinas da 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 m ³ /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

5.7.2 Propriedades 01 a 05

As propriedades 01 a 05 estão próximas e a jusante do barramento e localizadas conforme Tabela 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 22).

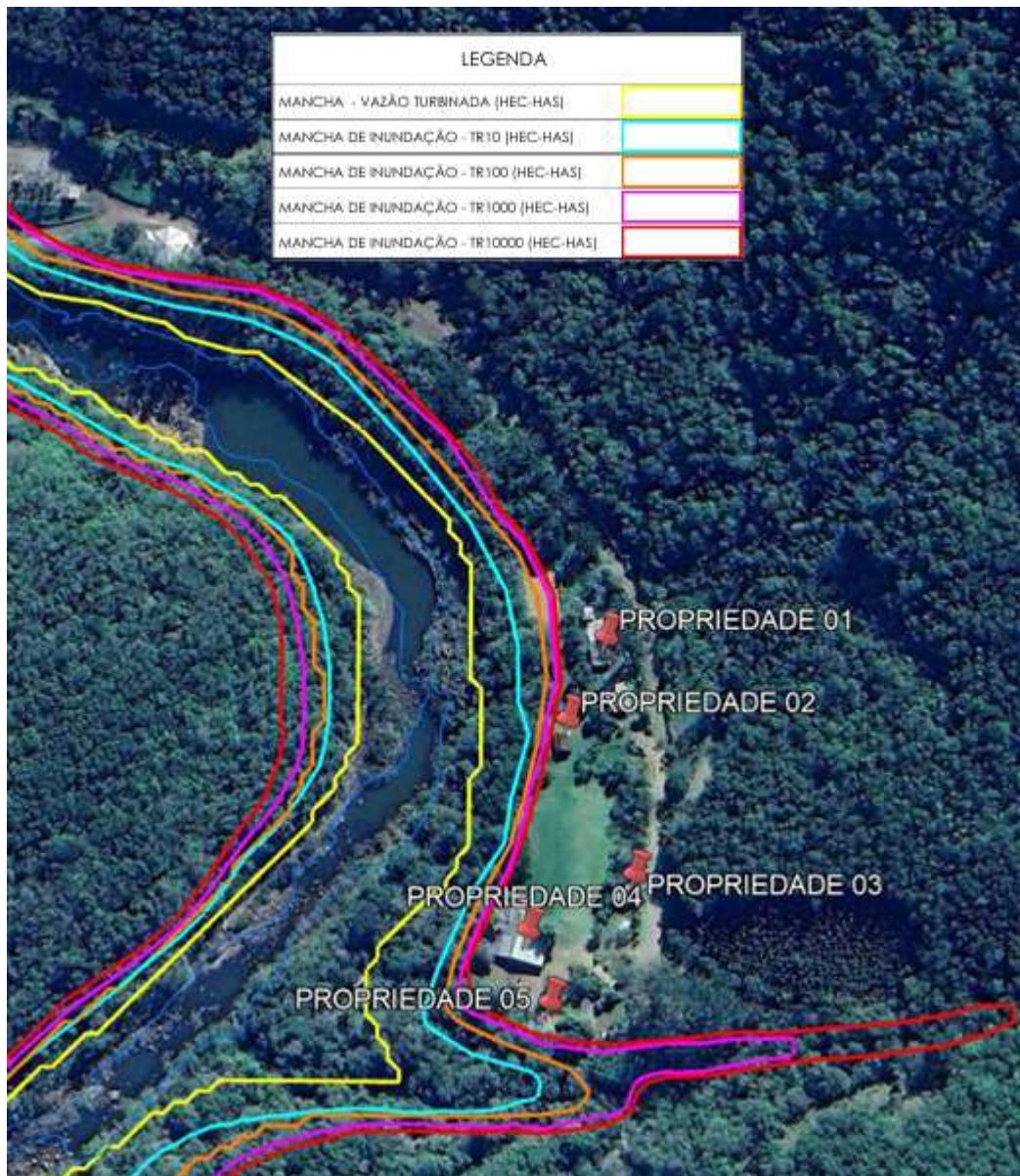


Figura 22 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 01 a 05

Tabela 33 – 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 m ³ /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 34 – 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 m ³ /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 35 – 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 m ³ /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 36 – 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 m ³ /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 37 – Detalhe das simulações – Propriedade 05

HIDROGRAMA	DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 05				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 m ³ /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

5.7.3 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 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 23).

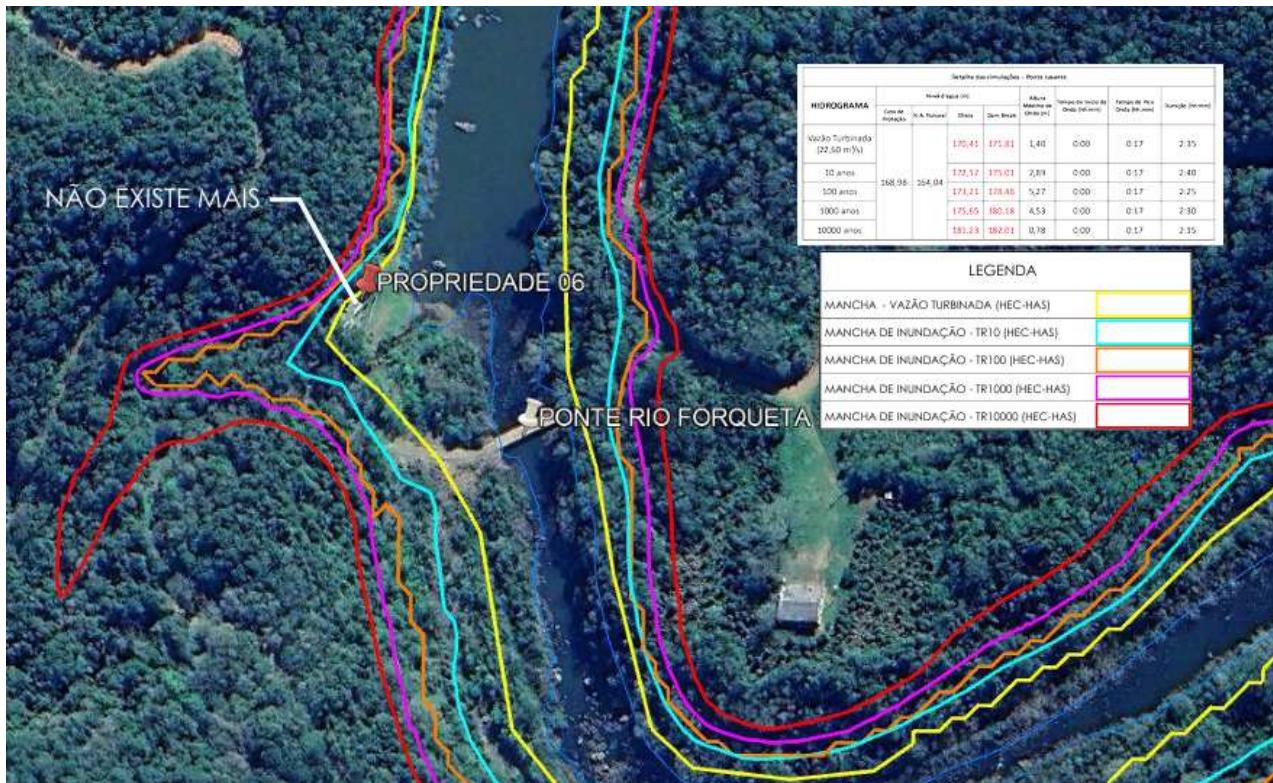


Figura 23 – Mancha de inundação – dam break - Ponte Jusante e Propriedade 06

5.7.4 Propriedade 07

A propriedade 07 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 24).

