



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH TOCA DO TIGRE



PROSENGE
projetos e engenharia

TTG-C-PAE-001-01-24

DEZEMBRO/2024

Diretor: Cristiano Johannpeter
CJ Hydro – Geração de
Energia S.A.

Resp. Técnico Seg. Barragem:
Eng. Civil Henrique Yabrudi Vieira
Eng. Civil – CREA/RS: PR061964

Resp. PAE: Henrique Yabrudi
Vieira – Prosenge
Eng. Civil - CREA/RS: PR061964

01	18/12/24	Revisado após operacionalização	PBE	Prosenge Projetos Eng.
00	17/11/22	Emissão inicial	PBE	Prosenge Projetos Eng.
Revisão	Data	Objeto da revisão	Red	Empresa

2.1.1	Empresa Executora	8
2.1.2	Responsável Técnico	8
3.1.1	Localização e acessos.....	14
3.1.2	Reservatório	15
3.1.3	Barragem	16
3.1.4	Vertedouro	16
3.1.5	Circuito Hidráulico de Adução	18
3.1.6	Equipamentos Eletromecânicos	19
4.1.1	Risco Hidrológico	26
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural	27
4.2.1	Classificação das Situações	30
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	32
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem	33
5.1.3	Causas de Rompimento	33
5.1.4	Formação da Brecha	35
5.1.5	Trecho do Cálculo.....	37
5.1.6	Modelagem Matemática	39
5.1.7	Identificação das áreas atingidas	40
5.1.8	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo	40
5.1.9	Zoneamento de Risco.....	40
5.2.1	Trecho da análise	43
5.2.2	Geografia da região e geometria do rio	44
5.2.3	Levantamento topográfico e batimetrias.....	44
5.2.4	Geometria da barragem.....	44
5.2.5	Hidrograma de Cheias.....	45
5.2.6	Calibração do modelo matemático	56
5.3.1	Cenários de não rompimento – Simulação 1.....	59
5.3.2	Cenário de rompimento – Simulação 2	59

5.3.3	Cenário de galgamento da barragem	59
5.3.4	Cenário efeito cascata – Não simulado	59
5.4.1	Dados utilizados para formação da brecha	60
5.5.1	Resultados Básicos Simulação 1	62
5.5.2	Resultados Básicos Simulação 2	62
5.8.1	SL-167 – Propriedades.....	79
5.8.2	SL-161 – Propriedades.....	80
5.8.3	SL-149 – Propriedades.....	80
5.8.4	SL-146 – Propriedades.....	81
5.8.5	SL-131 – Propriedades.....	82
5.8.6	SL-130 – Casa de Força PCH Toca do Tigre e Propriedades	83
5.8.7	SL-124 – Propriedades.....	84
5.8.8	SL-113 – Ponte 1 e Propriedades	85
5.8.9	SL-108 – Propriedades e Limite ZAS	86
5.8.10	SL-105/103 – Propriedades.....	87
5.8.11	SL-98 – Propriedades.....	89
5.8.12	SL-86/83 – Propriedades.....	89
5.8.13	SL-61/59 – Propriedades.....	90
5.8.14	SL-56 – Propriedades.....	92
5.8.15	SL-52 – Propriedades.....	92
5.8.16	SL-43/41 – Propriedades e Ponte 2	93
5.8.17	SL-14 – Propriedades.....	94
5.8.18	SL-1 – Fim modelo e Limite ZSS.....	95
7.2.1	Monitoramento das Estruturas.....	103
7.2.2	Revisão Periódica de Segurança	105
7.2.3	Tramitação das Informações	105
8.3.1	1º Etapa - Protocolo PAE aos Agentes Externos	116
8.3.2	2º Etapa - Cadastro e mapeamento da população existente na ZAS	116
8.3.3	3º Etapa – Articulação com agentes externos após cadastro ZAS	116

8.3.4	4º Etapa – Simulado com ZAS e Operacionalização.....	116
9.1.1	Situação Normal (VERDE)	117
9.1.2	Situação Atenção (AMARELO).....	118
9.1.3	Situação de Alerta (LARANJA)	118
9.1.4	Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO).....	119
9.1.5	Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO).....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Montante da PCH Toca do Tigre	12
Figura 2 – Jusante da PCH Toca do Tigre	13
Figura 3 – Localização da PCH Toca do Tigre	14
Figura 4 – Acesso a Usina	15
Figura 5 – Curva Cota x Área x Volume – Reservatório	16
Figura 6 – Curva de Descarga – Vertedouro	17
Figura 7 – Arranjo geral da PCH Toca do Tigre	22
Figura 8 – Barramento - Planta e Seção	23
Figura 9 – Circuito de Geração - Planta e Seção	24
Figura 10 – Casa de Força – Planta Geral	25
Figura 11 – Vista Geral da Barragem	27
Figura 12 – Formação de brecha por galgamento	33
Figura 13 – Formação da brecha por infiltração	34
Figura 14 – Brechas resultantes de falhas nas fundações	35
Figura 15 – Tamanhos e tempo para formação da brecha	36
Figura 16 – Tempo de formação da brecha	37
Figura 17 – Seções lançadas no Hec-Ras	57
Figura 18 – Perfil do Rio Turvo com Barramento – Calibração	58
Figura 19 – Dados do Barramento Toca do Tigre com Brecha rompimento – Hec-Ras	61
Figura 20 – Localização propriedades - SL-167	79
Figura 21 – Localização propriedades - SL-161	80
Figura 22 – Localização propriedades - SL-149	81
Figura 23 – Localização propriedades - SL-146	82
Figura 24 – Localização propriedades - SL-131	83
Figura 25 – Localização Casa de Força Toca do Tigre - SL-130	84
Figura 26 – Localização propriedades - SL-124	85
Figura 27 – Localização ponte 1 e propriedades - SL-113	86
Figura 28 – Localização propriedades e Limite ZAS - SL-108	87
Figura 29 – Localização propriedades - SL-105/103	88
Figura 30 – Localização propriedades - SL-98	89
Figura 31 – Localização propriedades - SL-86/83	90
Figura 32 – Localização propriedades - SL-61/59	91
Figura 33 – Localização propriedades - SL-56	92
Figura 34 – Localização propriedades - SL-52	93
Figura 35 – Localização propriedades e Ponte 2 - SL-43/41	94
Figura 36 – Localização propriedades - SL-14	95
Figura 37 – Localização Limite ZSS - SL-1	96
Figura 38 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura	106

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Turvo em operação, próximos a PCH Toca do Tigre ...	15
Tabela 2 - Curva de Descarga – Vertedouro	17
Tabela 3 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)	26
Tabela 4 – Resultado Análise de Estabilidade – Vertedouro - Projeto Executivo Intertechne (1001-TT-MC-413-40-001)	28
Tabela 5 – Resultado Análise de Estabilidade – Barragem Margem Direita - Projeto Executivo Intertechne (1001-TT-MC-412-40-001)	28
Tabela 6 – Resultado Análise de Estabilidade – Barragem Margem Esquerda - Projeto Executivo Intertechne (1001-TT-MC-412-40-002)	28
Tabela 7 – Legenda para Risco Hidrodinâmico	43
Tabela 8 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados)	44
Tabela 9 – Vazão Máxima Média Diária – PCH Toca do Tigre	45
Tabela 10 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência e Parâmetros Cálculo	46
Tabela 11 – Vazão Máxima Instantânea para diferentes TR – PCH Toca do Tigre	47
Tabela 12 – 15 maiores cheias no local da PCH Toca do Tigre	47
Tabela 13 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma	48
Tabela 14 – Distribuição adimensional de vazões	48
Tabela 15 – Hidrograma de Cheias PCH Toca do Tigre	49
Tabela 16 – Hidrogramas para PCH Toca do Tigre	62
Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Toca do Tigre sem rompimento da Barragem	62
Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Toca do Tigre com rompimento da Barragem	62
Tabela 19 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Toca do Tigre	63
Tabela 20 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Toca do Tigre para Qturb e TR 100 anos (Simulação 1 e 2)	64
Tabela 21 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Toca do Tigre para TR 1.000 anos (Simulação 1 e 2)	71
Tabela 22 – Localização das Seções de Interesse	78
Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-167 – Propriedades	79
Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-161 – Propriedades	80
Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-149 – Propriedades	81
Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-146 – Propriedades	82
Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-131 – Propriedades	83
Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-130 – Casa de Força Toca do Tigre	84
Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-124 – Propriedades	85
Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-113 – Propriedades e ponte 1	86
Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-108 – Propriedades e Limite ZAS	87
Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-105 – Propriedades	88
Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-103 – Propriedades	88
Tabela 34 – Detalhe das simulações - SL-98 – Propriedades	89
Tabela 35 – Detalhe das simulações - SL-86 – Propriedades	90
Tabela 36 – Detalhe das simulações - SL-83 – Propriedades	90
Tabela 37 – Detalhe das simulações - SL-61 – Propriedades	91
Tabela 38 – Detalhe das simulações - SL-59 – Propriedades	91
Tabela 39 – Detalhe das simulações - SL-56 – Propriedades	92
Tabela 40 – Detalhe das simulações - SL-52 – Propriedades	93
Tabela 41 – Detalhe das simulações - SL-43 – Propriedades e Ponte 2	94
Tabela 42 – Detalhe das simulações - SL-41 – Propriedades	94
Tabela 43 – Detalhe das simulações - SL-14 – Propriedades	95
Tabela 44 – Detalhe das simulações - SL-1 – Limite ZSS	96
Tabela 45 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para Sunny Day e TR 100 anos	98
Tabela 46 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 1.000 anos	99
Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura	107
Tabela 48 – Ações de resposta (Normal)	117
Tabela 49 – Ações de resposta (Atenção)	118
Tabela 50 – Ações de resposta (Alerta)	118
Tabela 51 – Ações de resposta (Emergência 1)	119
Tabela 52 – Ações de resposta (Emergência 2)	119
Tabela 53 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 1.000 anos	122
Tabela 54 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem	123

Tabela 55 – Risco Hidrodinâmico para TR 1.000 anos.....	125
Tabela 56 – Resumo do Plano de Evacuação	127
Tabela 57 – Legenda para Risco Hidrodinâmico	127
Tabela 58 – Entidades que recebem Cópia PAE.....	130
Tabela 59 – Controle das Entidades que receberam uma cópia do PAE.....	131

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Toca do Tigre, no rio Turvo, pertencente à **CJ HYDRO**, localizada no estado de Rio Grande do Sul.

O presente Plano de Ação de Emergências (PAE) possui o intuito de atender à Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 alterada Lei 14.066/2020 e a Resolução Normativa nº 1.064 de 02 de maio de 2023, onde a barragem da PCH Toca do Tigre foi classificada como Barragem de categoria B, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Alto.

Conforme a lei citada uma barragem com classificação de Dano Potencial Alto necessita de um Plano de Ação de Emergências – PAE. Para obtenção dos dados foi realizada uma Inspeção Civil Regular, setembro/2022, por uma equipe técnica multidisciplinar, com o objetivo de verificar todas as estruturas civis da usina, e percorrer o trecho de jusante do barramento para identificação dos pontos de risco. Da visita resultou o Relatório de Inspeção Civil TTG-C-ISR-001-00-24 – PCH Toca do Tigre apresentado no Anexo I – Item 10 do Plano de Segurança da Barragem TTG-C-PSB-001-01-24.

Também foi realizada operacionalização do PAE com todas as etapas concluídas com simulado realizado no dia 09/12/2024 com atingidos na ZAS.

2 HISTÓRICO

A PCH Toca do Tigre de potência instalada de 11,84 MW em operação comercial e com enchimento do reservatório em 14/08/2012.

Em junho de 2013 a empresa ESTELAR ENGENHEIROS ASSOCIADOS, através do documento **5000-PTT-6C-MPBA-002-00-13**, elaborou o Plano de Ação de Emergências.

Em março de 2019 a PROSENGE Projetos e Engenharia revisou e adequou o documento (**TTG-BA-3C-PAE-0001-00**), já em novembro de 2022 foi realizado RPS da PCH Toca do Tigre onde foi elaborado novo PAE (**TTG-C-PAE-001-00-22**) o qual vai ser substituído por esta revisão com toda operacionalização concluída.

2.1 Identificação do Responsável Técnico

2.1.1 Empresa Executora

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

www.prosenge.com

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

[REDACTED]

[REDACTED]

2.1.2 Responsável Técnico

Engenheiro Civil: Henrique Yabrudi Vieira

CREA RS: PR 61964

ART - 12351967

2.2 Objetivo

De acordo com a Lei 12.334 de setembro de 2010 alterada Lei 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 PCH Toca do Tigre, verificou-se a necessidade de elaboração do Plano de Segurança da Barragem, pois a classificação indica categoria de risco Baixo e dano potencial Alto o que resulta em uma barragem **Classe B**, e consequentemente se fez necessário a elaboração do Plano de Ação de Emergências (PAE), documento em questão.

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

O Plano de Ação de Emergência (PAE) visa ainda estabelecer os procedimentos que contribuam para minimizar os danos causados nas áreas de jusante, decorrentes de situações críticas que

possam vir a acontecer em virtude de riscos hidrológicos ou da ruptura da barragem. A atenção deste trabalho deverá ser voltada, principalmente, com as consequências à jusante com hipotética ruptura da barragem, com a indicação dos níveis e mapas das ondas de cheia normal e com a ruptura da barragem.

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

2.3 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

- Cap.1 – Introdução
- Cap.2 – Histórico
- Cap.3 – Informações Gerais da Barragem
- Cap.4 – Detecção, Avaliação e Classificação das Situações de Emergência
- Cap.5 – Estudo do Rompimento da Barragem
- Cap.6 – Agências e Entidades Envolvidas
- Cap.7 – Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura
- Cap.8 – Responsabilidades de todos os Agentes Envolvidos
- Cap.9 – Programa de Ações Preventivas, tão logo Identificadas Situações Emergenciais
- Cap.10 – Acessos, Mapas de Áreas Sujeitas a Inundações Potenciais
- Cap.11 – Fluxo de Informação e Acionamento
- Cap.12 – Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação
- Cap.13– Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do PAE com os respectivos protocolos de recebimento
- Cap.14 – Conclusões e Recomendações
- Cap.15 – Equipe Técnica
- Cap.16 – Bibliografia
- Cap.17 – Anexos
 - Anexo I – Dados (somente digital)

- Anexo II – Área Resguardada e Acessos
- Anexo III – Curva de Referência
- Anexo IV – Seções Restituição
- Anexo V – Mapas de Inundação
- Anexo VI – Zona de Auto salvamento
- Anexo VII – Risco Hidrodinâmico
- Anexo VIII – Fluxograma de Acionamento
- Anexo IX – Apresentação PAE e protocolos entrega
- Anexo X – Formulários
- Anexo XI – Articulação e Simulado
- Anexo XII – Plano Divulgação
- Anexo XIII – Plano Comunicação
- Anexo XIV – ART

3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

3.1 Características Técnicas Usina

A PCH Toca do Tigre está localizada nos municípios de Bom Progresso e Braga – RS, no rio Turvo, com potência instalada de 11,84 MW e entrou em operação comercial em fevereiro de 2013.

O arranjo geral do aproveitamento se constitui por uma soleira vertente situada no leito do rio com fechamentos em concreto nas ombreiras, com altura máxima de 17 m até a fundação, criando um reservatório com o nível normal na El. 297,00 m com área de 0,89 km².

O empreendimento é composto por um vertedouro de soleira livre de 148 m de comprimento, e barragens de fechamento em concreto em ambas as margens.