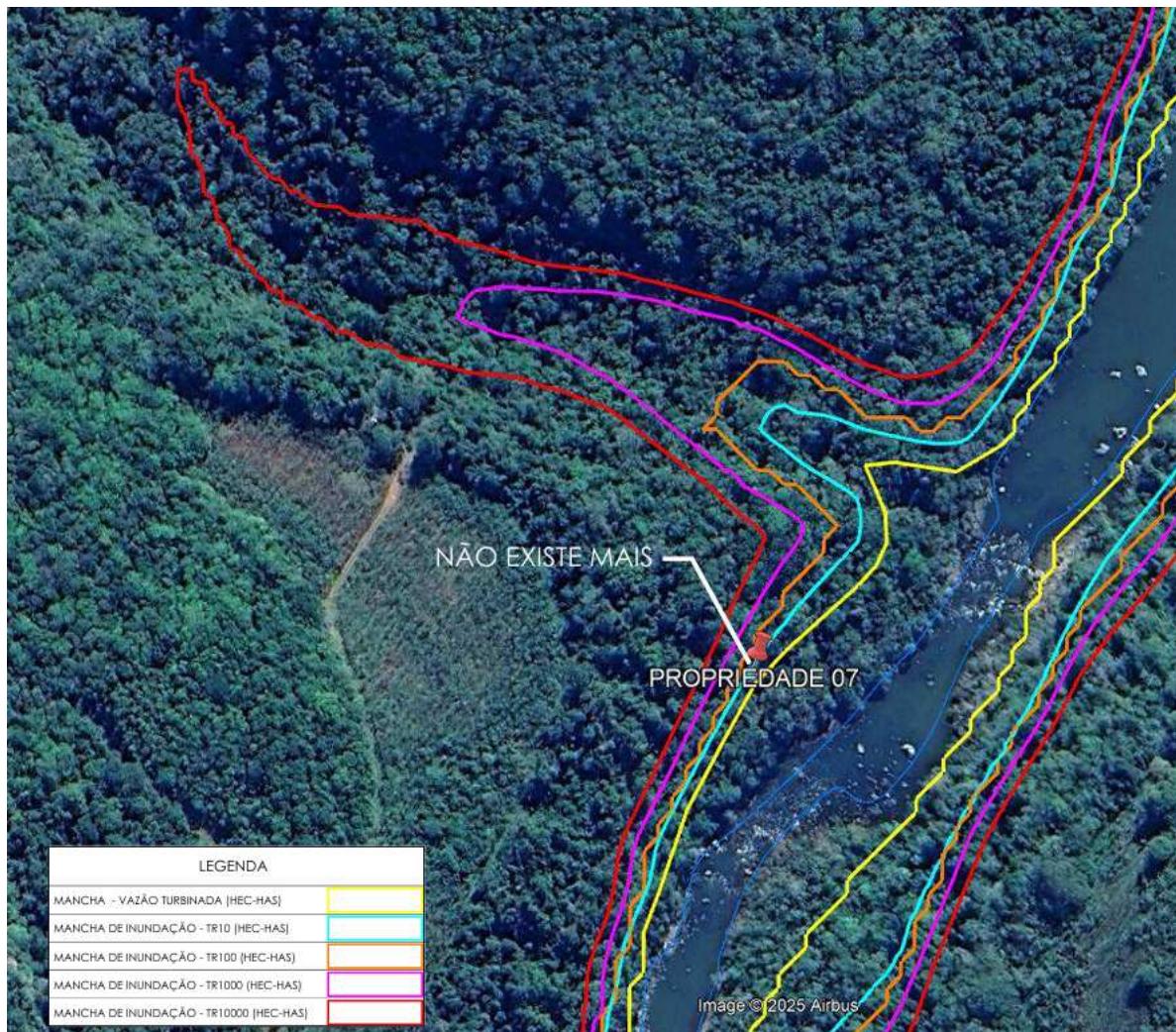


Figura 24 – Mancha de inundação – dam break - Propriedade 07 (não existe mais edificação)

5.7.5 Propriedade 08

A propriedade 08 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 25).

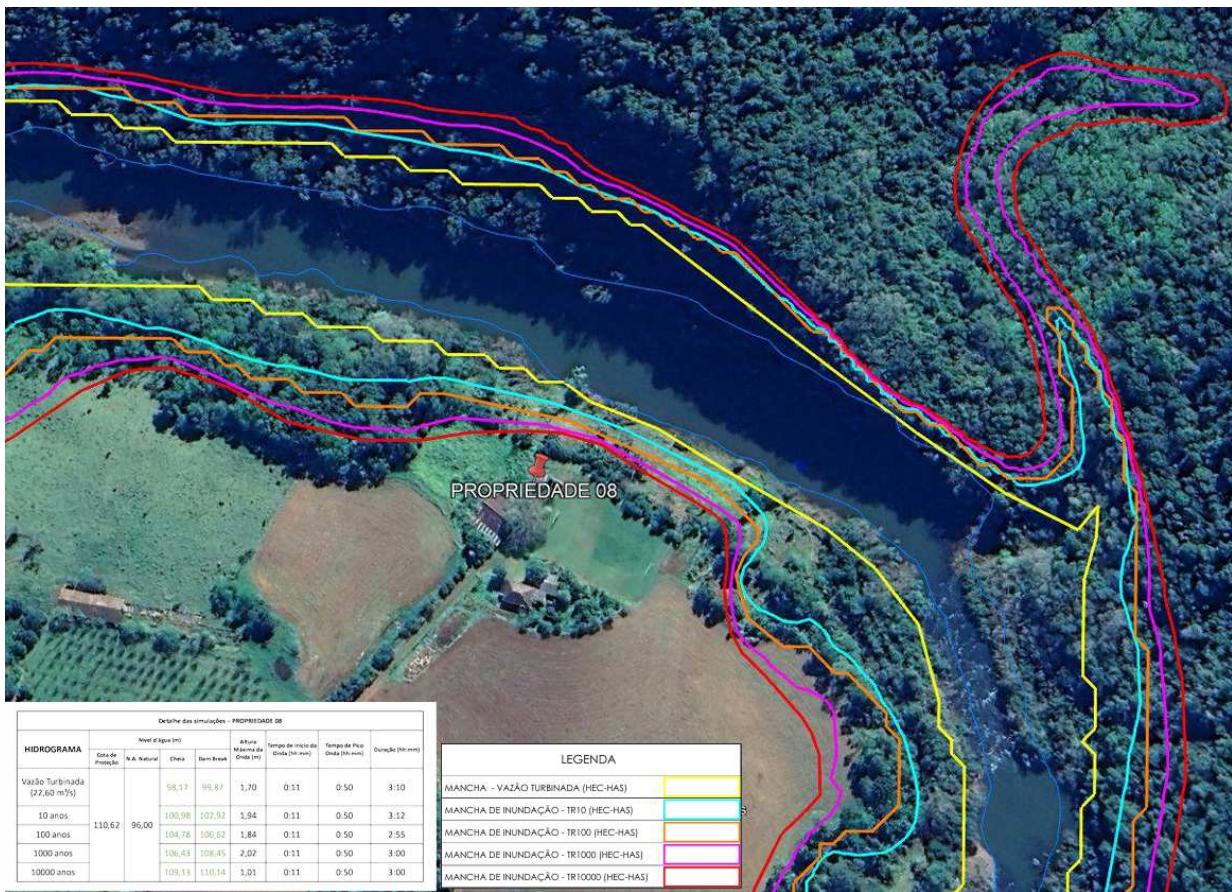


Figura 25 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 08

Tabela 38 – 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 m ³ /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

5.7.6 Propriedade 09 (não existe mais)

A propriedade 09 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 26).

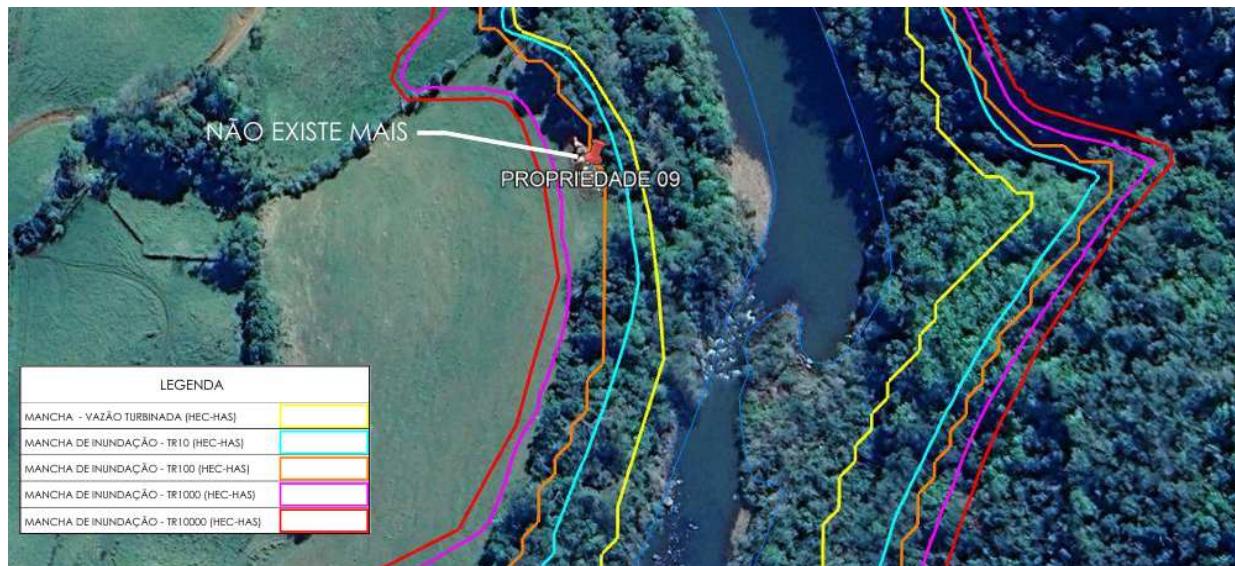


Figura 26 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 09 (não existe mais a edificação)

5.7.7 Propriedade 10

A propriedade 10 está a jusante do barramento e localizada conforme Tabela 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 27).



Figura 27 – Mancha de inundação – dam break – Propriedade 10

Tabela 39 – Detalhe das simulações – Propriedade 10

DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 10							
HIDROGRAMA	Nível d'água (m)				Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break			
Vazão Turbinada (22,60 m ³ /s)	98,73	85,70	86,78	87,92	1,14	00:15	01:20
10 anos			91,40	92,74	1,34	00:15	01:25
100 anos			94,59	95,80	1,21	00:15	01:20
1000 anos			96,33	97,52	1,19	00:15	01:18
10000 anos			98,21	99,17	0,96	00:15	01:18

5.7.8 Propriedades 11 a 14

As propriedades 11 a 14 estão a jusante do barramento e localizadas conforme Tabela 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 28).

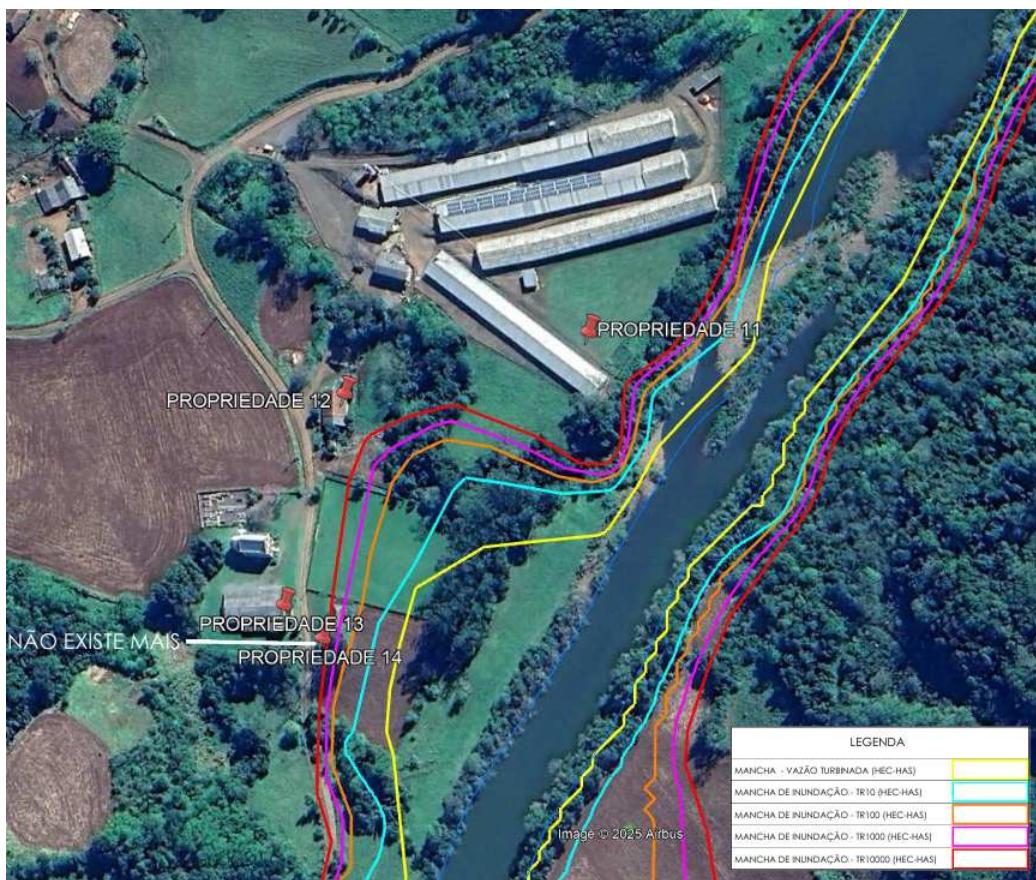


Figura 28 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 11 a 14

Tabela 40 – 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 m ³ /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 41 – Detalhe das simulações – Propriedade 12

HIDROGRAMA	DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 12				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 m ³ /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 42 – Detalhe das simulações – Propriedade 13

HIDROGRAMA	DETALHE DAS SIMULAÇÕES – PROPRIEDADE 13				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 m ³ /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

5.7.9 Propriedades 15 e 16

As propriedades 15 a 16 estão a jusante do barramento e localizadas conforme Tabela 30 e com mancha de inundação – dam break (Figura 29).

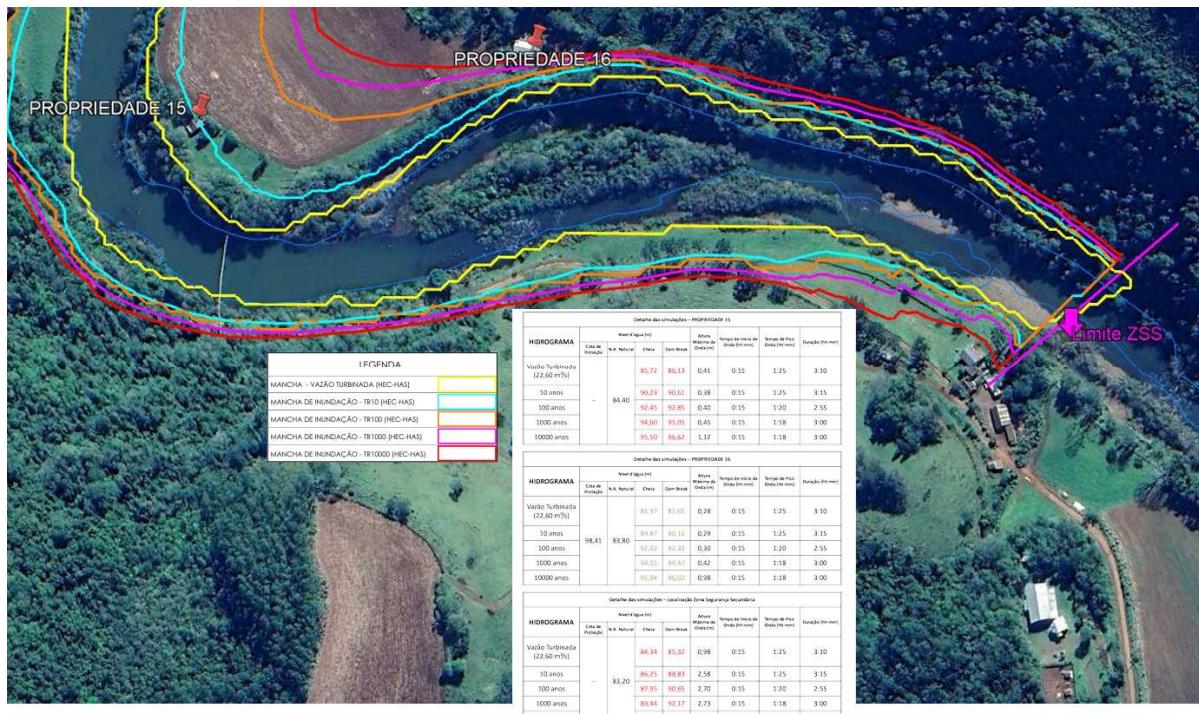


Figura 29 – Mancha de inundação – dam break – Propriedades 15 a 16

Tabela 43 – 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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break			
Vazão Turbinada (22,60 m ³ /s)	84,40	85,72	86,13		0,41	00:15	01:25
		90,23	90,61		0,38	00:15	01:25
		92,45	92,85		0,40	00:15	01:20
		94,60	95,05		0,45	00:15	01:18
		95,50	96,62		1,12	00:15	01:18
							03:00

Tabela 44 – 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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break			
Vazão Turbinada (22,60 m ³ /s)	98,41	85,37	85,65		0,28	00:15	01:25
		89,87	90,15		0,29	00:15	01:25
		92,02	92,32		0,30	00:15	01:20
		94,05	94,47		0,42	00:15	01:18
		95,04	96,02		0,98	00:15	01:18
							03:00

5.7.10 Limite Zona Segurança Secundária

A zona de segurança secundária sugerida está localizada conforme Tabela 30 e com mancha de inundaçāo – dam break (Figura 30).

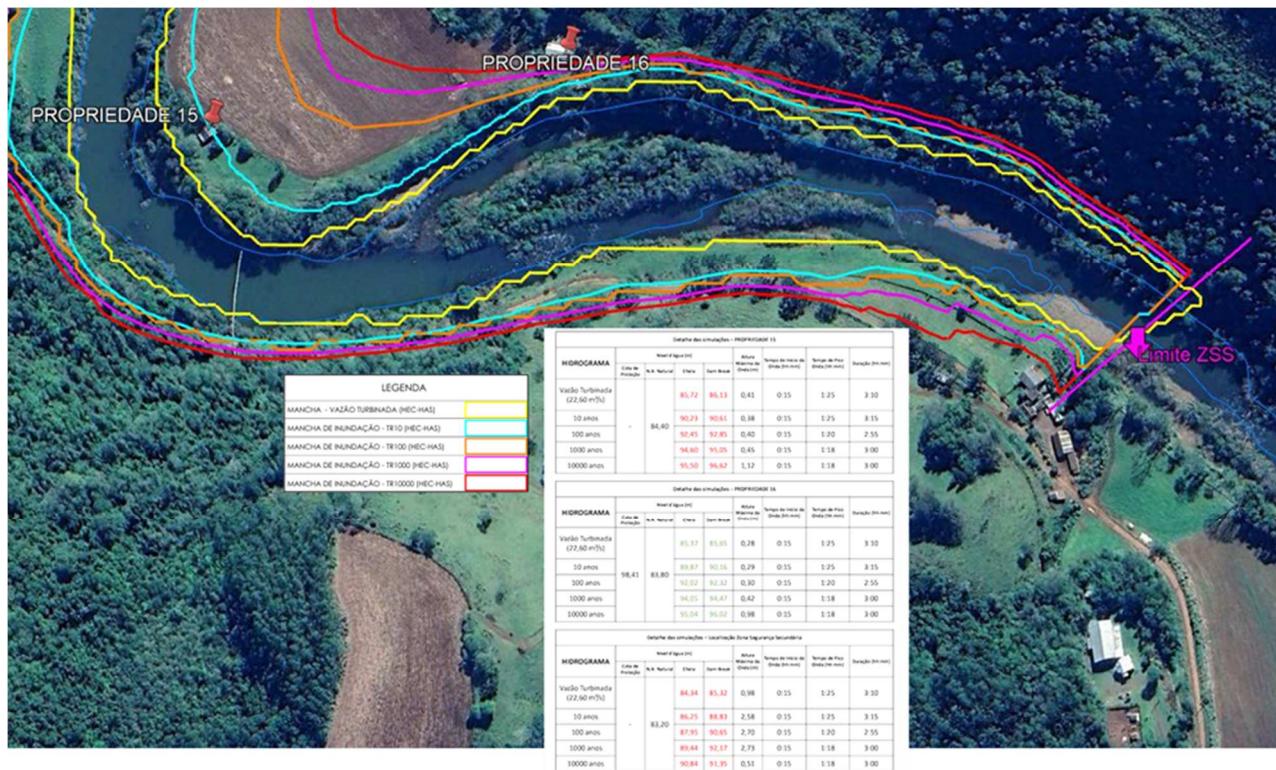


Figura 30 – Sugestāo do local a ser definido como Zona Segurança Secundária

Tabela 45 – Detalhe das simulações – Localização Zona Segurança Secundária – ZSS

DETALHE DAS SIMULAÇĀOES – 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)
	Cota de Proteção	N.A. Natural	Cheia	Dam Break			
Vazāo Turbinada (22,60 m ³ /s)	-	83,20	84,34	85,32	0,98	00:15	01:25
			86,25	88,83			
			87,95	90,65			
			89,44	92,17			
			90,84	91,35			

5.8 Resumo Geral das Seções de Interesse

As Tabelas 20 a 29 do item 5.5 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 Autossalamento (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 nenhum 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.