As estruturas das barragens da margem direita e esquerda foram construídas em concreto compactado a rolo, CCR, fck > 8 MPa (aos 180 dias), e concreto convencional CLASSE B, fck= 15 MPa (aos 90 dias).

Já o Vertedouro, foi executado também com a técnica do Concreto Compactado a Rolo – CCR, fck > 8 MPa (aos 180 dias) e com execução, no paramento de montante, de uma camada de concreto convencional com vibrador, CLASSE B, fck > 15 MPa (aos 90 dias), com no mínimo de 50 cm de espessura, para a vedação do maciço de CCR e na crista e paramento de jusante uma camada de concreto convencional com vibrador, CLASSE D, fck > 25 MPa (aos 28 dias).

As juntas de contração do maciço de concreto do Vertedouro foram executadas a cada 15,00 m, a partir da laje de concreto convencional da face de montante, estendendo-se para o corpo do maciço de CCR.

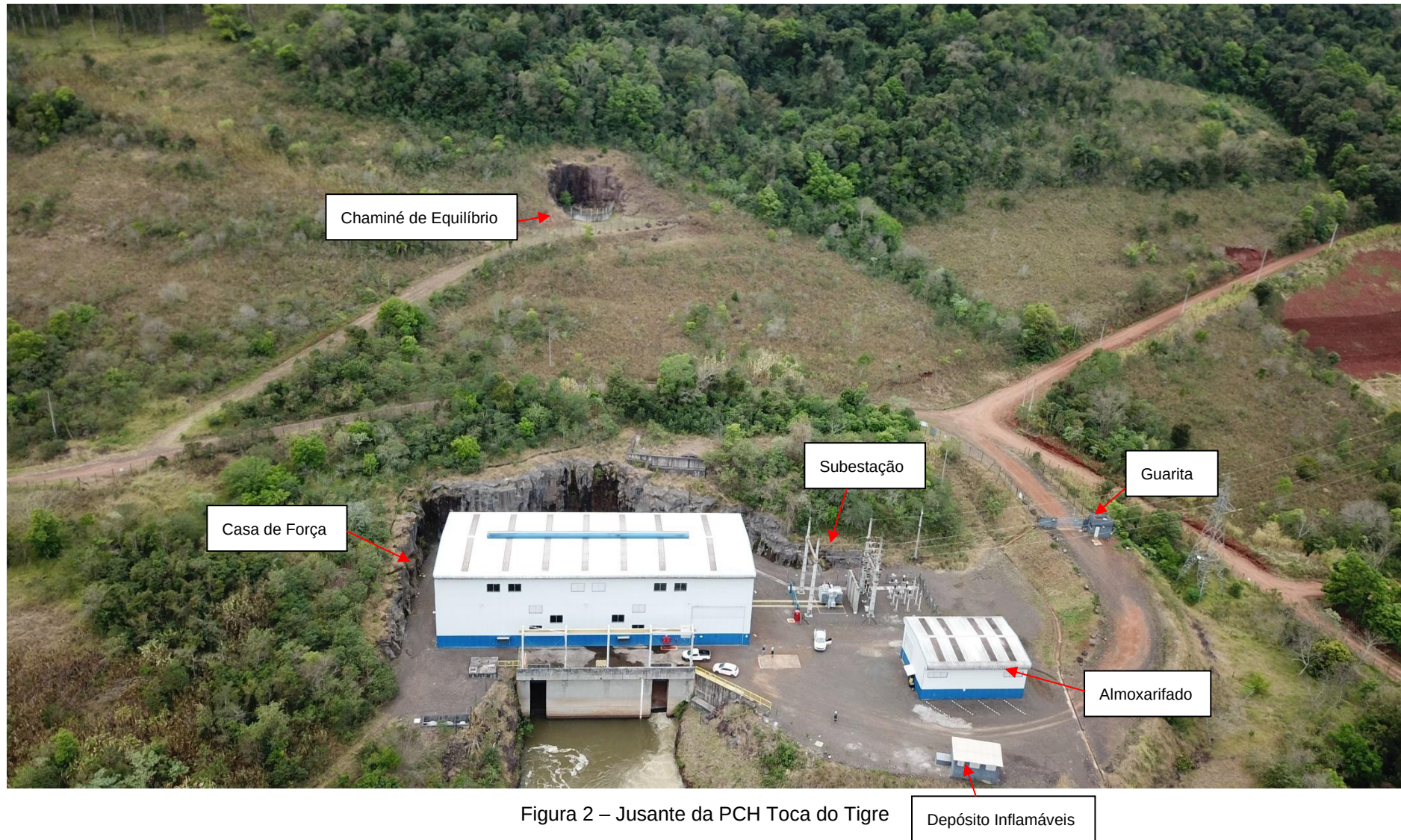
Foi utilizado no controle de qualidade da compactação do CCR, durante a execução do maciço do vertedouro e na barragem da margem direita e esquerda o uso de densímetro nuclear. Com este pôde-se estabelecer os parâmetros adequados às exigências das especificações técnicas da obra, correlatas à compactação do CCR, com enfoque na avaliação da influência do número de passadas dos rolos compactadores, da homogeneidade das camadas e da umidade das dosagens do CCR.

A adução é feita por tomada d'água, túnel de adução com chaminé de equilíbrio, e conduto forçado. A Casa de Força é do tipo abrigada, composta de duas unidades geradoras Francis Simples de Eixo Horizontal de 6.000 kW.

Abaixo será apresentado arranjo geral das estruturas da PCH Toca do Tigre e ficha técnica.



Figura 1 – Montante da PCH Toca do Tigre



3.1.1 Localização e acessos

O acesso ao local do barramento efetua-se pela BR-472, percorrendo a cidade de Três Passos do estado do Rio Grande do Sul, indo na direção da cidade de Bom Progresso. Na rodovia BR-468 a partir da cidade de Bom Progresso através de 7,10 km de estrada vicinal para o nordeste chega-se ao local do aproveitamento no rio Turvo.

O aproveitamento situa-se nos municípios de Bom Progresso e Braga, ambos no estado do Rio Grande do Sul sendo suas coordenadas 27° 32' 04" Sul e 53° 48' 45" Oeste.

O aproveitamento hidrelétrico encontra-se na porção intermediária do rio Turvo, com a PCH Marco Baldo a montante em operação. Não há nenhuma usina em operação a jusante da PCH Toca do Tigre.

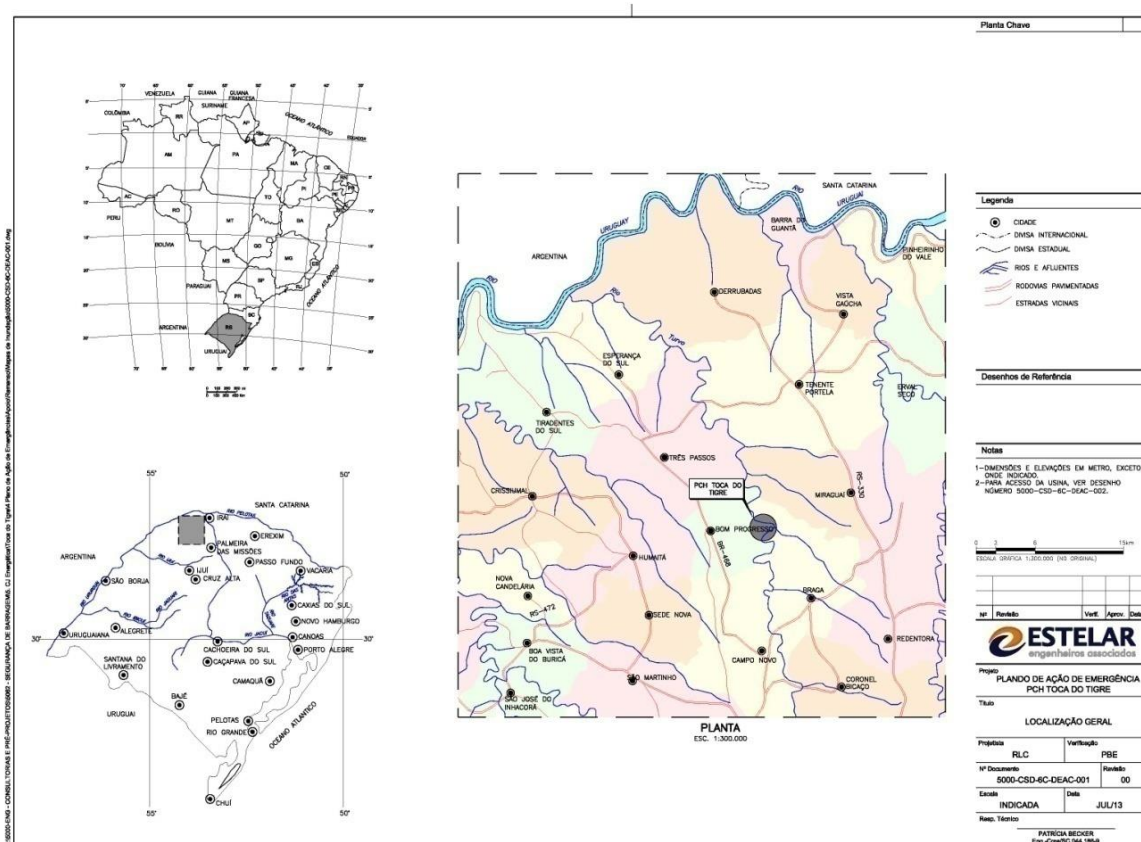


Figura 3 – Localização da PCH Toca do Tigre

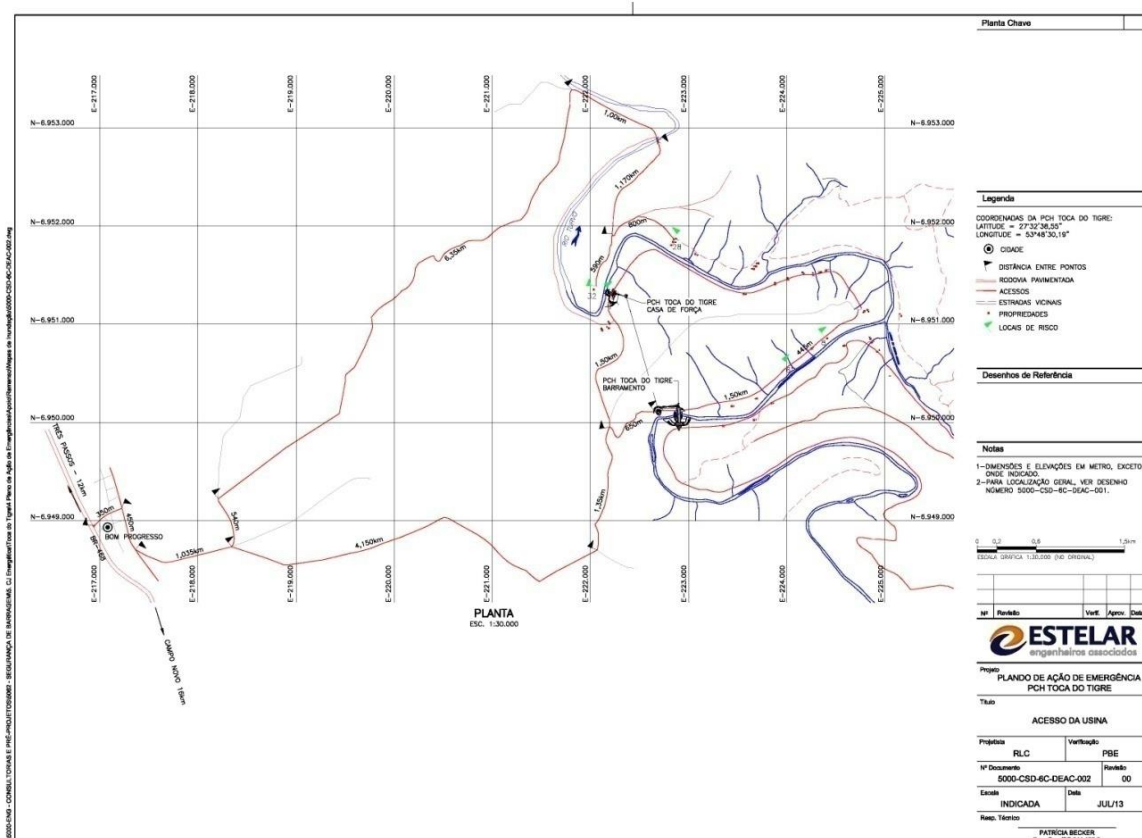


Figura 4 – Acesso a Usina

A Tabela 1 abaixo apresenta a localização relativa da PCH Toca do Tigre na divisão de quedas do rio Turvo.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Turvo em operação, próximos a PCH Toca do Tigre

Posição em relação à PCH Toca do Tigre	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário
Montante	Carlos Gonzatto	9,00	Campo Novo Energia S.A.
	Marco Baldo	16,75	Turvo Energia S.A.
PCH Toca do Tigre		11,84	CJ Hydro Geração de Energia S.A.
Jusante	Sem Usina em operação		

Fonte (Aneel, 2022)

3.1.2 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH Toca do Tigre está fixado na El 297,00 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 6,63 hm³ e ocupa uma área de 89 ha.

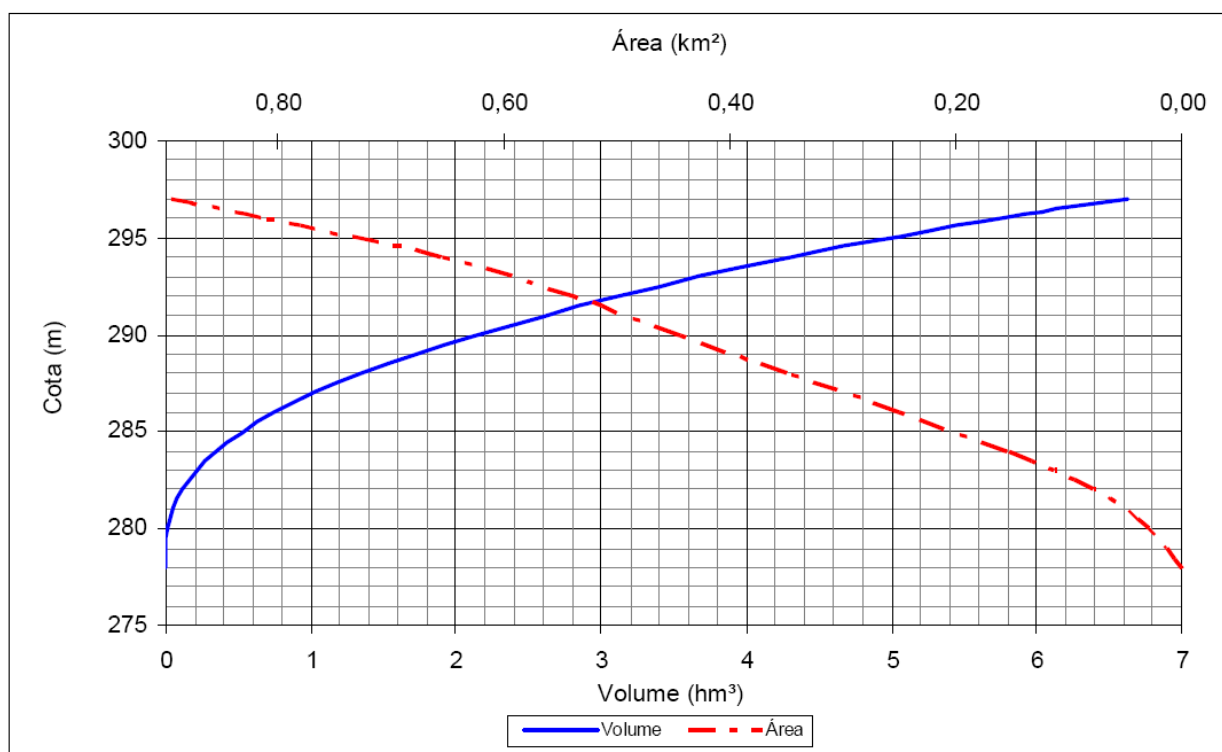


Figura 5 – Curva Cota x Área x Volume – Reservatório

3.1.3 Barragem

O barramento da PCH Toca do Tigre consiste em fechamentos nas ombreiras direita e esquerda com barragem em concreto com altura máxima de 17,00 m. Na margem direita a barragem apresenta 62,7 m de comprimento e na margem esquerda apresenta 26,79 m.