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, **Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL (PCH Salto Forqueta)**, centralizar a veiculação de informações.

6.1 Agentes Internos

SPE

Nome do Empreendedor: Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL (PCH Salto Forqueta).

PCH: Salto Forqueta - CEG PCH.PH.RS.027713-4.01

CNPJ n° 89.777.692/0125-22

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

Fone: (51) 3762-5516 (Teutônia)

Representantes Legais: Diretor Presidente: Erineo José Hennemann

Fone: (51) 3762-5516

E-mail: 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

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, **Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL (PCH Salto Forqueta)**, centralizar a veiculação de informações. A Tabela 46 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** 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.

Tabela 46 – Lista de contatos do PAE

PAE DA BARRAGEM PCH SALTO FORQUETA		
EMPREENDEDOR	Nome:	PCH SALTO FORQUETA
	Identificador CEG ANEEL:	PCH.PH.RS.027713-4.01
	Empreendedor:	Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL (PCH Salto Forqueta)
	Diretor Técnico:	Diretor Presidente: Erineo José Hennemann

PAE DA BARRAGEM PCH SALTO FORQUETA		
		(51) 3762-5516 erineo@certel.com.br
	Responsável Tec. Seg. Barragem:	Eng. Civil Rodrigo da Cas - CREA/RS: 212636 (51) 3762-5555/(51) 99686-4120 rodrigo_cas@certel.com.br
COORDENADOR PAE	Nome:	Supervisor Operação: Silvio Fusiger
	Contatos	(51) 99806-2364
ELABORAÇÃO DO PAE (REVISÃO 02/2025)	Nome:	TRSUL - Engenharia LTDA
	Fone:	(47) 98827-7788
ENCARREGADO ELABORAÇÃO PAE (REVISÃO 02/2025):	Nome:	Eng. Civil Elizeu Riba CREA/PR: 26.079/D
	Contatos:	(47) 98827-7788 elizeu@trsul.com.br
FISCALIZADORA	Nome:	Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL
	Contatos:	(61) 2192-8758
BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA	Jusante – Inexistente	Montante - PCH Rastro de Auto
AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL	Defesa Civil - 199 Corpo De Bombeiros - 193	Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel PM Luciano Chaves Boeira Fone: (51) 3210-4186 defesacivil-metropolitana@casamilitar.rs.gov.br
		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
		Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel Eduardo Estêvam Camargo Rodrigues Fone: (51) 98524-8172 cmtg@cbm.rs.gov.br
	Prefeituras municipais:	CREPDEC 8 - Lajeado Nome do contato: Coronel Claiton Fernando Marmitt Fone: (55) 99923-7406 (51) 8211-7613 defesacivil-lajeado@casamilitar.rs.gov.br
		Municipal Soledade/RS Nome do contato: Marco Antonio Lins Simor Fone: (54) 3381-1331
		Putinga/RS Nome do contato: Prefeito Juliano Moretto Fone: (51) 3777-1200
		São José do Herval/RS Nome do contato: Prefeito Jovani Bozetti Fone: (54) 3325-1100
		Pouso Novo/RS Nome do contato: Prefeito Carlos Alberto Bonacina Fone: (51) 3775-1100
		Coqueiro Baixo/RS Nome do contato: Prefeito Luciano André Ongaratto

PAE DA BARRAGEM PCH SALTO FORQUETA

OUTRAS AGÊNCIAS		Fone: (51) 3612-1220
		POLÍCIA MILITAR - 190
		POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - 191
	INMET	Nome do contato: Instituto nacional de meteorologia Fone: (61) 2102-4700
	Comitê Taquari Antas, UCS	Fone: (54) 3218-2100 (UCS)
	FEPAM	Fone: (51) 3288-9403

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 Salto Forqueta. 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 31 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia de 1.000 anos já fica definido o nível de emergência 1.

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

7.2 Condição Estrutural

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

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

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

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

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

7.2.1 Monitoramento 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.

Conforme o Art. 18 da REN nº 1.064/2023, a periodicidade máxima de realização da Revisão Periódica de Segurança (RPS) será de 7 anos (Classe B), a partir da data de realização da última RPS, no caso de usinas existentes, isto é, a próxima para a PCH SFQ deverá ser em 2032, ou conforme exigência dos órgãos reguladores, 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.

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 31 e Item 9.

PCH SALTO FORQUETA - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO

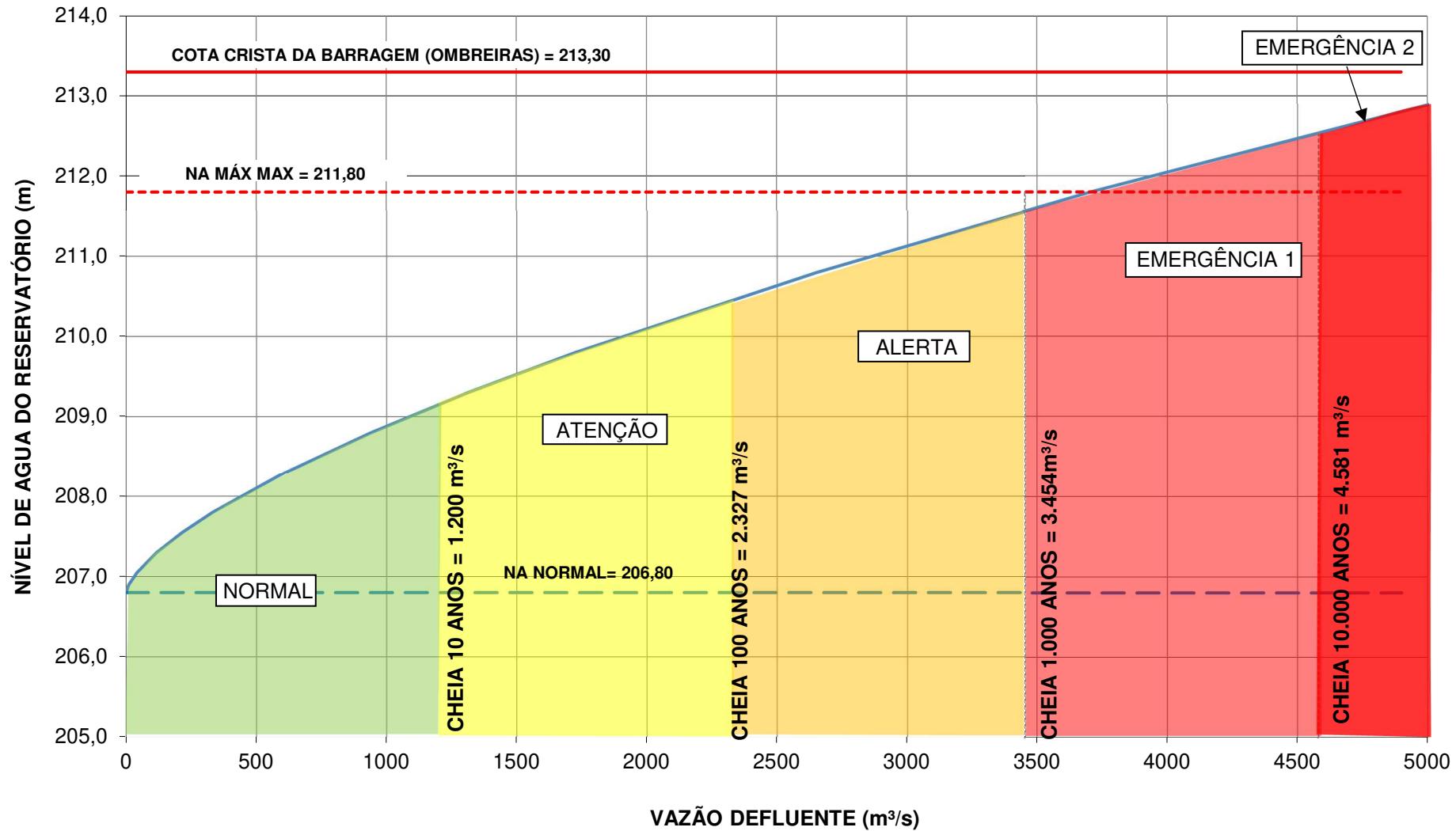


Figura 31 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

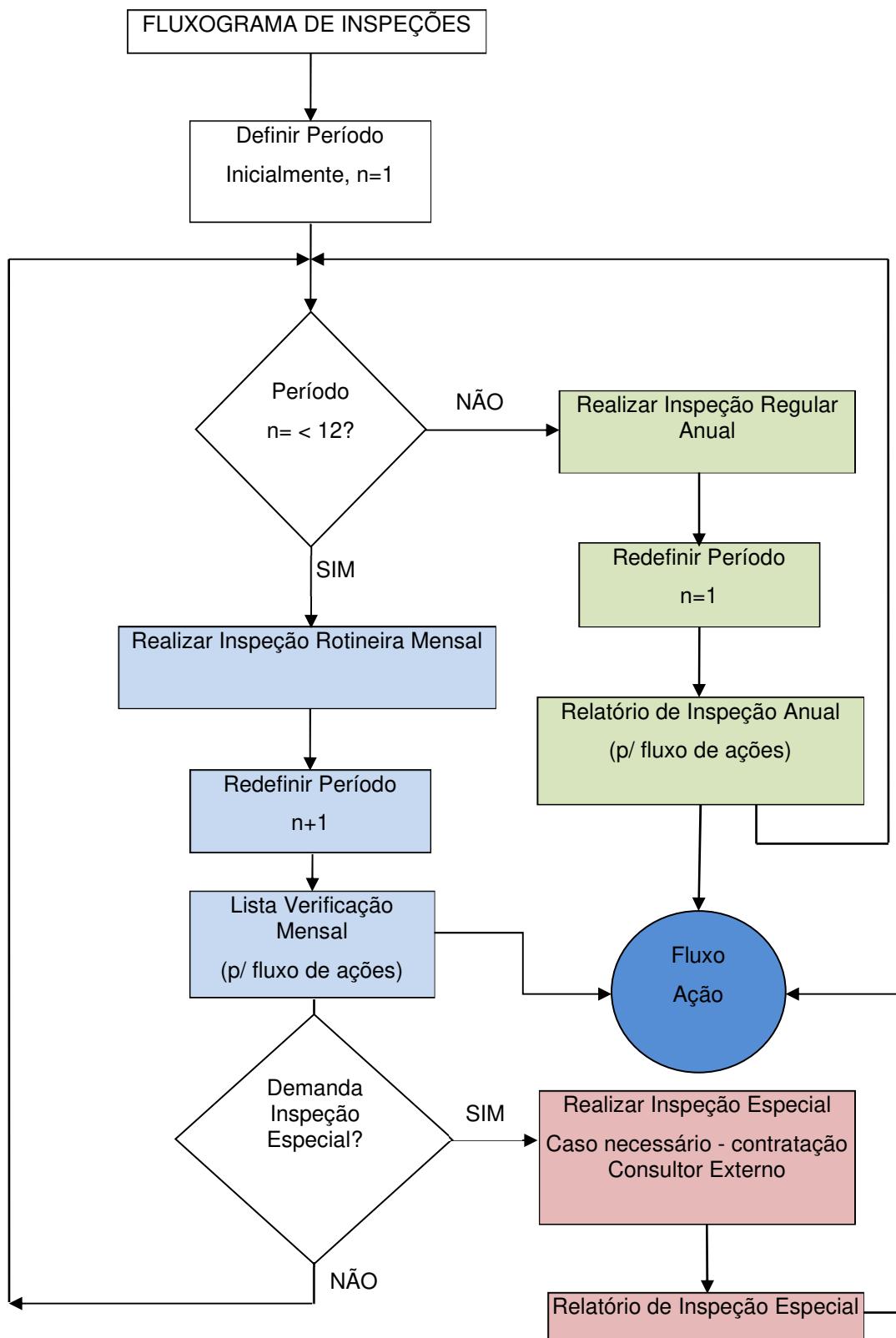
Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (VERDE)	
a) Operação normal do vertedouro	a) Vertimentos até 1200 m ³ /s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório, ocorre o alagamento da ponte de jusante, alertar população de grandes volumes de água no rio e alagamentos começam a ocorrer
Nível Atenção (AMARELO)	
a) Operação em atenção do vertedouro	a) Vertimentos de 1200 até 2327 m ³ /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 e alagamento em muitas propriedades.
b) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS	
Nível Alerta (LARANJA)	
a) Operação em alerta do vertedouro	a) Vertimentos de 2327 até 3454 m ³ /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 alagamento de muitas propriedades, com potencial de atingir algumas edificações. Iniciar alerta geral para a população ribeirinha.
b) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS e NA Máx Max	
c) Monitorar com drones as principais estruturas	
Nível Emergência 1 (VERMELHO CLARO)	
a) Localidades com alagamento municípios de jusante, abrir comporta da descarga fundo para aumentar capacidade de descarga	a) Vertimentos de 3454 até 4581 m ³ /s (TR entre 1.000 e 10.000 ano) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento na ZAS, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas.
b) Infiltração sem controle e aumento do Nível do reservatório	b) Abrir a comporta da descarga de fundo de maneira a ajudar rebaixar o nível do reservatório → retirar pessoas dos pontos localizados na ZAS e atingidos de jusante;
Nível Emergência 2 (VERMELHO ESCURO)	
a) Risco de galgamento das ombreiras de proteção ou possibilidade de Ruptura / Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	a) Vertimentos acima de 4581 m ³ /s - risco de galgamento das ombreiras de proteção e possibilidade de rompimento da barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS e atingidos de jusante.

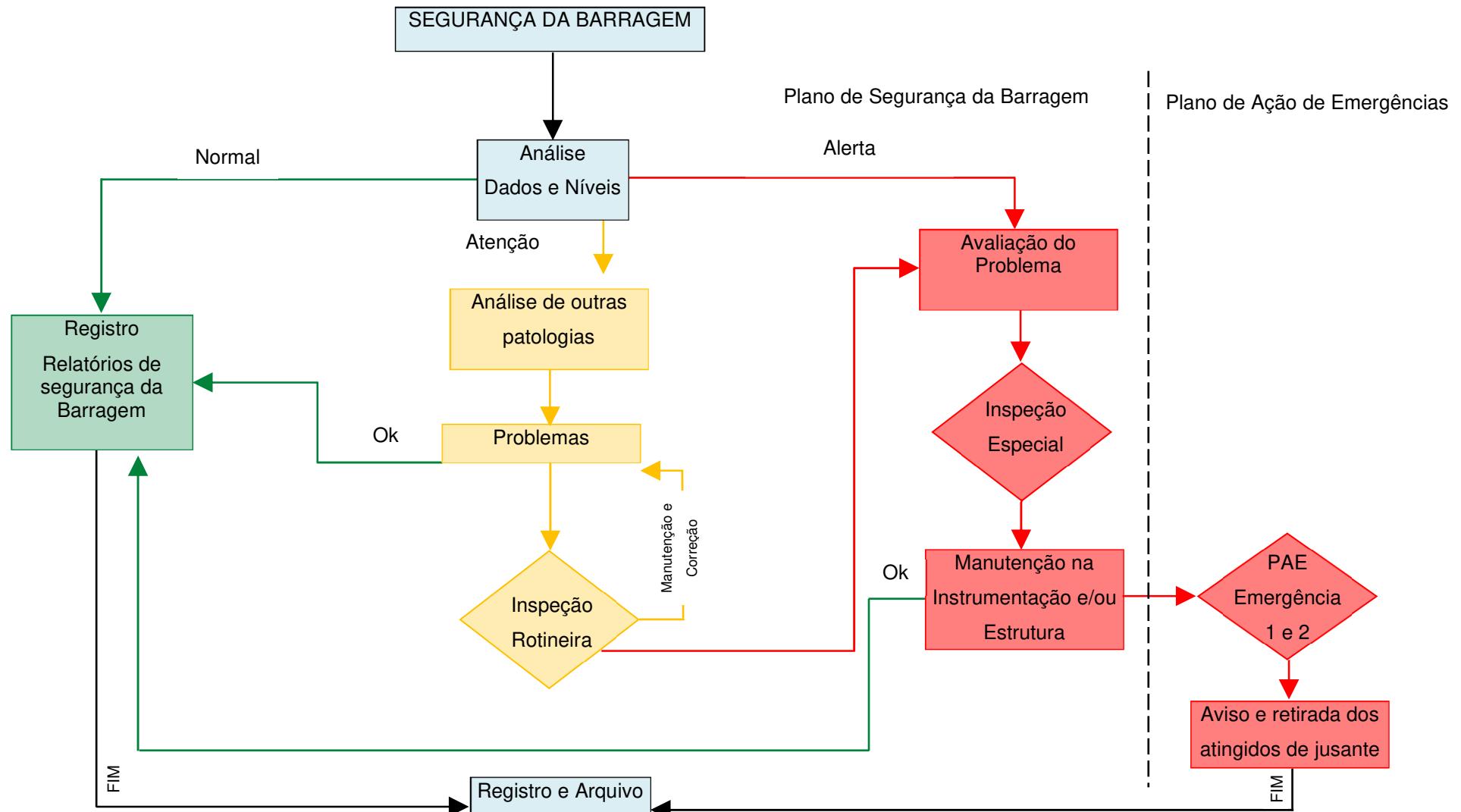
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;
 b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.