Estas barragens possuem sua cota de proteção na El. 302,20 m, considerando crista na El. 301,00 mais mureta de 1,20 m.

Os desenhos 1001-TT-DE-400-00-002 e 1001-TT-DE-400-00-008 apresentam o arranjo e a seção típica da barragem de concreto.

Na margem esquerda da Barragem está instalado sistema extravasor para garantia da vazão sanitária, $Q = 2,20 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.1.4 Vertedouro

O vertedouro da PCH Toca do Tigre situa-se transversalmente no alinhamento da calha natural do rio e é formado por uma soleira vertente não controlada com 148 m de largura livre, crista na El. 297,00 m e altura máxima de cerca de 21,0 m. Esta estrutura possibilita o vertimento da cheia milenar, cujo pico é de $1.737 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma sobrelevação de 3,00 m no reservatório, o que resulta num nível de água máximo maximorum na El. 300,00 m (Figura 6).

O paramento de montante do vertedouro é vertical enquanto o paramento de jusante possui declividade de 0,85 H: 1,0 V com descida da água em degraus (altura variável entre 0,15 m e 0,90 m), para auxiliar na dissipação de energia, sendo que na parte superior dele dispõe-se o

perfil Creager do vertedouro. A restituição do escoamento é feita por uma calha de 6,0 m de comprimento e 0,6 m de espessura ancorada na rocha, cuja finalidade é garantir à integridade do maciço rochoso a jusante. O mesmo foi construído em CCR, e em concreto convencional nas suas faces externas e junto à sua fundação em rocha sã.

O projeto do vertedouro está apresentado nos desenhos 1001-TT-DE-400-00-002 e 1001-TT-DE-400-00-008.

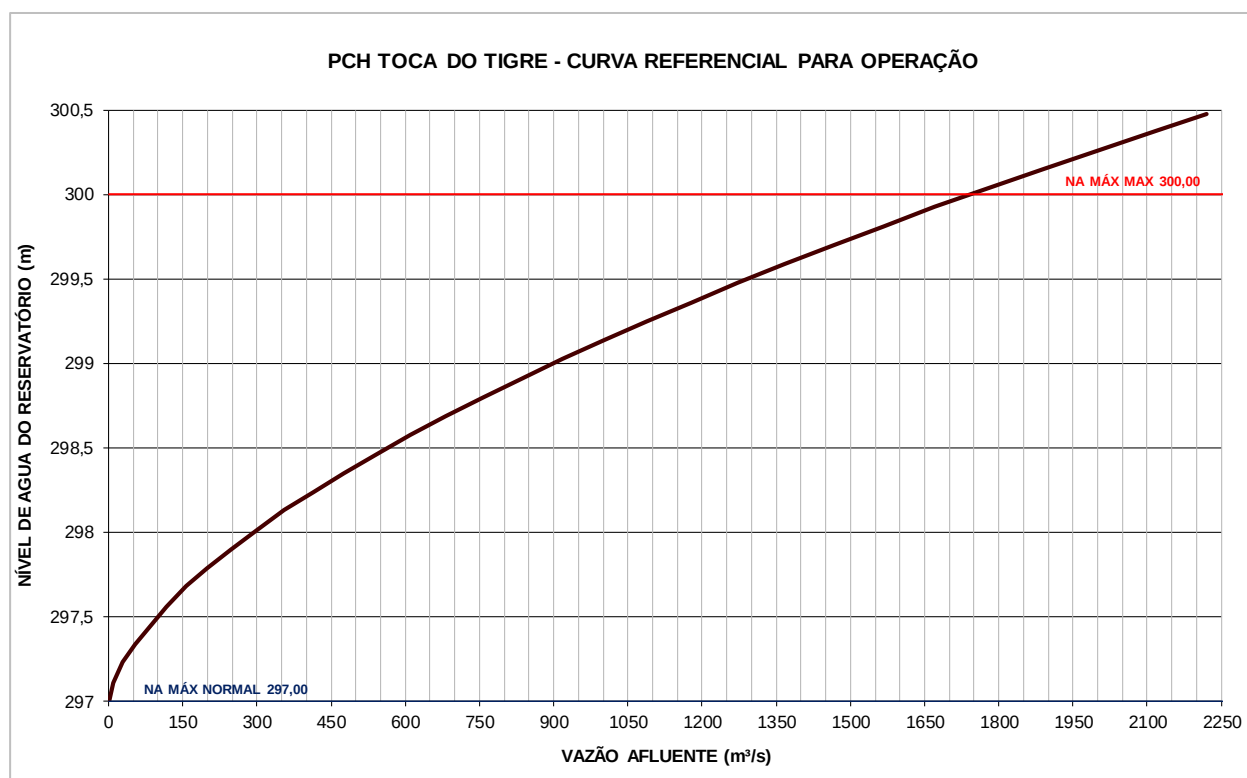


Figura 6 – Curva de Descarga – Vertedouro

Tabela 2 - Curva de Descarga – Vertedouro

VAZÃO (m³/s)	NÍVEL DE ÁGUA (m)	VAZÃO (m³/s)	NÍVEL DE ÁGUA (m)
0	297	836	298,91
10	297,11	917	299,03
28	297,23	1001	299,14
53	297,34	1089	299,25
117	297,56	1179	299,36
157	297,68	1272	299,48
200	297,79	1367	299,59
248	297,9	1466	299,7
299	298,01	1567	299,81
354	298,13	1671	299,93
413	298,24	1779	300,04
475	298,35	1889	300,15
541	298,46	2002	300,26
610	298,58	2118	300,38

VAZÃO (m³/s)	NÍVEL DE ÁGUA (m)	VAZÃO (m³/s)	NÍVEL DE ÁGUA (m)
682	298,69	2221	300,48
757	298,8		

3.1.5 Circuito Hidráulico de Adução

3.1.5.1 Tomada de Água

A estrutura da tomada de água estará localizada na margem esquerda do rio, a montante da barragem.

A tomada d'água possui soleira na El.287,10 m e coroamento na El. 301,00 m.

Junto a sua entrada, existe uma grade, destinado a impedir a entrada de materiais com dimensões que possam danificar os equipamentos. Esta grade apresenta - se com 5,40 m de largura por 10,00 m de altura.

O fechamento desta abertura, no caso da necessidade de manutenção do conduto será feito por meio de comporta ensecadeira do tipo bipartida, com dimensão total de (5,40 x 5,40) m. A movimentação destas comportas são realizadas por uma monovia instalada sobre um pórtico fixo de concreto.

O arranjo da tomada de água está apresentado no desenho 1001-TT-DE-405-00-001.

3.1.5.2 Túnel de Adução

Após a Tomada d'Água vem o túnel de adução com seção arco retangular de 5,4 metros de largura por 5,4 metros de altura (seção de escavação possui a 5,6 m de altura prevendo uma laje de regularização de concreto), o túnel possui declividade de 0,5 % no início do túnel passando para 12 % no trecho final. No trecho em que se inicia a blindagem o túnel é horizontal. Logo a montante da blindagem há uma transição de seção arco retângulo para a seção blindada com 4,4 metros de diâmetro. A montante da transição existe um trecho de 4,0 metros em concreto e logo a montante um rock-trap de 18,0 metros de comprimento, 2,5 metros de altura e 5,4 metros de largura para evitar carreamento de material para dentro das turbinas. O trecho de blindagem possui uma extensão de 30,0 metros.

O perfil e seção típica do túnel de adução está apresentado no desenho 1001-TT-DE-414-20-003.

3.1.5.3 Chaminé de Equilíbrio

Antes da rock-trap está localizada a chaminé de equilíbrio que possui seção circular de 5,0 m de diâmetro desde a cota 269,65m até a elevação 286,0 m, a partir desta elevação a seção da chaminé passa para 10 m de diâmetro. A chaminé foi dimensionada para absorver possíveis rejeições de carga.

O arranjo geral da chaminé de equilíbrio está apresentado no desenho 1001-TT-DE-414-20-004.

3.1.5.4 Conduto Forçado

Após o rock-trap inicia-se o trecho blindado de 30 m de extensão e diâmetro de 4,40 m segue o repartidor, onde o fluxo será dividido através de uma bifurcação para diâmetro de 2,30 m para as duas unidades geradoras da casa de força. Após o repartidor o fluxo é encaminhado para cada uma das duas unidades geradoras.

O desenho 1001-TT-DE-416-50-001 apresenta o projeto desta estrutura.

3.1.5.5 Casa de Força e Canal de Fuga

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

A fundação da Casa de Força está na El. 255,00 m e o piso dos geradores na El. 262,76. O deck externo está na El. 272,00. A estrutura da Casa de Força possui aproximadamente 31,43 m de largura e 39,0 m de comprimento. O Canal de Fuga terá a soleira na saída na cota El. 262,50 m. O nível de água normal no canal de fuga está na El. 264,30 m e o nível de água máximo de projeto encontra-se na El. 270,87 m.

A casa de força e o canal de fuga podem ser vistos nos desenhos 1001-TT-DE-417-70-001 a 002.

3.1.6 Equipamentos Eletromecânicos

3.1.6.1 Turbinas

As turbinas são do tipo Francis, de eixo horizontal, com rotor simples, com caixa espiral em chapas de aço soldadas, com capacidade que garanta uma potência não inferior a 6.154 kW no eixo da turbina, sob queda líquida de 29,92 m.

As características básicas da turbina são:

Quadro 1 – Dados da Turbina

Quantidade	02 (duas)
Tipo	Francis Horizontal Simples
Potência nominal (eixo)	6.173 kW
Queda Bruta Máxima	32,64 m
Queda Líquida de referência (Hr)	29,92 m
Vazão nominal unitária	22,72 m³/s
Rotação nominal	300 rpm
Nível de água de jusante normal	El. 264,30 m
Nível de água de jusante máximo	El. 270,87 m
Nível de água de jusante mínimo	El. 263,63 m

3.1.6.2 Gerador

As duas unidades geradoras da PCH Toca do Tigre serão dotadas de geradores de corrente alternada, trifásicos, síncronos, ligados em estrela, de eixo horizontal para acoplamento rígido às turbinas Francis de eixo horizontal.

A excitação será do tipo sem escovas (brushless), com potência nominal de 6.670 kVA e terão as seguintes características técnicas:

Quadro 2 – Dados do Gerador

Quantidade	02
Potência nominal	6.670 kVA
Fator de potência indutivo	0,90
Tensão nominal	13,80 kV
Frequência nominal	60 Hz
Rotação nominal	300 rpm

3.1.6.3 Conexão

A pequena central hidrelétrica Toca do Tigre tem uma conexão em 69 kV com o sistema de transmissão até a subestação da Marco Baldo.

A subestação possui transformador de força elevador com potência de 14,00 MVA, 13,8/69 kV, interligando-se ao sistema através de um ramal de circuito simples, na tensão de 69 kV, com aproximadamente 4,5 km de extensão até a subestação Marcos Baldo da CPFL/RGE.

3.2 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Toca do Tigre são:

- NA Normal Montante = 297,00 m;
- NA Máximo Maximorum Montante = 300,00 m (>TR=1.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 302,20 m (crista El. 301,00 m mais mureta de 1,20 m);
- NA Normal Jusante = 264,30 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante = 270,87 m (TR=1.000 anos);
- Cota de Proteção Casa de Força = 272,00 m.

A ficha técnica da Usina está apresentada abaixo.



FICHA TECNICA



IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	
Nome:	PCH Toca do Tigre
Municípios:	Bom Progresso e Braga - RS
Proprietário:	CJ Hydro-Geração de Energia S.A.

DATAS	
Conclusão Barramento:	jan/12
Início Operação:	fev/13
Manutenção Barragem:	-----

BACIA HIDROGRÁFICA	
Curso d'Água:	Rio Turvo
Bacia (ANEEL):	Rio Uruguai - 7
Sub-Bacia (ANEEL):	74

RESERVATÓRIO		
Área Drenagem - (km²):	1.086,00	
Área NA Normal - (km²):	0,89	
Volume NA Normal (hm³):	6,63	
Vazão Remanescente (m³/s):	2,20	
Níveis de Água (m):	Máx. Max.:	300,00
	Normal:	297,00
	Mínimo:	296,50

BARRAGEM	
Tipo:	Gravidade - Concreto CCR
Comprimento (m):	62,7 - MD e 26,8 - ME
Altura Máxima (m):	17,00
Largura Crista (m):	5,00
Elevação da Crista (m):	301,00
Cota Proteção Mureta (m):	302,20
Fundação:	Basalto são

CASCATA	
Usina Montante:	PCH Marco Baldo
Usina Jusante:	-----

ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO		
Tipo:	Soleira Livre	
Comprimento (m):	148,00	
Capacidade (m³/s):	1.737,00	>TR 1.000 anos
Cota da Soleira (m):	297,00	
Fundação:	Basalto são	

TOMADA D'ÁGUA		
Tipo:	Gravidade	
Comprimento (m):	11,90	
Comportas	Número:	1
	Altura (m):	5,40
	Largura (m):	5,40

ADUÇÃO	
Tipo:	Túnel - seção arco retangular
Comprimento (m):	1.100,00
Altura (m):	5,40
Largura (m):	5,40

CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO	
Altura (m):	44
Diâmetro (m):	5,00/ 10,00
Fundação:	Basalto São

CONDUTO FORÇADO	
Unidades:	1 (Trecho 1) 2 (Bif.)
Diâmetro (m):	4,4 (Trecho 1) 3,10 (Bif.)
Comprimento Total (m):	34,5 (Trecho 1) 16,5 (Bif.)

CASA DE FORÇA		
Tipo:	Abrigada	
Potência Instalada (MW)	11,84	
Unidades Geradoras:	2,00	Francis Horizontal
Vazão Máxima (m³/s):	45,44	
Queda Bruta (m)	32,64	
Nível água jusante (m):	Máx. Max.:	270,87
	Normal:	264,34
	Mínimo:	263,63

TURBINA		
Potência Nominal [MW]	6,173	Unitária
Vazão Nominal [m³/s]	22,72	Unitária

GERADOR		
Potência Nominal [MW]	6,837	Unitária
Tensão Nominal [kV]	13,8	
Rotação Nominal [rpm]	300	
Fator de Potência	0,90	

As figuras abaixo apresentam arranjo geral do empreendimento da PCH Toca do Tigre.