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

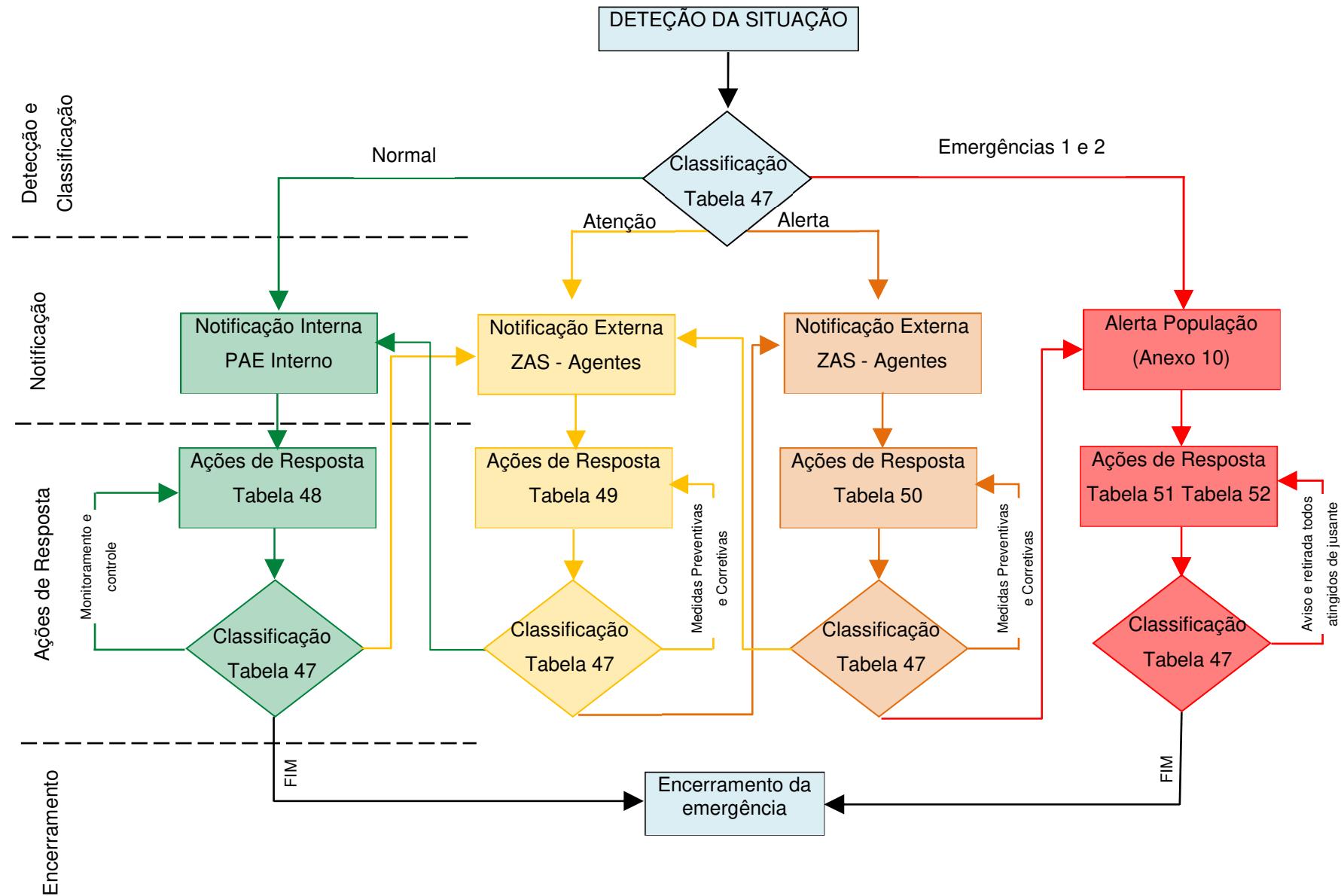
IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem. Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das comportas das máquinas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



Fluxograma 1 – Fluxograma de Inspeções – n = mês



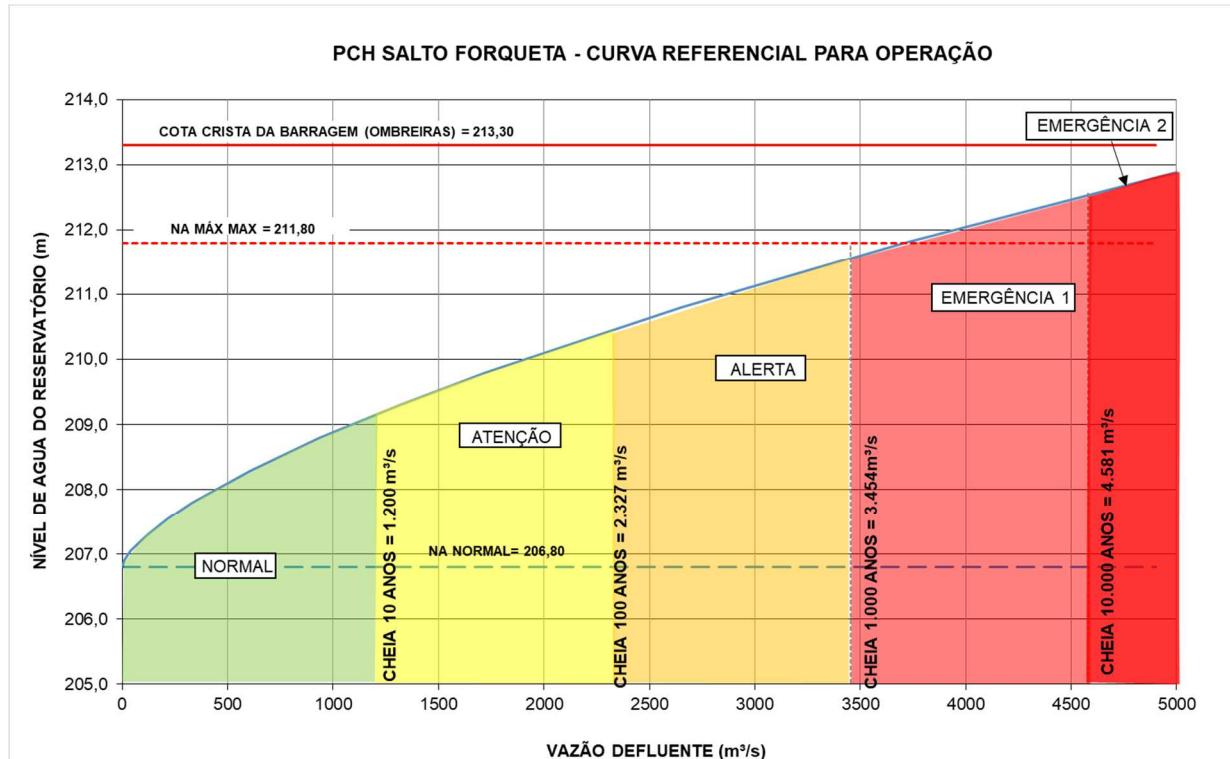
Fluxograma 2 – Fluxograma de Segurança da Barragem - manutenção estruturas



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 31 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 (PCH Salto Forqueta).

O proprietário da Usina é a **Cooperativa Regional de Desenvolvimento Teutônia – CERTEL (PCH Salto Forqueta)**, que 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 à 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.

Policia 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

O mapa de inundação da ZAS, indica as propriedades que deverão ser cadastradas conforme 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 casa de emergências → Telefone por não ter atingido ZAS;
- Definição *in loco* das rotas de fuga e pontos de encontro na ZAS –na Barragem e Casa de Máquinas para operadores e para os proprietários conforme já identificados;
- Instalação das placas de rotas de fuga e pontos de encontros na ZAS, de acordo com modelo Anexo VI – subitem 2;
- Definição meios de divulgação a população potencialmente atingida em caso de rompimento da Barragem – Plano de Divulgação Anexo VII.
- Plano de comunicação a ser utilizado em caso de emergências (Anexo XIII);

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 Máquinas da PCH Salto Forqueta, os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 100 anos para evacuação da área em caso de enchentes e com risco de rompimento da Barragem.

Conforme a Figura 31 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura e a Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura, do item 7 as situações serão classificadas como:

9.1 Situação Normal (VERDE)

Tabela 48 – Ações de resposta (Normal)

VERTIMENTOS até 1200 m ³ /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 EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE

9.2 Situação Atenção (AMARELO)

Tabela 49 – Ações de resposta (Atenção)

VERTIMENTOS de 1200 até 2327 m ³ /s – TR entre 10 e 100 ANOS		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	Avaliar Instrumentação da Barragem, valores de referência para condição do instrumento.	Resp. Seg. Barragem e/ou consultor externo
3	Realizar inspeção rotineira (equipe interna de segurança da Barragem) no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.	Operação
4	Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica. Alagamento da ponte de jusante, avisar comunidade da ocorrência de grandes enchentes	Coordenador PAE
5	Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento ou problema na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado Responsável pela Segurança da Barragem para verificação do Problema, podendo ser acionada EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	Coordenador PAE

9.3 Situação de Alerta (LARANJA)

Tabela 50 – Ações de resposta (Alerta)

VERTIMENTOS de 2327 até 3454 m ³ /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 EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	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 51 – Ações de resposta (Emergência 1)

VERTIMENTOS de 3454 até 4581 m³/s – > TR entre 1.000 e 10.000 anos Nível do reservatório chegando a cota 213,30 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 EMERGÊNCIA 1 e caso não solucionado EMERGÊNCIA 2 .	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 52 – Ações de resposta (Emergência 2)

RUPTURA PRESTES A OCORRER, OCORRENDO OU ACABOU DE OCORRER COM QUALQUER CONDIÇÃO HIDROLÓGICA		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação	Coordenador PAE
2	Nesta situação a operadora deverá comunicar a defesa civil para a retirada da população atingida de jusante. Os Mapas de Inundação com Dam Break para os diversos tempos de recorrência devem servir de orientação para a retirada da população. Sempre com a maior antecedência possível. Utilizar mapas de rompimento TR 1.000 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 (ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS)

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 Salto Forqueta são muito pequenos quando comparado com os níveis de enchente sem rompimento, isso devido ao pequeno volume do reservatório (3,40 hm³). As vazões de enchentes naturais são intensas e por isso já causam danos independente de ruptura da barragem.

Como orientação ao sistema de prevenção, a ponte de jusante, localizada a 4,40 km da barragem da PCH SFQ deverá ser interditada a partir de enchentes TR 10 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 Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS)

Toda área potencialmente comprometida durante uma situação de emergência deverá ser classificada entre Zona de Autossalvamento (ZAS) ou Zona de Segurança Secundária (ZSS), sendo essas diferenciadas pelo tempo ou distância em que deverão ser feitas ações de notificação de responsabilidade do empreendedor ou das autoridades públicas competentes.