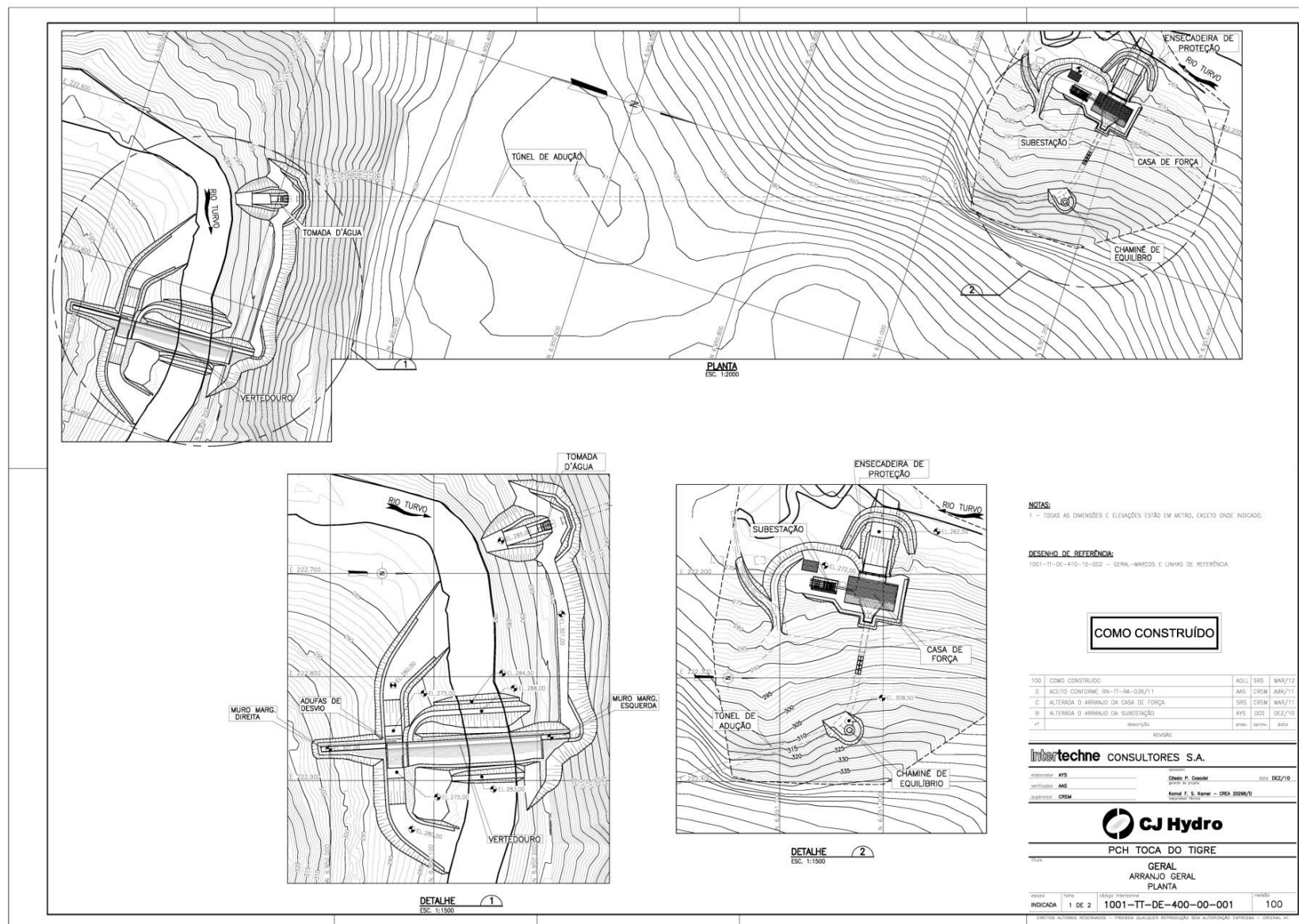


Figura 7 – Arranjo geral da PCH Toca do Tigre

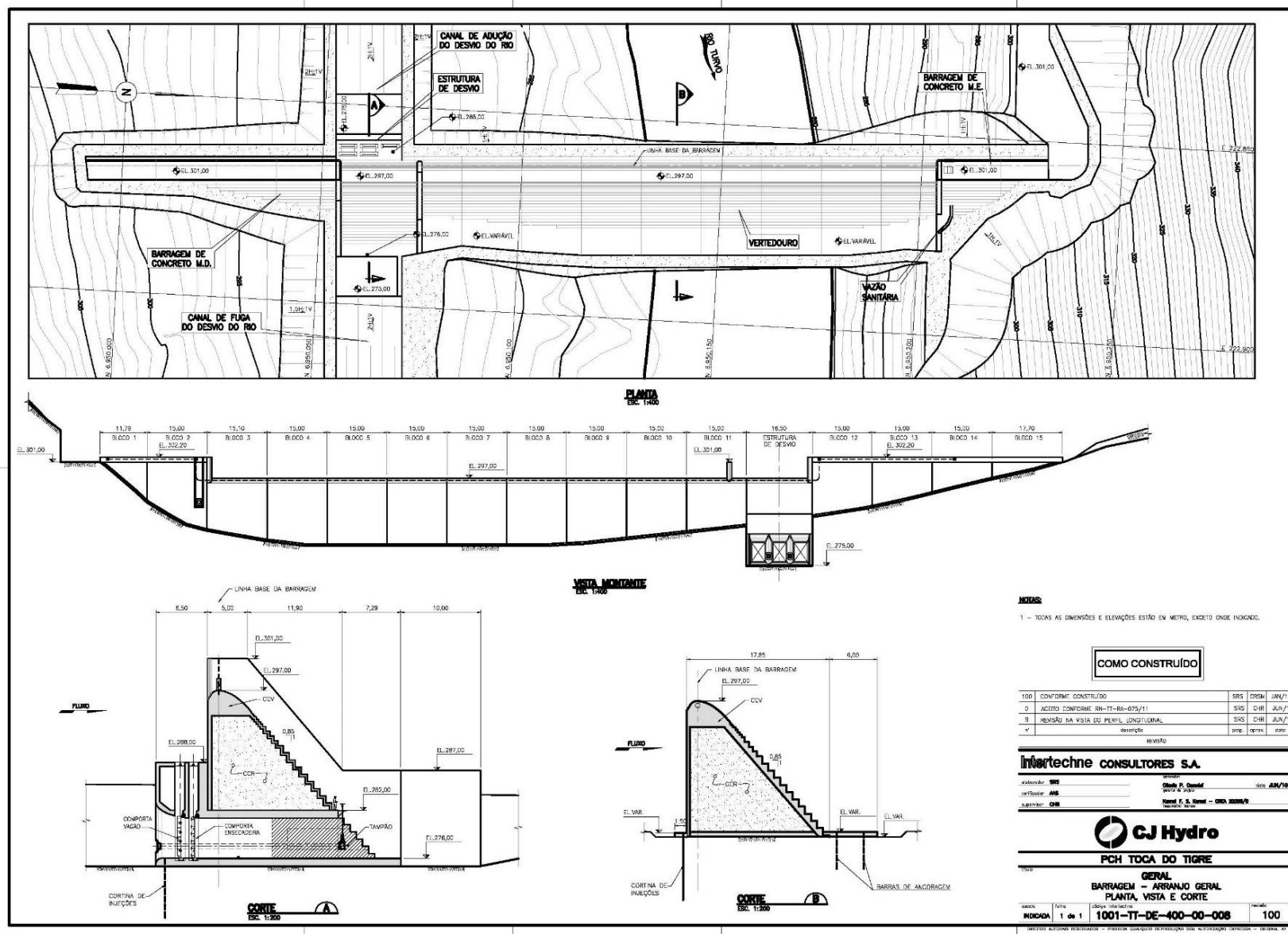


Figura 8 – Barramento - Planta e Seção

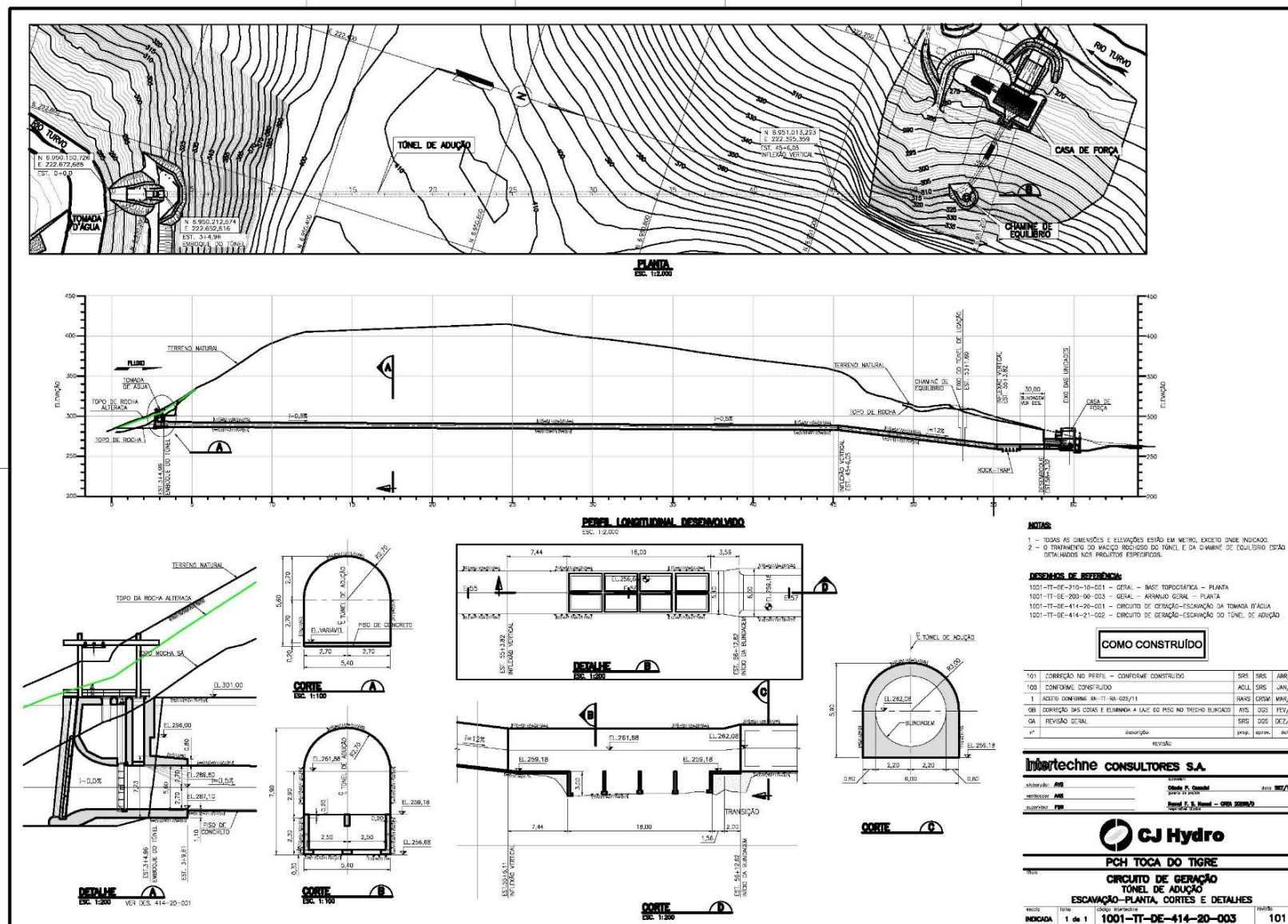


Figura 9 – Circuito de Geração - Planta e Seção

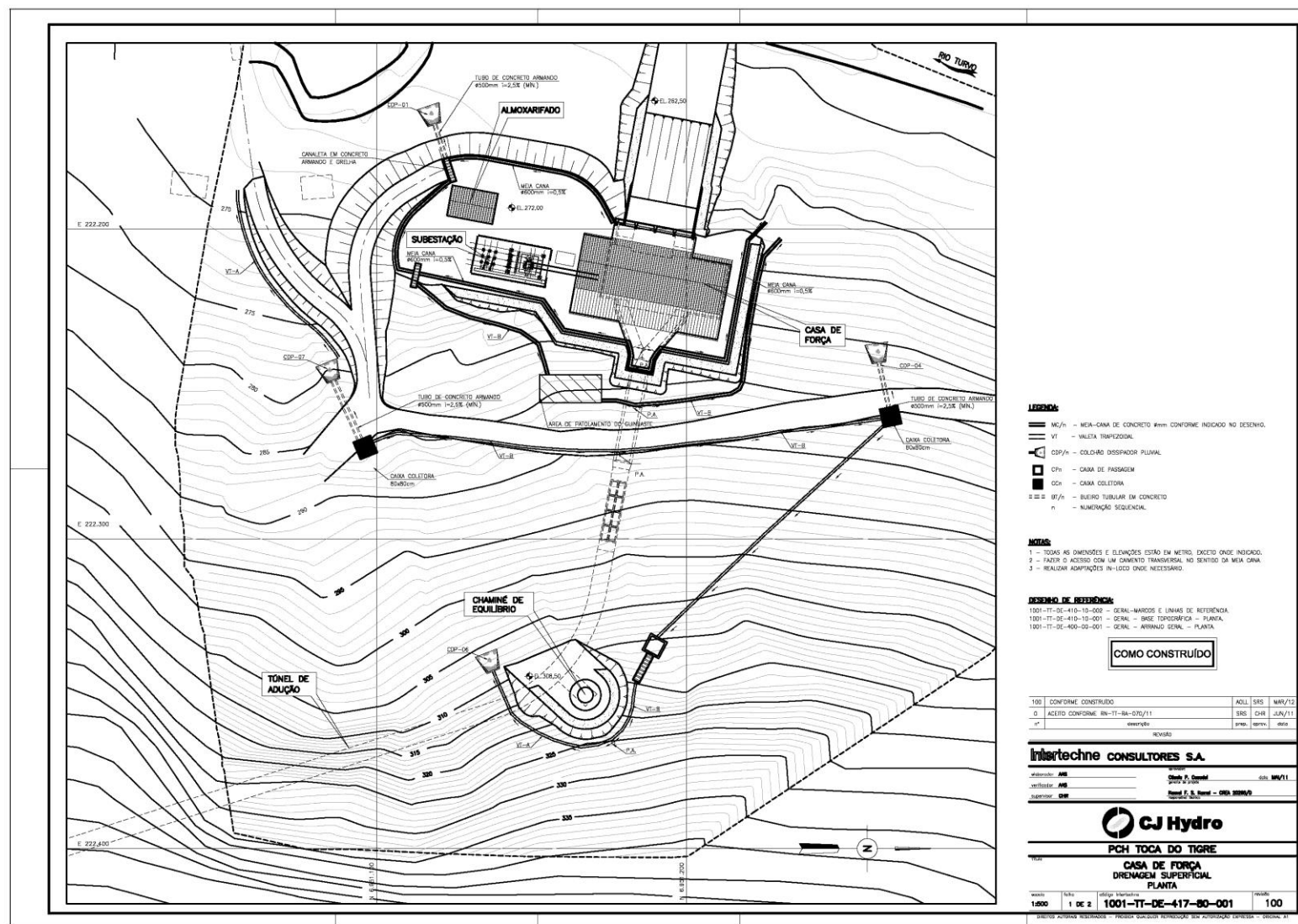


Figura 10 – Casa de Força – Planta Geral

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 receptores aos efeitos adversos permite a avaliação, a definição e hierarquização das áreas de maior risco. Os riscos identificados para o barramento da Pequena Central Hidrelétrica Toca do Tigre são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Toca do Tigre tem área de drenagem total de 1.086 Km². O reservatório possui um volume total de 6,631 hm³ e uma extensão de 6,16 km formado por um barramento de concreto com altura máxima de 21 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 se 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 Toca do Tigre pode ser analisado pela Tabela abaixo:

Tabela 3 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)

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

É importante ressaltar que os riscos assumidos pelo projeto são significativamente pequenos, ou seja, para um tempo de retorno adotado 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. Porém as estruturas têm capacidade de descarga acima da TR 10.000 anos.