De acordo com o Artigo 2º, inciso IX da Lei Federal nº12.334/10, atualizada pela Lei Federal nº 14.066/20 e pela Resolução Normativa 1.064/2023 da ANEEL, a ZAS é definida como:

Trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação;

A respeito da definição da extensão da ZAS, o Artigo 13 da Resolução 1.064/2023 traz a seguinte informação:

§ 4º A ZAS deve ser definida em articulação com os órgãos de proteção e defesa civil, contemplando no mínimo a distância que corresponde ao tempo de chegada da onda de inundação no decorrer de **trinta minutos ou dez quilômetros**.

Desta forma, adotou-se para a PCH Salto Forqueta o limite de 10 km para a ZAS e o limite de cerca de 25,00 km de distância da barragem como ZSS.

10.2 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.

10.3 Propriedades Atingidas

As propriedades atingidas foram quantificadas de acordo com a Tabela 30 com auxílio das imagens do Google Earth. É importante ressaltar que ponte de jusante é atingida na condição de enchentes a partir TR 10 anos, sem considerar o rompimento da barragem da PCH SFQ.

As Tabela 17 a Tabela 29 do item 5.5 apresenta detalhes dos níveis atingidos, tempos de onda, velocidade máxima atingida e vazão máxima alcançada por seção de interesse em condições de enchente e em caso de rompimento da Barragem da PCH SFQ. 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.

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

BARRAGEM SALTO FORQUETA				
Infraestrutura e Edificações				
Zona	Município	Margem Rio	Quantidade Propriedades Atingidas	
Autossalvamento	São José do Herval	Direita	0	
	Putinga	Esquerda	2	
Total ZAS			2	
Segurança Secundária	São José do Herval	Direita	0	
	Pouso Novo		3	
	Putinga	Esquerda	0	
	Coqueiro Baixo		0	
Total ZSS			3	
Total ZAS e ZSS			5	

Todas as seções indicadas se referem a pontos estratégicos de infraestrutura a jusante do barramento da PCH SFQ e estão indicadas nos mapas de inundação. Nessas localidades podemos ter alagamentos devidos às cheias estudadas e/ou rompimento da barragem. A Tabela 56 indicam o resultado da simulação dos estudos para as seções de interesse onde ocorre inundação com propriedades atingidas.

Os mapas de inundação para Qturbinada (dia de sol) e o tempos de recorrência de 10, 100, 1.000 e 10.000 anos estão apresentados no Anexo V – Mapas de Inundação.

10.4 Zona de Autossalvamento – ZAS

É de responsabilidade do empreendedor definir em conjunto com a Defesa Civil os Pontos de Encontro, Rotas de Fuga, bem como alertar a população residente na Zona de Autossalvamento em situações de emergência.

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 Salto Forqueta 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 a **simulação 3** - rompimento em cascata da PCH RDA e PCH SFQ Na capacidade extrema do Vertedouro com a cheia de 10.000 anos.

O Tabela 54 apresenta a localização e principais características das seções dentro da ZAS.

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

Local	Descrição	Distância da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Margem do Rio	Coordenadas		Número de pessoas
				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	Somente durante turno comercial

2	PROPRIEDADE 01	3.174	ESQUERDA	29° 5'7.46"S	52°12'20.20"W	Residem 03 pessoas - 1 família
3	PROPRIEDADE 02	3.215	ESQUERDA	29° 5'8.65"S	52°12'20.83"W	Uso Eventual de pessoas acampamento / Casa Verde
4	PROPRIEDADE 03	3.234	ESQUERDA	29° 5'10.89"S	52°12'19.73"W	Galpão de Guardar materiais / Garagem
5	PROPRIEDADE 04	3.280	ESQUERDA	29° 5'11.70"S	52°12'21.49"W	Boteco Uso eventual de pessoas / Bar e Restaurante
6	PROPRIEDADE 05	3.306	ESQUERDA	29° 5'12.74"S	52°12'21.13"W	01 (uma) Pessoa
7	PROPRIEDADE 06 (Não existe mais)	4.350	DIREITA	-	-	-
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	-

Somente próximo a Casa de Máquinas da PCH Salto Forqueta, foram sugeridas e identificadas rotas de fuga e ponto de encontro, que deverão ser confirmadas por autoridades competentes *in loco* (Empreendedor e Defesa Civil). As rotas de fuga foram sugeridas até onde não há o risco de inundação e deverão ser definidas como ponto de encontro da população residente na zona de autossalvamento.

Para a PCH Salto Forqueta foi definido 01 (um) ponto de encontro dentro da ZAS, cuja coordenada dos Ponto de Encontro estão na Tabela 55.

Tabela 55 – Características do Ponto de Encontro

Local	Descrição	Distância aproximada da Barragem PCH Salto Forqueta (m)	Margem do Rio	Coordenadas	
				Latitude	Longitude
1	Ponto de Encontro	3.000	Esquerda	29° 5' 0.83"S	52°12' 23.42"W

A Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil PNPDEC, atribui aos municípios a elaboração dos seus respectivos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil. Nos termos técnicos normativos aplicáveis ao tema de barragens, as ações para alerta e comunicação a serem implementadas pelo Empreendedor se limitam à ZAS, pois é apenas nesta área que se presume a impossibilidade de atuação das autoridades públicas de proteção e defesa civil por falta de tempo hábil, conforme a Lei n° 14.066/2020, Art. 2, inciso IX. Assim, para as áreas potencialmente afetadas fora da ZAS, o Empreendedor apenas notificará as autoridades competentes.

O objetivo dos sistemas de notificação e alerta é o de avisar os intervenientes e decisores principais das ações de emergência e, quando se revelar necessário, alertar a população em risco na ZAS.

A notificação através do PAE associada aos níveis de alerta mais elevados poderá acionar o planejamento de emergência do Sistema de Defesa Civil.

A escolha pelo meio de alerta mais adequado levou em consideração a utilização de um sistema de alerta em massa que garantisse a comunicação mesmo em situações climáticas extremas de forma a abranger toda a região e que possibilitasse a comunicação direta com a comunidade a jusante de forma clara e independente de equipamentos individuais.

Importante destacar que a ação de evacuação das pessoas em risco dessa região deverá ocorrer por conta dos transeuntes e moradores com o auxílio das entidades responsáveis, como Defesa Civil, Polícia Militar e Corpo de Bombeiros.

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

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

- SFQ.PAE.MPI-034/2025 – Zona de Autossalvamento – Natural e Rompimento – TR 1.000 e 10.000 Anos – Desenho 34.

Os mapas da ZAS estão apresentados no Anexo VI.

10.5 Zona de Segurança Secundária – ZSS

De acordo a Lei 12.334/2020 e a Resolução ANEEL (2023), a Zona Secundária de Salvamento (ZSS) é o trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS.

A ZSS compreende um trecho que se inicia após 10 km (extensão da ZAS a partir do leito do rio) e se entende a jusante.

Os procedimentos preventivos e para aviso em caso de emergência nessa região competem aos Serviços Municipais de Proteção Civil e Entes Federados, sendo estes responsáveis pelas ações de aviso, mobilização, treinamento e evacuação da população residente em áreas potencialmente afetadas, conforme Lei nº 12.608/2012, Lei nº 14.066/2020 e Decreto nº 8.572/2015.

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 cerca de 24,00 km de distância da Barragem.

Os mapas de inundação SFQ.PAE.MPI-035 – Zona de Segurança Secundária - informam o limite da ZAS e ZSS, estão apresentados no Anexo V.

10.6 Plano de Treinamento do PAE

Os treinamentos são essenciais para a identificação e avaliação adequada de situações de emergência em todos os níveis de responsabilidade, assim como para viabilizar que as equipes estejam sempre de prontidão para providenciar as ações de resposta às situações de emergência com a agilidade e qualidade requeridas.

O programa de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas estão previstos para serem realizados periodicamente com os responsáveis pela operação da barragem, assim como de todo o seu corpo funcional integrante do PAE. Por meio desses exercícios é possível:

- Esclarecer os papéis e as responsabilidades dos participantes;
- Identificar pontos de melhoria no Plano;
- Identificar falhas nas ações de resposta;
- Melhorar a coordenação do Plano;
- e Aumentar a confiança dos participantes do Plano, promovendo o entrosamento da equipe, mostrando a importância das ações, conscientizando e motivando os funcionários.

Os treinamentos poderão gerar alterações no PAE, sempre que forem identificados pontos de dúvida ou que necessitem de melhoria.

10.7 Treinamento Interno

O treinamento interno será realizado periodicamente com os técnicos/operadores responsáveis pela PCH Salto Forqueta, com o coordenador do PAE bem como com toda a equipe do Centro de Operação Integrado (COI). Esses treinamentos são executados em forma de apresentação para conhecimento e compreensão do fluxo de comunicação do PAE, procedimentos e ações a serem executadas após identificação de cheia e/ou alguma anomalia para posterior realização do simulado com todo o pessoal envolvido no fluxograma de ações.

10.8 Simulado de Mesa e Evacuação

No Simulado de Mesa, o COI é responsável por realizar ligações aleatórias, tendo em vista testar os números de telefones descritos no fluxograma de comunicação do PAE, determinar a capacidade de estabelecer e manter a comunicação, o nível de compreensão da mensagem transmitida e execução das ações necessárias, além da eficiência na mobilização da equipe envolvida.

A resolução normativa 1.064/23 traz como responsabilidade e periodicidade para exercício prático com a população nas ZAS a descrição abaixo:

§ 8º O exercício prático de simulação de situação de emergência deve ser realizado com a população da ZAS com frequência e organização definida conjuntamente com os órgãos de proteção e defesa civil, no que couber.

§ 9º A frequência para realização do exercício prático de simulação de que trata o §8º não deverá exceder 3 anos, salvo manifestação dos órgãos de proteção e defesa civil competentes.

Logo, o Simulado de Evacuação na zona de autossalvamento é de responsabilidade do empreendedor e das autoridades de Proteção e Defesa Civil e deve estar previsto nos respectivos Planos de Contingências Municipais elaborados por estas autoridades.

Este exercício, com a participação do empreendedor, tem o objetivo de simular um evento tão real quanto possível para avaliar a capacidade operacional de gerir uma situação de emergência em um ambiente de tensão elevada que simula as condições reais de resposta.

Este tipo de exercício requer mobilização efetiva de meios e recursos por meio da:

- Evacuação de pessoas e bens;
- Emprego de meios de comunicação e alerta;
- Mobilização de equipamento; e
- Colocação real de pessoal e recursos.

A CERTEL se responsabiliza pela realização da apresentação do PAE aos órgãos envolvidos fornecendo o suporte necessário aos treinamentos que os órgãos acham pertinentes para a população afetada.

10.9 Medidas para Regaste de Atingidos e Mitigação de Impactos

Caso seja identificada uma situação de emergência, deverão ser realizadas ações em conjunto entre o empreendedor e órgãos públicos para a diminuir os impactos causados.

Assim com o objetivo de reconhecer quais os principais aspectos para atuação, a CERTEL possui um relatório de cadastramento e caracterização do vale a jusante, que permite identificar os pontos sensíveis.

De forma que, para atender o item VI do Artigo 12º da Lei 12.334/2010, que pontua como parte integrante do Plano de Ação de Emergência:

VI - medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural.

10.10 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 5.1.14 para elaboração do mapa de Risco Hidrodinâmico. No Mapa do Risco hidrodinâmico do Anexo VII – Risco Hidrodinâmico, apresenta detalhes das consequências, onde foi possível avaliar pontos atingidos para a TR 10.000 anos com 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 por eventual rompimento a partir da Barragem;
- **Níveis de água:** Normal (nível atingido somente com enchente), Rompimento (nível atingido = rompimento + enchente), altura da onda de inundação;
- **Início da Onda:** tempo do início da inundação após rompimento da Barragem;
- **Pico da Onda:** tempo do nível máximo da onda de inundação atingido após o rompimento da barragem;

-
- **Duração:** tempo necessário para rio voltar a condição normal, ou seja, dissipação da onda de rompimento;
 - **Velocidade Máxima:** necessário para estimativa do risco hidrodinâmico;
 - **Vazão máxima:** necessário para comportamento hidrodinâmico;
 - **Risco Hidrodinâmico:** relação altura onda x velocidade máxima;

Tabela 56 – Resumo do Plano de Evacuação / 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 SFQ	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 TR 1.000	Nível de água (m) Dam Break TR 10.000
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	1867,09	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 / Avario	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 57 – 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 agua (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx (m³/s)	Risco Hidrodinâmico (m²/s)	
			Cheia	Dam Break	Maxima Onda	íncio 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 58 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

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

11 FLUXO DE INFORMAÇÃO E AÇÃO

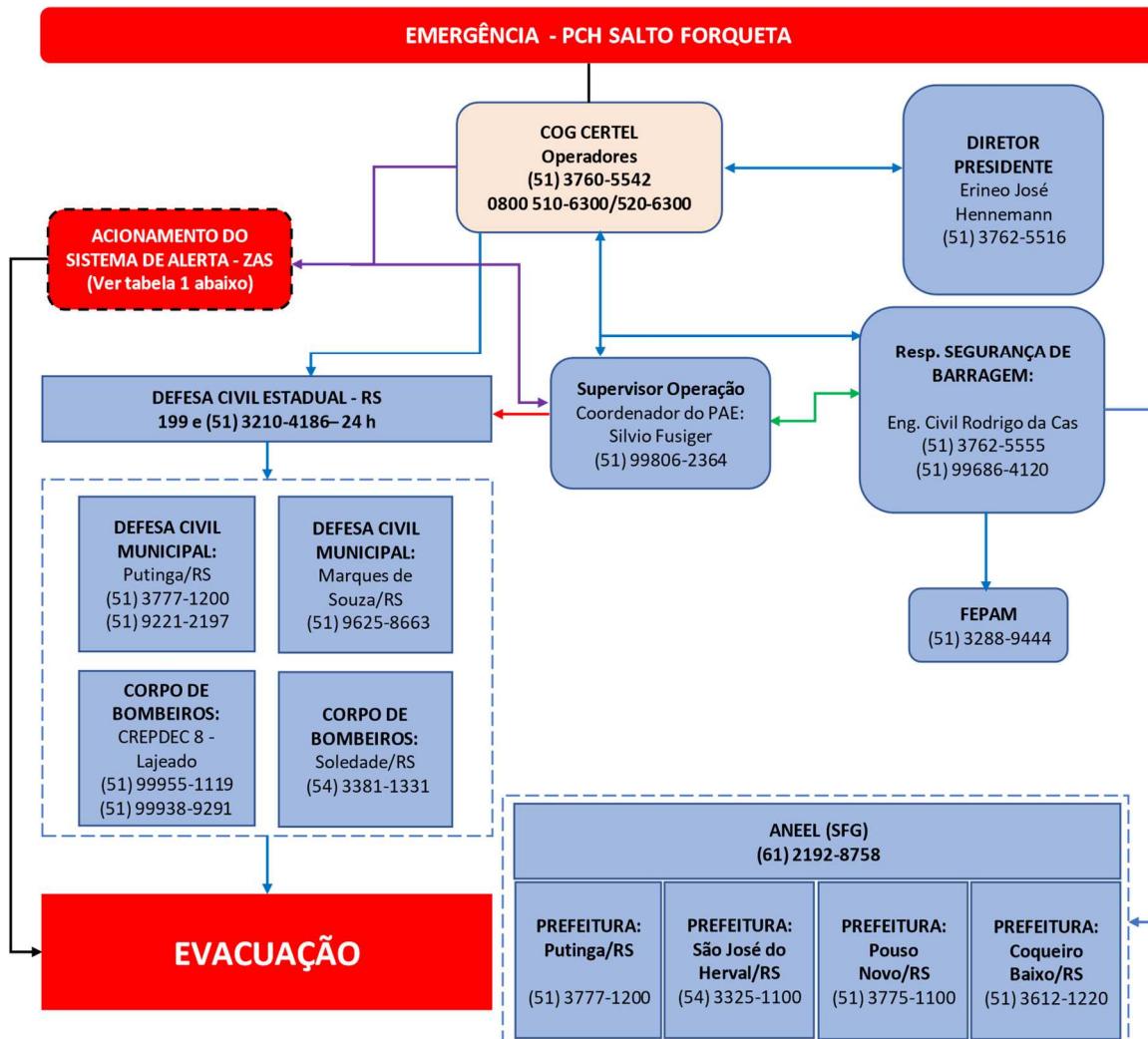
11.1 Meios de Comunicação

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 São José do Herval 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 todos no estado Rio Grande do Sul (potencialmente atingíveis).

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 Ação em Caso de Emergência

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 (PCH Salto Forqueta), 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.


LEGENDA:

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

Tabela 1 - Atingidos ZAS

Seção	ZAS Propriedades	Contato
124	Casa de Máquinas PCH Salto Forqueta	(51) 9993-5186

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 2.327 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 Salto Forqueta 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 hidrologicamente 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 restrinidas 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 59).

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

Tabela 59 – 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 60 – 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

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 inundação 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:

- A defesa civil do estado ou município solicitar;
- 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 adaptação a alguma 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;

Devido as características das estruturas e região do entorno a barragem da PCH Salto Forqueta foi classificada e confirmada como **Classe B, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Alto**.

Conforme o Art. 18 da REN nº 1.064/2023, a periodicidade máxima de realização da Revisão Periódica de Segurança (RPS) será de 7 anos, a partir da data de realização da última RPS, no caso de usinas existentes, isto é, a próxima deverá ser em 2032, ou conforme exigência dos órgãos reguladores, 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 realizada a primeira revisão periódica de segurança com atualização/revisão dos estudos hidrológicos, hidráulicos, estruturais, geotécnicos resultando a revisão de todo Plano de Segurança da Barragem e Plano de Ação de Emergências.

Importante ressaltar que houveram alterações na geometria da barragem, bem como o reforço estrutural no corpo do barramento e nas ombreiras.

Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR 10 anos ($Q=> 1.200 \text{ m}^3/\text{s}$) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais das estruturas civis, em particular a calha do vertedouro e nas ombreiras. Essa inspeção pode ser realizada pela equipe de segurança de barragem do empreendedor.

Recomenda-se após condição de cheia igual ou maior que TR 100 anos ($Q=> 2.327 \text{ m}^3/\text{s}$) 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 E. Riba	Engenharia Civil	Estudos Hidrológicos
Alexandre B. Tortato	Engenharia Civil	Estruturas Hidráulicas

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

16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Relatório SFQ-BA-PAE-001-01_PAEPCH Salto Forqueta – PROSENGE – Projetos e Engenharia – 08/12/2021

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 – Cокументos e Capacitações - <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-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 – Articulação e protocolos entrega

Anexo XII – Plano Divulgação

Anexo XIII – Plano Comunicação

Anexo XIV – ART