4.1.2 Risco de Colapso Estrutural

4.1.2.1 Barragem/Vertedouro

O Barramento da PCH Toca do Tigre foi projetado obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com fatores segurança superiores aos preconizados.

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



Figura 11 – Vista Geral da Barragem

De acordo com Revisão periódica de segurança (TTG-C-RPS-001-00-22) não foi alterado o Nível Máximo Maximorum no barramento, logo foi certificado a memória de cálculo de projeto com critérios adotados.

Para a elaboração deste capítulo foram utilizados os documentos do Projeto Executivo elaborados para a fase de implantação da PCH Toca do Tigre e dados atualizados de hidrologia do RPS 2022.

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

Além da avaliação das estruturas civis por meio da inspeção realizada em campo, uma análise dos documentos do Projeto Executivo foi realizada com o objetivo de avaliar a segurança das estruturas com relação à estabilidade global, bem como o seu dimensionamento com relação aos critérios de projeto e normas técnicas. Cabe salientar que toda a análise foi desenvolvida com base nos dados hidrológicos do Projeto Executivo e hidrologia atualizada no RPS, onde qualquer revisão nas cheias de projeto implicará na necessidade de nova análise das estruturas.

Os documentos 1001-TT-MC-412-40-001 e 1001-TT-MC-412-40-002 apresenta a memória de cálculo da estabilidade das Barragens da Margem Direita e Esquerda e o documento 1001-TT-MC-413-40-002 apresenta a memória de cálculo da estabilidade do Vertedouro.

As análises de estabilidade verificadas nas Barragens/Vertedouro foram:

- CCC - Caso de Carregamento de Construção - Somente Peso Próprio da Estrutura;
- CCN - Condição de Carregamento Normal - $NA_{mont} = 297,00$ m e $NA_{jus} = 0,00$ m;
- CCE - Condição de Carregamento Excepcional - $NA_{mont} = 300,00$ m e $NA_{jus} = 0,00$ m;
- CCL - Condição de Carregamento Limitre - $NA_{mont} = 300,00$ m mais efeito sísmico;

Abaixo serão apresentados resultados conforme a estrutura elaborada pela responsável pelo projeto executivo, empresa Intertechne, que obteve os seguintes coeficientes de segurança para estabilidade.

Tabela 4 – Resultado Análise de Estabilidade – Vertedouro - Projeto Executivo Intertechne (1001-TT-MC-413-40-001)

Casos Carregamento	Flutuação (FSF)		Tombamento (FST)		Deslizamento (FSD)		Tensão (tf/m ²)	
	Calculado	Mínimo	Calculado	Mínimo	Calculado	Mínimo	Montante	Jusante
CCC	-	1,20	-	1,3	-	1,0	46,25	0,68
CCN	2,76	1,30	1,89	1,5	1,30	1,0	14,08	15,85
CCE	1,85	1,10	1,37	1,2	1,2	1,0	1,66	19,92
CCL	1,80	1,10	1,24	1,1	1,0	1,0	0	25,29

Tabela 5 – Resultado Análise de Estabilidade – Barragem Margem Direita - Projeto Executivo Intertechne (1001-TT-MC-412-40-001)

Casos Carregamento	Flutuação (FSF)		Tombamento (FST)		Deslizamento (FSD)		Tensão (tf/m ²)	
	Calculado	Mínimo	Calculado	Mínimo	Calculado	Mínimo	Montante	Jusante
CCC	-	1,20	-	1,3	-	1,0	29,64	8,72
CCN	4,36	1,30	3,06	1,5	3,30	1,0	17,65	12,85
CCE	3,24	1,10	1,90	1,2	2,60	1,0	13,47	14,27
CCL	3,01	1,10	1,64	1,1	2,20	1,0	3,66 (*)	29,42 (*)

(*) Seção Mais crítica – El. 295,50 m

Tabela 6 – Resultado Análise de Estabilidade – Barragem Margem Esquerda - Projeto Executivo Intertechne (1001-TT-MC-412-40-002)

Casos Carregamento	Flutuação (FSF)		Tombamento (FST)		Deslizamento (FSD)		Tensão (tf/m ²)	
	Calculado	Mínimo	Calculado	Mínimo	Calculado	Mínimo	Montante	Jusante
CCC	-	1,20	-	1,3	-	1,0	38,53	4,92
CCN	3,63	1,30	2,57	1,5	2,40	1,0	25,91	6,51
CCE	2,95	1,10	1,84	1,2	2,30	1,0	17,43	12,38
CCL	2,86	1,10	1,61	1,1	1,90	1,0	5,05 (*)	21,04 (*)

(*) Seção Mais crítica – El. 295,50 m

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

4.1.2.2 Conclusão

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

Logo, a PCH Toca do Tigre tem o risco de colapso estrutural praticamente nulo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural.

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 Toca do Tigre e o tempo de percurso da onda de enchente. A definição das emergências foi definida a partir do preconizado no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.2 Cenários a simular, da Agência Nacional das águas (ANA), conforme destacado abaixo:

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

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

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

a) Situação Normal – Ruptura em dia de sol

Correspondem à condição natural de escoamento do hidrograma de cheias na vazão turbinada do rio, Q_{Turb} .

b) Situação Enchentes – Ruptura com enchentes

Correspondem à condição enchente extrema de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 100 e 1.000 anos de recorrência, sendo última correspondente a cheia de dimensionamento do vertedouro.

4.2.1 Classificação das Situações

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

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

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

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

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

- Vermelho Claro – Essa condição se caracteriza pela necessidade de retirada dos atingidos na zona de autossalvamento (ZAS) e alerta para a defesa civil da ocorrência de um evento de cheias extremas, acima do TR 50 anos, ou de problema na estrutura do barramento que pode ocasionar o rompimento podendo ser evitado com as manutenções corretas;
- Vermelho Escuro – Nessa condição é necessária a retirada urgente dos atingidos na ZAS e alerta para a defesa civil da eminência ou da ocorrência do rompimento. As condições hidrológicas extremas ultrapassam a cheia milenar ou as patologias na estrutura não permitem a recuperação.

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

5 ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

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

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

5.1 Metodologia

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

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

Na caracterização do cenário as seguintes informações são necessárias:

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

5.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

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

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

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

5.1.2 Tipo e Geometria da Barragem

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

5.1.3 Causas de Rompimento

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

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

5.1.3.1 Galgamento

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

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

A Figura 12 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.

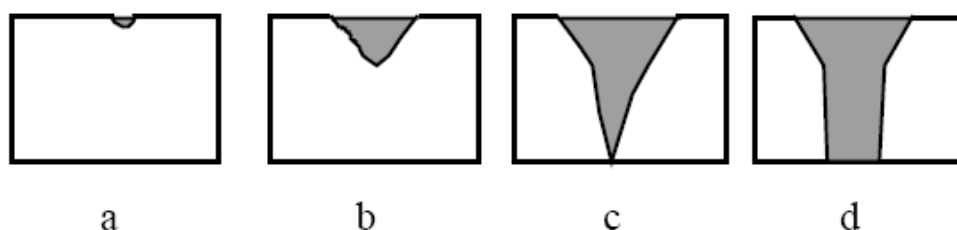


Figura 12 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

5.1.3.2 Infiltração

A infiltração ocorre devido à passagem da água através das paredes da barragem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002, p. 116). A água que se movimenta através da barragem, ou de suas fundações, pode originar na formação de uma brecha se os volumes de água e material sólido superam determinados limites de segurança. A brecha inicia como um poro em um ponto qualquer da barragem e este poro cresce, por erosão, para todos os lados, até ocorrer o colapso. A Figura 13 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que ocorre conforme a sequência abaixo.

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

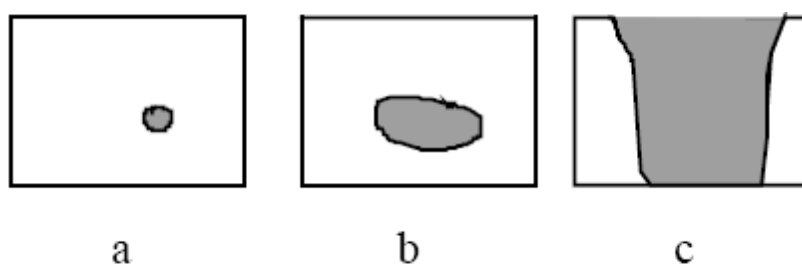


Figura 13 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

5.1.3.3 Falhas nas fundações e estruturais

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

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

A Figura 14 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, onde ocorre a formação de uma brecha que apresenta características parecidas seja a barragem de terra ou de concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).

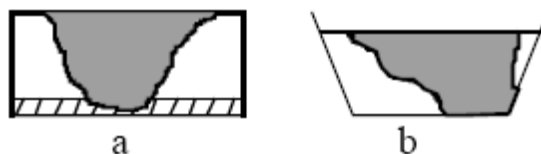


Figura 14 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

5.1.3.4 Ações de guerra

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

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

5.1.3.5 Casos Estatísticos

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

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

5.1.4 Formação da Brecha

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

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

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

enquanto uma brecha menor e com tempo de formação mais lento geram uma onda de enchente menor e com esvaziamento lento do reservatório.

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

Table 3. Ranges of Possible Values for Breach Characteristics

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

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

Figura 15 – Tamanhos e tempo para formação da brecha

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

5.1.4.1 Tamanho

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

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

normalmente a largura da brecha em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (Collischonn, 1997).

5.1.4.2 Tempo de rompimento

Para as barragens de concreto em arco que são simuladas através da ruptura total da estrutura, o tempo de rompimento é instantâneo, podendo ocorrer em alguns minutos (Martins e Viseu, 2007). Em barragens de concreto por gravidade o tempo de formação da brecha é da ordem de minutos. Em barragens de terra por gravidade, onde ocorre a ruptura em forma de brechas, o tempo de formação da mesma é usualmente maior e depende da altura da barragem, do material utilizado na construção, do grau de compactação e da magnitude e duração da vazão de galgamento. O tempo de formação da brecha é maior em casos de infiltração que em casos de galgamento. Na Figura 16 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

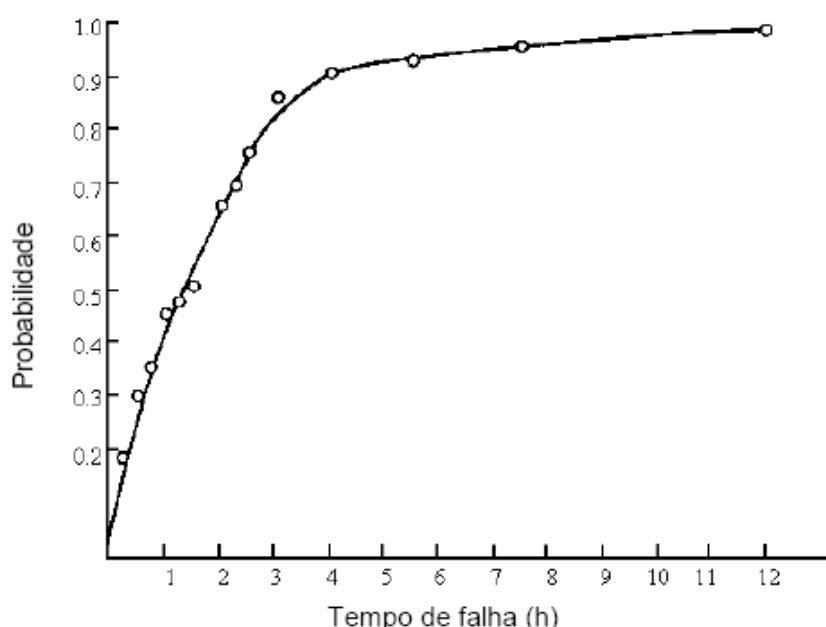


Figura 16 – Tempo de formação da brecha

Fonte: MARTINS; VISEU, 2007, p. 9

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

De acordo com a Figura 15 para Barragens de terra o tempo de formação da brecha é entre 6 minutos a 4 horas e Barragens de Concreto de 6 minutos a 30 minutos.

5.1.5 Trecho do Cálculo

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

A Resolução Normativa Nº 1064 de 2023 da ANEEL no Art. 6 estabelece:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Logo, com volume do reservatório é de 6,63 hm³ a extensão do trecho de modelagem considerada é no máximo 25 km. Para a PCH Toca do Tigre o trecho simulado foi de aproximadamente 25,61 km. Não tem usina a jusante implantada.

5.1.6 Modelagem Matemática

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

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

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

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

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

- Equação da continuidade:

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

- Equação da dinâmica

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

Onde:

Q = vazão;

A = seção transversal;

t = tempo;

x = distância medida na direção do escoamento;

qL = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S0 = declividade do leito;

Sf = declividade da linha de energia.

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

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

5.1.7 Identificação das áreas atingidas

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

5.1.8 Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

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

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

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

5.1.9 Zoneamento de Risco

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

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

- a) áreas atingidas (determina quais elementos em risco serão afetadas, população, estruturas, etc);
- b) cotas máximas dos níveis d'água ou alturas máximas;
- c) instante de chegada da onda de cheia;
- d) instante de chegada da altura máxima;
- e) grau de perigo em função da velocidade e altura ($V \times H$), em m^2/s ;
- f) velocidade máxima do escoamento.

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

Quadro 3 – Número esperado de vítimas em função do tempo de alerta

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

Fonte: Adaptado de USBR, 1999.

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

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

Onde:

Risco hidrodinâmico = m^2/s

H = profundidade (m);

V = velocidade do fluxo (m/s)

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

Quadro 4 – Consequências do Risco Hidrodinâmico

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

Fonte: Adaptado de SYNAVEN, 2000.

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

Quadro 5 – Nível de perigo para seres humanos

Nível	Classe	Inundação Estática (H)	Inundação Dinâmica ($H \times V$)
Reduzido	Verde	$< 1 \text{ m}$	$< 0,5 \text{ m}^2/s$
Médio	Amarelo	$1 \text{ m} - 3 \text{ m}$	$0,5 \text{ m}^2/s - 0,75 \text{ m}^2/s$
Importante	Laranja	$3 \text{ m} - 6 \text{ m}$	$0,75 \text{ m}^2/s - 1,0 \text{ m}^2/s$
Muito Importante	Vermelho	$> 6 \text{ m}$	$> 1,0 \text{ m}^2/s$

Fonte: Adaptado de VISEU, 1998

Quadro 6 – Nível de perigo para edificações

Nível	Classe	Inundação Dinâmica ($H \times V$)	Velocidade (V)
Reduzido	Verde	$< 3 \text{ m}^2/s$	$< 2 \text{ m/s}$
Médio	Amarelo	$3 \text{ m}^2/s - 5 \text{ m}^2/s$	$2 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}$
Importante	Laranja	$5 \text{ m}^2/s - 7 \text{ m}^2/s$	$4 \text{ m/s} - 5,5 \text{ m/s}$
Muito Importante	Vermelho	$> 7 \text{ m}^2/s$	$> 5,5 \text{ m}^2/s$

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 15 a seguir.

Tabela 7 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

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

5.2 Dados de entrada utilizados

5.2.1 Trecho da análise

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

- Fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante;
- População que se encontram com mais de três horas após rompimento não são consideradas áreas de risco;
- Volume Reservatório entre 3 - 50 hm³ - máximo 25 km a jusante;
- 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.

Para o estudo na PCH Toca do Tigre como o volume do reservatório está entre 3 – 50 hm³ a extensão do trecho de modelagem foi considerada máximo de 25 km.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 25 km ao longo do eixo do rio Turvo, a partir do barramento, passando pelos ribeirinhos e atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de baixa altura (17 m), volume do reservatório (6,63 hm³) e vale de jusante aberto e plano acaba dissipando a onda em maior tempo, logo utilizado o trecho máximo de 25 km.

5.2.2 Geografia da região e geometria do rio

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

O desenho TTG-C-SRE-001-00-22 – Seções na Restituição – Folha 01 a 04 presente no Anexo IV apresenta a localização das seções transversais obtidas pela restituição e utilizadas no modelo.

5.2.3 Levantamento topográfico e batimetrias

A restituição utilizada com DATUM Sirgas 2000 (Anexo I – Dados), foi executada pela Empresa Matrix em 2022 e apresenta curvas de 1 m em 1 m, com trecho desde Barramento da PCH Toca do Tigre até cerca de 25 km a jusante.

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

Tabela 8 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados)

Item	Nº Documento	Elaboração	Descrição/Legenda
1	Planialtimetrico Rio Turvo_Rev01	Matrix	Levantamento Planialtimétrico PCH Toca do Tigre– Rio Turvo - Restituição
2		Matrix	Levantamento Planialtimétrico PCH Toca do Tigre– Rio Turvo - Batimetrias

Também foi obtido ortofotocarta atualizada do trecho.

Os dados topográficos foram utilizados para calibração do fundo do rio no trecho estudado, variando o coeficiente de manning fundo e nas margens do rio. Estes levantamentos topográficos foram realizados em 2022 também pela empresa Matrix (Anexo I – Dados) conforme descrito abaixo:

- Seções Topobatimetricas – 7 seções topobatimétricas juntamente com níveis de água;
- Níveis de água – 8 NAs no trecho da restituição;
- Cota de proteção ponte – 2 pontes;

Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados.

5.2.4 Geometria da barragem

A barragem de concreto, com altura máxima de 22 m no bloco da adufa de desvio, tem comprimento total de 237,50 m. À barragem da margem direita tem comprimento de 62,70 m e cota de proteção na EL. 302,20 m, a margem esquerda tem comprimento de 26,79 m e cota de proteção na EL. 302,20. O vertedouro de soleira livre tem 148 m de comprimento e crista na El. 297,00 m

Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos no Anexo I – 2 Estruturas.

5.2.5 Hidrograma de Cheias

O presente capítulo tem por finalidade apresentar os estudos hidrológicos realizados para a obtenção do Hidrograma de Cheias para os diferentes tempos de recorrência calculados em relação a área da bacia hidrográfica obtida no eixo do barramento da PCH Toca do Tigre, localizada no rio Turvo. A PCH Toca do Tigre se localiza no município de Bom Progresso no estado do Rio Grande do Sul. Atualmente é a terceira hidrelétrica implantada no rio Turvo. A primeira é a PCH Carlos Gonzatto e a segunda a PCH Marco Baldo.

5.2.5.1 Vazões de Cheias PCH Toca do Tigre

Os estudos hidrológicos realizados no RPS permitiram a obtenção da vazão máxima média diária ao longo de todos os meses do período de estudo para o local da barragem da PCH Toca do Tigre. Os valores estão indicados na Tabela 9 abaixo com destaque ao mês em que ocorre o maior valor anual de vazão e indicado na última coluna (máximo).

Tabela 9 – Vazão Máxima Média Diária – PCH Toca do Tigre

Vazão Máxima Diária Mensal - PCH Toca do Tigre (m³/s)

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máximo
1964		8,95	35,96	141,14	93,64	20,73	16,86	51,93	73,80	64,49	21,18	16,45	141,14
1965	12,89	15,23	9,28	16,86	97,35	21,18	173,52	225,68	252,47	116,58	40,88	167,23	252,47
1966	38,67	73,80	59,36	44,28	16,86	65,79	80,70	171,71	195,00	210,14	49,53	94,38	210,14
1967	50,13	67,10	76,54	12,89	17,70	31,26	113,43	241,62	89,26	58,73	33,84	18,55	241,62
1968	12,89	32,80	6,40	58,10	17,70	22,08	86,37	8,61	49,53	86,37	51,93	29,24	86,37
1969	389,13	114,90	23,43	38,65	108,40	106,80	17,31	23,43	34,32	26,25	327,09	22,06	389,13
1970	24,35	12,63	14,13	8,51	235,20	156,70	97,36	45,48	52,70	83,82	17,31	91,25	235,20
1971	47,84	18,99	27,21	52,70	66,93	116,55	140,47	156,70	38,65	20,28	14,90	9,15	156,70
1972	33,27	12,63	16,49	60,31	27,21	399,42	187,10	339,18	261,27	120,70	85,28	122,38	399,42
1973	103,62	59,66	23,89	31,20	173,56	92,01	244,86	193,01	103,62	76,61	52,09	69,65	244,86
1974	57,10	27,21	17,31	22,06	323,49	104,41	22,51	101,26	75,20	25,77	22,97	162,25	323,49
1975	94,29	67,61	122,38	83,82	31,20	111,63	29,68	294,08	109,30	235,20	66,76	92,91	294,08
1976	166,93	28,79	15,33	16,55	51,78	27,81	190,05	61,00	100,26	38,10	205,04	29,28	205,04
1977	38,10	33,86	16,14	9,73	7,73	128,96	109,30	153,95	100,26	21,72	67,41	70,70	153,95
1978	12,61	9,05	9,05	4,23	4,23	12,24	65,47	20,38	58,49	15,73	117,82	19,94	117,82
1979	8,71	13,76	42,50	120,18	216,30	43,07	83,65	149,41	134,65	304,55	103,99	463,16	463,16
1980	101,00	26,36	23,54	10,78	270,18	14,93	37,56	36,49	86,47	80,17	122,55	80,87	270,18
1981	26,36	24,00	10,43	32,31	10,07	24,94	12,24	7,10	27,32	22,17	53,58	107,02	107,02
1982	13,37	19,07	14,54	5,89	13,37	89,31	113,15	130,57	78,11	248,11	156,70	59,11	248,11
1983	24,47	242,70	303,38	217,34	225,68	95,52	486,99	175,87	85,59	378,64	53,58	24,52	486,99
1984	41,68	31,32	15,89	116,60	263,68	154,53	241,77	388,40	234,63	345,22	115,04	29,40	388,40
1985	19,47	53,58	77,40	286,29	376,21	63,83	131,78	207,84	103,62	37,39	22,22	10,87	376,21
1986	34,64	23,94	77,40	198,23	151,07	202,05	137,55	60,13	68,24	127,45	219,41	47,25	219,41
1987	59,66	35,19	34,20	273,55	217,34	156,70	304,40	148,10	49,88	114,48	48,08	22,97	304,40
1988	45,72	50,49	6,62	101,36	87,36	88,88	24,32	13,65	79,22	43,40	53,57	14,75	101,36
1989	32,55	32,55	11,20	60,58	52,33	39,47	138,02	64,55	206,81	79,22	33,07	20,36	206,81
1990	107,84	22,97	16,28	218,60	575,34	528,83	120,41	49,28	171,05	149,96	94,26	45,72	575,34
1991	23,87	21,21	12,58	18,27	162,29	162,29	95,04	106,20	14,75	31,54	16,28	83,62	162,29

Vazão Máxima Diária Mensal - PCH Toca do Tigre (m³/s)

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máximo
1992	27,60	102,16	29,05	49,88	290,95	131,75	200,49	68,62	125,59	70,00	88,12	25,24	290,95
1993	57,99	45,13	31,54	34,62	87,36	57,99	136,21	38,92	82,14	162,29	52,33	77,77	162,29
1994	35,68	164,22	43,98	148,10	384,64	110,71	396,83	49,38	104,92	308,07	98,44	126,12	396,83
1995	103,28	39,88	66,38	34,34	11,69	96,05	34,88	15,88	165,99	251,38	30,13	13,53	251,38
1996	56,34	165,05	69,87	39,31	48,77	84,45	114,91	229,89	133,22	197,99	57,65	186,12	229,89
1997	51,25	120,90	20,11	16,29	30,65	123,50	100,05	459,07	90,57	263,49	302,21	165,05	459,07
1998	111,54	127,88	513,18	151,22	363,84	57,65	81,45	209,11	259,06	181,25	48,15	28,61	513,18
1999	21,90	53,77	12,78	109,04	59,62	128,77	446,90	35,42	51,87	185,14	31,69	100,85	446,90
2000	35,97	36,52	39,31	38,19	53,14	118,32	88,26	30,13	89,02	313,97	77,76	124,37	313,97
2001	82,95	80,71	33,27	38,75	76,63	49,79	46,00	17,86	138,63	278,07	43,55	23,15	278,07
2002	22,23	11,72	15,04	16,63	234,13	154,86	55,03	109,06	298,72	134,11	97,72	207,08	298,72
2003	64,74	96,87	91,83	64,02	78,95	57,74	49,79	19,99	15,43	118,14	36,53	120,90	120,90
2004	78,17	27,99	10,36	10,36	70,58	42,34	31,08	16,22	65,46	87,72	75,86	21,32	87,72
2005	11,03	13,90	7,86	112,66	143,13	455,00	56,38	23,15	34,85	99,43	48,51	27,99	455,00
2006	50,43	14,65	11,03	11,72	9,07	14,27	55,03	62,60	29,52	55,03	174,51	123,50	174,51
2007	48,51	44,16	102,89	69,10	370,11	53,70	155,78	84,48	96,02	116,30	114,47	33,76	370,11
2008	41,74	15,04	19,99	161,32	49,79	128,77	51,08	44,16	25,04	279,20	241,62	31,08	279,20
2009	23,61	9,71	9,39	6,99	84,48	56,38	136,82	138,63	164,11	86,90	421,60	136,82	421,60
2010	47,25	35,97	42,34	108,17	283,75	76,63	102,02	47,88	146,71	51,08	35,41	211,16	283,75
2011	46,63	147,60	66,18	120,90	47,88	336,75	463,16	132,32	51,08	252,47	37,66	13,90	463,16
2012	22,69	19,99	39,97	15,43	13,90	26,01	96,02	42,94	59,11	156,70	109,96	118,14	156,70
2013	48,51	33,76	82,89	102,89	42,34	51,08	40,56	169,76	60,50	269,06	51,08	117,22	269,06
2014	420,28	30,56	53,70	367,60	143,13	573,86	177,39	64,02	460,43	603,62	109,96	72,07	603,62
2015	290,05	98,92	36,90	53,58	92,68	86,22	207,08	63,04	39,74	92,68	288,90	230,95	290,05
2016	69,82	47,84	208,60	158,54	59,59	39,74	72,76	63,39	42,97	158,54	88,62	33,08	208,60
2017	50,04	112,77	57,22	340,40	388,49	544,66	51,96	115,01	30,45	134,56	59,25	38,03	544,66
2018	50,04	29,42	33,61	22,89	60,96	51,64	36,90	29,94	50,04	284,89	207,08	62,35	284,89
2019	36,07	33,61	180,28	57,90	214,76	94,33	28,92	20,87	18,50	58,91	76,13	18,71	214,76
2020	20,00	31,23	13,39	14,51	43,26	91,45	321,70	86,62	40,61	18,92	32,81	70,92	321,70
2021	76,89	51,64	12,48	7,49	25,23	75,38	38,31	16,06	83,45	271,86	30,71	17,06	271,86
2022	10,42	6,51	222,02	243,78	215,27	125,69	50,04						243,78
Média	64,39	51,36	55,87	84,54	135,13	121,65	125,86	105,69	103,25	150,08	93,70	79,34	603,62

Com os valores de vazão máxima anual disponíveis foram calculadas as vazões extremas que para a PCH Toca do Tigre foi realizado pela distribuição de Gumbel, devido a assimetria menor que 1,5. Os resultados obtidos também estão indicados na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência e Parâmetros Cálculo

Vazão Máx TR anos	Toca Tigre (m³/s)	Distribuição Gumbel	
5	364,73	Parametros	Toca
10	439,23	Média	289,29
25	533,36	Assimetria	0,55
50	603,19	Desvio Padrão	127,28
100	672,51	alfa	99,28
500	832,69	mi	215,82
1.000	901,55		
10.000	1.130,19		

No cálculo da vazão instantânea, ou vazão de pico, é necessário realizar a correção das vazões máximas diárias pelo coeficiente de Fuller, que está relacionado a área da bacia hidrográfica. Na PCH Toca do Tigre com a área de drenagem de 4.771 km² o coeficiente de Fuller resultante é de 1,205. A Tabela 11 indica a vazão máxima instantânea para tempos de recorrência (TR).

Tabela 11 – Vazão Máxima Instantânea para diferentes TR – PCH Toca do Tigre

Vazão Máx inst TR anos	Toca Tigre (m ³ /s)
5	481,20
10	579,49
25	703,67
50	795,80
100	887,25
500	1.098,58
1.000	1.189,43
10.000	1.491,08

A dren km² **1.086**

Coeficiente Fuller **1,319**

5.2.5.2 Hidrograma de cheias

Para calcular o efeito das cheias e da ruptura da barragem na topografia da área de influência da PCH Toca do Tigre foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário adimensional baseado nas 15 maiores cheias da bacia. Para a bacia do rio Turvo foi estimado o tempo de concentração da cheia em 120 horas com a dissipação em 168 horas. Assim sendo o período de estudo se inicia em 12 h e segue de 24 em 24 horas até 300 horas. Na Tabela 12 abaixo tem-se os valores das 15 maiores cheias na bacia do rio Turvo na PCH Toca do Tigre e o ano em que a cheia ocorreu, segundo o tratamento estatístico dos dados.

Tabela 12 – 15 maiores cheias no local da PCH Toca do Tigre

Ano	Q (m ³ /s)	Ano	Q (m ³ /s)
2014	603,62	2005	455,00
1990	575,34	1999	446,90
2017	544,66	2009	421,60
1998	513,18	1972	399,42
1983	486,99	1994	396,83
1979	463,16	1969	389,13
2011	463,16	1984	388,40
1997	459,07		

O processo de obtenção do hidrograma consiste em selecionar as 15 maiores cheias, selecionar os dados considerando o pico da cheia em 132 h e nos dados de vazão diária recuar até o momento 12 horas e avançar até o momento 300 horas lançando os dados de vazão de 24 em 24 horas. Na Tabela 13 abaixo estão os valores obtidos da tabela de vazão diária.

Tabela 13 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300
Q (m³/s)	32,68	34,85	79,73	402,00	460,43	603,62	257,96	129,65	109,96	96,02	90,17	110,85	87,72
	23,42	22,97	22,53	56,08	175,99	575,34	450,94	311,84	265,93	222,95	193,22	528,83	219,68
	173,56	202,01	205,04	168,81	160,85	544,66	294,08	227,78	200,50	181,25	156,24	133,66	118,62
	127,88	185,14	100,05	82,95	176,43	513,18	189,06	94,47	79,23	69,16	63,65	58,96	56,34
	44,64	54,75	54,75	66,34	174,05	486,99	377,42	236,66	177,70	160,65	183,21	167,75	149,36
	26,84	25,88	28,30	27,32	27,32	463,16	146,71	87,18	70,70	66,11	59,74	56,02	49,40
	38,81	185,14	171,65	114,47	207,08	463,16	242,70	211,16	193,01	165,99	131,43	111,75	99,43
	21,45	20,55	22,36	56,99	155,78	459,07	185,14	131,43	100,85	158,54	132,32	109,04	91,34
	49,15	171,65	281,47	138,63	115,38	455,00	229,89	165,99	138,63	118,14	105,52	92,66	84,48
	20,55	20,55	28,11	128,77	270,18	446,90	173,56	100,85	69,16	56,99	56,99	58,30	49,38
	86,09	78,17	73,58	69,10	73,58	421,60	211,16	146,71	271,30	201,00	120,90	112,66	109,06
	136,96	204,03	275,80	386,57	203,02	399,42	310,43	262,38	298,72	232,01	213,21	188,08	154,86
	64,33	56,34	52,50	50,00	46,33	396,83	159,46	114,07	104,92	112,38	135,01	191,03	131,43
	45,43	62,55	49,53	68,43	216,30	389,13	106,80	73,80	53,95	44,31	38,10	34,32	30,19
	31,98	41,68	124,50	351,10	215,65	388,40	199,18	154,53	127,72	111,95	101,38	91,21	83,51

Os valores da vazão do momento entre 12 e 300 horas são divididos pelo valor da cheia correspondente que está em 132 horas e lançados na tabela dos valores de cheia adimensional onde o valor do pico corresponde ao coeficiente de Füller. A Tabela abaixo apresenta os valores adimensionais para as 15 maiores distribuições de vazão na bacia e a média das distribuições para um mesmo período de horas.

Tabela 14 – Distribuição adimensional de vazões

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300
Q ADM	0,0541	0,0577	0,1321	0,6660	0,7628	1,3267	0,4274	0,2148	0,1822	0,1591	0,1494	0,1836	0,1453
	0,0407	0,0399	0,0392	0,0975	0,3059	1,3267	0,7838	0,5420	0,4622	0,3875	0,3358	0,9192	0,3818
	0,3187	0,3709	0,3765	0,3099	0,2953	1,3267	0,5399	0,4182	0,3681	0,3328	0,2869	0,2454	0,2178
	0,2492	0,3608	0,1950	0,1616	0,3438	1,3267	0,3684	0,1841	0,1544	0,1348	0,1240	0,1149	0,1098
	0,0917	0,1124	0,1124	0,1362	0,3574	1,3267	0,7750	0,4860	0,3649	0,3299	0,3762	0,3445	0,3067
	0,0579	0,0559	0,0611	0,0590	0,0590	1,3267	0,3168	0,1882	0,1527	0,1427	0,1290	0,1209	0,1067
	0,0838	0,3997	0,3706	0,2472	0,4471	1,3267	0,5240	0,4559	0,4167	0,3584	0,2838	0,2413	0,2147
	0,0467	0,0448	0,0487	0,1242	0,3393	1,3267	0,4033	0,2863	0,2197	0,3453	0,2882	0,2375	0,1990
	0,1080	0,3773	0,6186	0,3047	0,2536	1,3267	0,5053	0,3648	0,3047	0,2596	0,2319	0,2036	0,1857
	0,0460	0,0460	0,0629	0,2881	0,6046	1,3267	0,3884	0,2257	0,1548	0,1275	0,1275	0,1305	0,1105
	0,2042	0,1854	0,1745	0,1639	0,1745	1,3267	0,5009	0,3480	0,6435	0,4768	0,2868	0,2672	0,2587
	0,3429	0,5108	0,6905	0,9678	0,5083	1,3267	0,7772	0,6569	0,7479	0,5809	0,5338	0,4709	0,3877
	0,1621	0,1420	0,1323	0,1260	0,1168	1,3267	0,4018	0,2874	0,2644	0,2832	0,3402	0,4814	0,3312
	0,1167	0,1607	0,1273	0,1758	0,5559	1,3267	0,2745	0,1896	0,1386	0,1139	0,0979	0,0882	0,0776
	0,0823	0,1073	0,3206	0,9040	0,5552	1,3267	0,5128	0,3979	0,3288	0,2882	0,2610	0,2349	0,2150
Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300
Média	0,1337	0,1981	0,2308	0,3155	0,3786	1,3267	0,5000	0,3497	0,3269	0,2880	0,2568	0,2856	0,2165

O Gráfico 1 mostra a distribuição adimensional das vazões ao longo das 300 horas do hidrograma e o hidrograma médio obtido pelas médias de todos os adimensionais para um mesmo período do hidrograma. A distribuição da média é a mais importante para o cálculo do hidrograma de cheia pois como pode-se observar algumas vazões possuem variação diferente do esperado, isso pode ser explicado por picos de chuva em intervalos variados que fazem com que a vazão também ocorra em picos. Realizando a média das 15 maiores vazões esses picos se distribuem e resultam em um hidrograma mais uniforme.

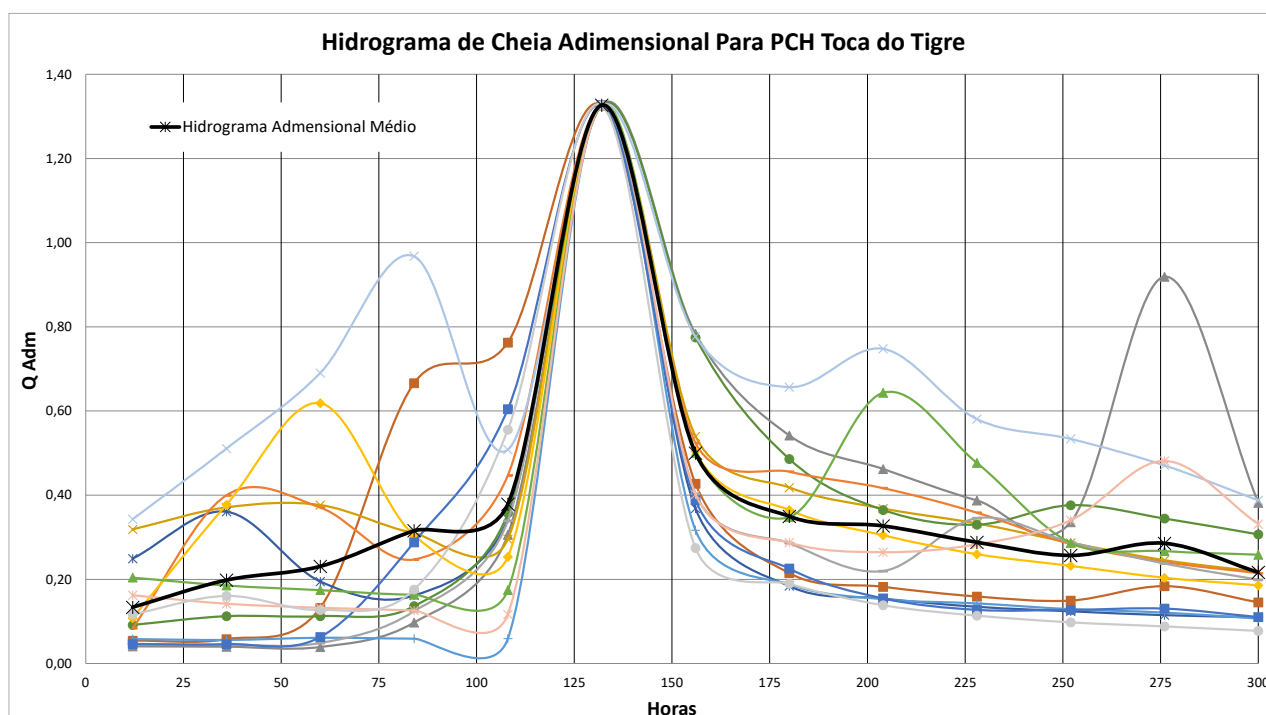


Gráfico 1 – Hidrograma de Cheias adimensionais

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

A Tabela 15 apresenta o hidrograma de cheias para o rio Preto no local da barragem da PCH Toca do Tigre para os tempos de recorrência de 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 15 – Hidrograma de Cheias PCH Toca do Tigre

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Toca do Tigre										
Dias	horas	Q Adm	5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
			364,73	439,23	533,36	603,19	672,51	832,69	901,55	1.130,19
Dia 01	12	0,134	48,75	58,71	71,30	80,63	89,90	111,31	120,51	151,08
	14	0,139	50,71	61,07	74,16	83,87	93,51	115,78	125,35	157,14
	15	0,142	51,69	62,25	75,59	85,49	95,31	118,01	127,77	160,18
	16	0,144	52,67	63,43	77,02	87,11	97,12	120,25	130,20	163,21
	17	0,147	53,65	64,61	78,46	88,73	98,92	122,49	132,62	166,25
	18	0,150	54,63	65,79	79,89	90,35	100,73	124,72	135,04	169,28
	19	0,152	55,61	66,97	81,32	91,97	102,54	126,96	137,46	172,32
	20	0,155	56,59	68,15	82,75	93,59	104,34	129,19	139,88	175,35
	21	0,158	57,57	69,33	84,18	95,21	106,15	131,43	142,30	178,39
	22	0,161	58,55	70,51	85,62	96,83	107,95	133,66	144,72	181,42
	23	0,163	59,53	71,69	87,05	98,45	109,76	135,90	147,14	184,45
	24	0,166	60,51	72,86	88,48	100,06	111,56	138,14	149,56	187,49
	1	0,169	61,49	74,04	89,91	101,68	113,37	140,37	151,98	190,52
	2	0,171	62,46	75,22	91,34	103,30	115,18	142,61	154,40	193,56
	3	0,174	63,44	76,40	92,78	104,92	116,98	144,84	156,82	196,59

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Toca do Tigre										
Dias	horas	Q Adm								
			5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
			364,73	439,23	533,36	603,19	672,51	832,69	901,55	1.130,19
	5	0,177	64,42	77,58	94,21	106,54	118,79	147,08	159,24	199,63
	6	0,179	65,40	78,76	95,64	108,16	120,59	149,31	161,66	202,66
	7	0,182	66,38	79,94	97,07	109,78	122,40	151,55	164,08	205,70
	8	0,185	67,36	81,12	98,50	111,40	124,20	153,79	166,50	208,73
	9	0,187	68,34	82,30	99,94	113,02	126,01	156,02	168,92	211,76
	10	0,190	69,32	83,48	101,37	114,64	127,81	158,26	171,35	214,80
	11	0,193	70,30	84,66	102,80	116,26	129,62	160,49	173,77	217,83
Dia 02	12	0,198	72,26	87,02	105,66	119,50	133,23	164,96	178,61	223,90
	13	0,199	72,75	87,61	106,39	120,32	134,15	166,10	179,84	225,44
	14	0,201	73,25	88,21	107,12	121,14	135,06	167,23	181,06	226,98
	15	0,202	73,75	88,81	107,84	121,96	135,98	168,37	182,29	228,52
	16	0,204	74,25	89,41	108,57	122,79	136,90	169,50	183,52	230,06
	17	0,205	74,74	90,01	109,30	123,61	137,81	170,64	184,75	231,60
	18	0,206	75,24	90,61	110,03	124,43	138,73	171,77	185,98	233,14
	19	0,208	75,74	91,21	110,75	125,25	139,65	172,91	187,21	234,68
	20	0,209	76,23	91,80	111,48	126,07	140,56	174,04	188,43	236,22
	21	0,210	76,73	92,40	112,21	126,90	141,48	175,18	189,66	237,76
	22	0,212	77,23	93,00	112,93	127,72	142,39	176,31	190,89	239,30
	23	0,213	77,72	93,60	113,66	128,54	143,31	177,45	192,12	240,84
	24	0,214	78,22	94,20	114,39	129,36	144,23	178,58	193,35	242,38
	1	0,216	78,72	94,80	115,11	130,18	145,14	179,71	194,58	243,92
	2	0,217	79,21	95,40	115,84	131,01	146,06	180,85	195,81	245,46
	3	0,219	79,71	95,99	116,57	131,83	146,98	181,98	197,03	247,00
	4	0,220	80,21	96,59	117,29	132,65	147,89	183,12	198,26	248,54
	5	0,221	80,71	97,19	118,02	133,47	148,81	184,25	199,49	250,08
	6	0,223	81,20	97,79	118,75	134,29	149,73	185,39	200,72	251,62
	7	0,224	81,70	98,39	119,47	135,12	150,64	186,52	201,95	253,16
	8	0,225	82,20	98,99	120,20	135,94	151,56	187,66	203,18	254,70
	9	0,227	82,69	99,58	120,93	136,76	152,48	188,79	204,40	256,24
	10	0,228	83,19	100,18	121,65	137,58	153,39	189,93	205,63	257,78
	11	0,229	83,69	100,78	122,38	138,40	154,31	191,06	206,86	259,32
Dia 03	12	0,231	84,18	101,38	123,11	139,23	155,22	192,20	208,09	260,86
	13	0,234	85,47	102,93	124,99	141,35	157,60	195,13	211,27	264,85
	14	0,238	86,76	104,48	126,87	143,48	159,97	198,07	214,45	268,84
	15	0,241	88,04	106,03	128,75	145,61	162,34	201,01	217,63	272,82
	16	0,245	89,33	107,58	130,63	147,74	164,71	203,94	220,81	276,81
	17	0,248	90,62	109,13	132,51	149,86	167,08	206,88	223,99	280,79
	18	0,252	91,90	110,68	134,39	151,99	169,46	209,82	227,17	284,78
	19	0,256	93,19	112,22	136,28	154,12	171,83	212,75	230,35	288,77
	20	0,259	94,48	113,77	138,16	156,24	174,20	215,69	233,53	292,75
	21	0,263	95,76	115,32	140,04	158,37	176,57	218,63	236,71	296,74
	22	0,266	97,05	116,87	141,92	160,50	178,94	221,56	239,89	300,72
	23	0,270	98,34	118,42	143,80	162,63	181,32	224,50	243,07	304,71
	24	0,273	99,62	119,97	145,68	164,75	183,69	227,44	246,25	308,70
	1	0,277	100,91	121,52	147,56	166,88	186,06	230,38	249,43	312,68
	2	0,280	102,19	123,07	149,44	169,01	188,43	233,31	252,61	316,67
	3	0,284	103,48	124,62	151,32	171,14	190,80	236,25	255,79	320,66
	4	0,287	104,77	126,17	153,21	173,26	193,18	239,19	258,97	324,64
	5	0,291	106,05	127,72	155,09	175,39	195,55	242,12	262,15	328,63
	6	0,294	107,34	129,27	156,97	177,52	197,92	245,06	265,33	332,61
	7	0,298	108,63	130,81	158,85	179,65	200,29	248,00	268,51	336,60
	8	0,301	109,91	132,36	160,73	181,77	202,66	250,93	271,69	340,59
	9	0,305	111,20	133,91	162,61	183,90	205,04	253,87	274,87	344,57

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Toca do Tigre										
Dias	horas	Q Adm								
			5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
			364,73	439,23	533,36	603,19	672,51	832,69	901,55	1.130,19
	10	0,308	112,49	135,46	164,49	186,03	207,41	256,81	278,05	348,56
	11	0,312	113,77	137,01	166,37	188,16	209,78	259,74	281,23	352,55
Dia 04	12	0,315	115,06	138,56	168,26	190,28	212,15	262,68	284,41	356,53
	13	0,318	116,02	139,72	169,66	191,87	213,92	264,87	286,78	359,51
	14	0,321	116,98	140,87	171,06	193,46	215,69	267,06	289,15	362,48
	15	0,323	117,94	142,03	172,47	195,05	217,46	269,26	291,52	365,46
	16	0,326	118,90	143,19	173,87	196,64	219,23	271,45	293,90	368,43
	17	0,329	119,86	144,34	175,27	198,22	221,00	273,64	296,27	371,41
	18	0,331	120,82	145,50	176,68	199,81	222,77	275,83	298,64	374,38
	19	0,334	121,78	146,65	178,08	201,40	224,54	278,02	301,02	377,35
	20	0,337	122,74	147,81	179,49	202,99	226,31	280,21	303,39	380,33
	21	0,339	123,70	148,97	180,89	204,57	228,08	282,41	305,76	383,30
	22	0,342	124,66	150,12	182,29	206,16	229,85	284,60	308,13	386,28
	23	0,344	125,62	151,28	183,70	207,75	231,62	286,79	310,51	389,25
	24	0,347	126,58	152,43	185,10	209,34	233,39	288,98	312,88	392,23
	1	0,350	127,54	153,59	186,51	210,92	235,16	291,17	315,25	395,20
	2	0,352	128,50	154,75	187,91	212,51	236,93	293,37	317,63	398,18
	3	0,355	129,46	155,90	189,31	214,10	238,70	295,56	320,00	401,15
	4	0,358	130,42	157,06	190,72	215,69	240,47	297,75	322,37	404,13
	5	0,360	131,38	158,21	192,12	217,27	242,24	299,94	324,75	407,10
	6	0,363	132,34	159,37	193,52	218,86	244,01	302,13	327,12	410,08
	7	0,365	133,30	160,53	194,93	220,45	245,78	304,32	329,49	413,05
	8	0,368	134,26	161,68	196,33	222,04	247,55	306,52	331,86	416,03
	9	0,371	135,22	162,84	197,74	223,63	249,32	308,71	334,24	419,00
	10	0,373	136,18	163,99	199,14	225,21	251,09	310,90	336,61	421,98
	11	0,376	137,14	165,15	200,54	226,80	252,86	313,09	338,98	424,95
Dia 05	12	0,379	138,10	166,31	201,95	228,39	254,63	315,28	341,36	427,93
	13	0,418	152,51	183,66	223,02	252,22	281,20	348,18	376,97	472,57
	14	0,458	166,91	201,01	244,09	276,04	307,76	381,07	412,58	517,22
	15	0,497	181,32	218,36	265,15	299,87	334,33	413,96	448,20	561,86
	16	0,537	195,73	235,71	286,22	323,70	360,90	446,85	483,81	606,51
	17	0,576	210,14	253,06	307,29	347,53	387,46	479,75	519,42	651,15
	18	0,616	224,55	270,41	328,36	371,35	414,03	512,64	555,04	695,80
	19	0,655	238,95	287,76	349,43	395,18	440,59	545,53	590,65	740,44
	20	0,695	253,36	305,11	370,50	419,01	467,16	578,43	626,26	785,09
	21	0,734	267,77	322,46	391,57	442,84	493,72	611,32	661,88	829,73
	22	0,774	282,18	339,81	412,64	466,66	520,29	644,21	697,49	874,38
	23	0,813	296,58	357,16	433,71	490,49	546,86	677,11	733,10	919,02
	24	0,853	310,99	374,51	454,78	514,32	573,42	710,00	768,72	963,67
	1	0,892	325,40	391,87	475,85	538,15	599,99	742,89	804,33	1008,31
	2	0,932	339,81	409,22	496,91	561,97	626,55	775,79	839,94	1052,96
	3	0,971	354,21	426,57	517,98	585,80	653,12	808,68	875,56	1097,60
	4	1,011	368,62	443,92	539,05	609,63	679,68	841,57	911,17	1142,25
	5	1,050	383,03	461,27	560,12	633,46	706,25	874,47	946,78	1186,89
	6	1,090	397,44	478,62	581,19	657,28	732,82	907,36	982,40	1231,54
	7	1,129	411,85	495,97	602,26	681,11	759,38	940,25	1018,01	1276,18
	8	1,169	426,25	513,32	623,33	704,94	785,95	973,15	1053,62	1320,83
	9	1,208	440,66	530,67	644,40	728,77	812,51	1006,04	1089,24	1365,47
	10	1,248	455,07	548,02	665,47	752,59	839,08	1038,93	1124,85	1410,12
	11	1,287	469,48	565,37	686,54	776,42	865,64	1071,82	1160,46	1454,76
Dia 06	12	1,327	483,88	582,72	707,61	800,25	892,21	1104,72	1196,08	1499,41
	13	1,292	471,32	567,59	689,23	779,47	869,04	1076,03	1165,02	1460,48
	14	1,258	458,76	552,46	670,86	758,69	845,88	1047,35	1133,97	1421,54

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Toca do Tigre										
Dias	horas	Q Adm								
			5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
			364,73	439,23	533,36	603,19	672,51	832,69	901,55	1.130,19
	15	1,223	446,19	537,33	652,49	737,91	822,71	1018,67	1102,91	1382,61
	16	1,189	433,63	522,20	634,11	717,14	799,55	989,98	1071,85	1343,68
	17	1,154	421,06	507,07	615,74	696,36	776,38	961,30	1040,80	1304,75
	18	1,120	408,50	491,94	597,37	675,58	753,21	932,62	1009,74	1265,82
	19	1,086	395,94	476,81	579,00	654,80	730,05	903,93	978,69	1226,89
	20	1,051	383,37	461,68	560,62	634,02	706,88	875,25	947,63	1187,95
	21	1,017	370,81	446,55	542,25	613,25	683,72	846,56	916,57	1149,02
	22	0,982	358,25	431,42	523,88	592,47	660,55	817,88	885,52	1110,09
	23	0,948	345,68	416,29	505,50	571,69	637,38	789,20	854,46	1071,16
	24	0,913	333,12	401,16	487,13	550,91	614,22	760,51	823,41	1032,23
	1	0,879	320,55	386,03	468,76	530,13	591,05	731,83	792,35	993,30
	2	0,844	307,99	370,90	450,39	509,35	567,89	703,15	761,30	954,36
	3	0,810	295,43	355,77	432,01	488,58	544,72	674,46	730,24	915,43
	4	0,776	282,86	340,64	413,64	467,80	521,55	645,78	699,18	876,50
	5	0,741	270,30	325,51	395,27	447,02	498,39	617,09	668,13	837,57
	6	0,707	257,73	310,38	376,89	426,24	475,22	588,41	637,07	798,64
	7	0,672	245,17	295,25	358,52	405,46	452,06	559,73	606,02	759,70
	8	0,638	232,61	280,12	340,15	384,68	428,89	531,04	574,96	720,77
	9	0,603	220,04	264,99	321,78	363,91	405,72	502,36	543,90	681,84
	10	0,569	207,48	249,86	303,40	343,13	382,56	473,68	512,85	642,91
	11	0,534	194,91	234,73	285,03	322,35	359,39	444,99	481,79	603,98
Dia 07	12	0,500	182,35	219,60	266,66	301,57	336,23	416,31	450,74	565,05
	13	0,494	180,07	216,85	263,32	297,79	332,02	411,10	445,09	557,97
	14	0,487	177,78	214,10	259,98	294,02	327,81	405,88	439,45	550,90
	15	0,481	175,50	211,35	256,64	290,24	323,60	400,67	433,81	543,82
	16	0,475	173,22	208,60	253,30	286,47	319,39	395,46	428,16	536,75
	17	0,469	170,93	205,85	249,96	282,69	315,18	390,25	422,52	529,67
	18	0,462	168,65	203,10	246,63	278,92	310,97	385,03	416,88	522,60
	19	0,456	166,37	200,35	243,29	275,14	306,76	379,82	411,23	515,52
	20	0,450	164,08	197,60	239,95	271,36	302,55	374,61	405,59	508,45
	21	0,444	161,80	194,85	236,61	267,59	298,34	369,40	399,94	501,37
	22	0,437	159,52	192,10	233,27	263,81	294,13	364,18	394,30	494,30
	23	0,431	157,24	189,35	229,93	260,04	289,92	358,97	388,66	487,22
	24	0,425	154,95	186,60	226,59	256,26	285,71	353,76	383,01	480,15
	1	0,419	152,67	183,85	223,25	252,48	281,50	348,55	377,37	473,07
	2	0,412	150,39	181,10	219,92	248,71	277,29	343,33	371,73	466,00
	3	0,406	148,10	178,35	216,58	244,93	273,08	338,12	366,08	458,92
	4	0,400	145,82	175,60	213,24	241,16	268,87	332,91	360,44	451,85
	5	0,394	143,54	172,86	209,90	237,38	264,66	327,70	354,80	444,77
	6	0,387	141,25	170,11	206,56	233,60	260,45	322,48	349,15	437,70
	7	0,381	138,97	167,36	203,22	229,83	256,24	317,27	343,51	430,63
	8	0,375	136,69	164,61	199,88	226,05	252,03	312,06	337,87	423,55
	9	0,369	134,40	161,86	196,54	222,28	247,82	306,85	332,22	416,48
	10	0,362	132,12	159,11	193,21	218,50	243,61	301,63	326,58	409,40
	11	0,356	129,84	156,36	189,87	214,73	239,40	296,42	320,94	402,33
Dia 08	12	0,350	127,55	153,61	186,53	210,95	235,19	291,21	315,29	395,25
	13	0,349	127,21	153,19	186,02	210,38	234,55	290,42	314,43	394,18
	14	0,348	126,86	152,77	185,51	209,80	233,91	289,63	313,58	393,10
	15	0,347	126,51	152,36	185,01	209,23	233,27	288,83	312,72	392,03
	16	0,346	126,17	151,94	184,50	208,66	232,63	288,04	311,86	390,95
	17	0,345	125,82	151,52	183,99	208,08	231,99	287,25	311,01	389,88
	18	0,344	125,47	151,10	183,49	207,51	231,35	286,46	310,15	388,80
	19	0,343	125,13	150,69	182,98	206,94	230,72	285,67	309,29	387,73

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Toca do Tigre

Dias	horas	Q Adm								
			5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
			364,73	439,23	533,36	603,19	672,51	832,69	901,55	1.130,19
	20	0,342	124,78	150,27	182,47	206,36	230,08	284,88	308,43	386,65
	21	0,341	124,43	149,85	181,96	205,79	229,44	284,08	307,58	385,58
	22	0,340	124,09	149,43	181,46	205,21	228,80	283,29	306,72	384,51
	23	0,339	123,74	149,01	180,95	204,64	228,16	282,50	305,86	383,43
	24	0,338	123,39	148,60	180,44	204,07	227,52	281,71	305,01	382,36
	1	0,337	123,05	148,18	179,94	203,49	226,88	280,92	304,15	381,28
	2	0,336	122,70	147,76	179,43	202,92	226,24	280,13	303,29	380,21
	3	0,335	122,35	147,34	178,92	202,35	225,60	279,33	302,43	379,13
	4	0,335	122,01	146,93	178,41	201,77	224,96	278,54	301,58	378,06
	5	0,334	121,66	146,51	177,91	201,20	224,32	277,75	300,72	376,98
	6	0,333	121,31	146,09	177,40	200,63	223,68	276,96	299,86	375,91
	7	0,332	120,97	145,67	176,89	200,05	223,04	276,17	299,01	374,83
	8	0,331	120,62	145,26	176,39	199,48	222,40	275,38	298,15	373,76
	9	0,330	120,27	144,84	175,88	198,91	221,76	274,58	297,29	372,69
	10	0,329	119,93	144,42	175,37	198,33	221,12	273,79	296,43	371,61
Dia 09	11	0,328	119,58	144,00	174,86	197,76	220,48	273,00	295,58	370,54
	12	0,327	119,23	143,59	174,36	197,19	219,85	272,21	294,72	369,46
	13	0,325	118,64	142,87	173,49	196,21	218,76	270,86	293,26	367,63
	14	0,324	118,05	142,16	172,63	195,23	217,67	269,51	291,80	365,80
	15	0,322	117,46	141,45	171,77	194,26	216,58	268,16	290,34	363,97
	16	0,320	116,87	140,74	170,90	193,28	215,49	266,82	288,88	362,14
	17	0,319	116,28	140,03	170,04	192,30	214,40	265,47	287,42	360,31
	18	0,317	115,69	139,32	169,18	191,33	213,31	264,12	285,96	358,48
	19	0,316	115,10	138,61	168,31	190,35	212,22	262,77	284,50	356,65
	20	0,314	114,51	137,90	167,45	189,37	211,13	261,42	283,04	354,82
	21	0,312	113,92	137,19	166,58	188,40	210,04	260,07	281,58	352,99
	22	0,311	113,33	136,47	165,72	187,42	208,96	258,73	280,12	351,16
	23	0,309	112,74	135,76	164,86	186,44	207,87	257,38	278,66	349,33
	24	0,307	112,14	135,05	163,99	185,47	206,78	256,03	277,20	347,50
	1	0,306	111,55	134,34	163,13	184,49	205,69	254,68	275,74	345,67
	2	0,304	110,96	133,63	162,27	183,51	204,60	253,33	274,28	343,84
	3	0,303	110,37	132,92	161,40	182,54	203,51	251,98	272,82	342,01
	4	0,301	109,78	132,21	160,54	181,56	202,42	250,64	271,36	340,18
	5	0,299	109,19	131,50	159,68	180,58	201,33	249,29	269,90	338,35
	6	0,298	108,60	130,78	158,81	179,60	200,24	247,94	268,44	336,52
	7	0,296	108,01	130,07	157,95	178,63	199,16	246,59	266,98	334,69
	8	0,295	107,42	129,36	157,08	177,65	198,07	245,24	265,52	332,86
	9	0,293	106,83	128,65	156,22	176,67	196,98	243,89	264,06	331,03
	10	0,291	106,24	127,94	155,36	175,70	195,89	242,55	262,60	329,20
	11	0,290	105,65	127,23	154,49	174,72	194,80	241,20	261,14	327,37
Dia 10	12	0,288	105,06	126,52	153,63	173,74	193,71	239,85	259,68	325,54
	13	0,287	104,58	125,95	152,94	172,96	192,84	238,77	258,51	324,07
	14	0,285	104,11	125,37	152,24	172,18	191,96	237,68	257,34	322,60
	15	0,284	103,63	124,80	151,55	171,39	191,09	236,60	256,17	321,13
	16	0,283	103,16	124,23	150,86	170,61	190,21	235,52	254,99	319,66
	17	0,282	102,69	123,66	150,16	169,82	189,34	234,43	253,82	318,19
	18	0,280	102,21	123,09	149,47	169,04	188,46	233,35	252,65	316,72
	19	0,279	101,74	122,52	148,78	168,25	187,59	232,27	251,48	315,25
	20	0,278	101,26	121,95	148,08	167,47	186,71	231,19	250,30	313,78
	21	0,276	100,79	121,38	147,39	166,69	185,84	230,10	249,13	312,31
	22	0,275	100,31	120,80	146,69	165,90	184,97	229,02	247,96	310,84
	23	0,274	99,84	120,23	146,00	165,12	184,09	227,94	246,79	309,37
	24	0,272	99,37	119,66	145,31	164,33	183,22	226,85	245,62	307,90

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Toca do Tigre										
Dias	horas	Q Adm								
			5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
			364,73	439,23	533,36	603,19	672,51	832,69	901,55	1.130,19
	1	0,271	98,89	119,09	144,61	163,55	182,34	225,77	244,44	306,43
	2	0,270	98,42	118,52	143,92	162,76	181,47	224,69	243,27	304,97
	3	0,269	97,94	117,95	143,23	161,98	180,59	223,61	242,10	303,50
	4	0,267	97,47	117,38	142,53	161,19	179,72	222,52	240,93	302,03
	5	0,266	96,99	116,81	141,84	160,41	178,84	221,44	239,75	300,56
	6	0,265	96,52	116,24	141,15	159,63	177,97	220,36	238,58	299,09
	7	0,263	96,05	115,66	140,45	158,84	177,09	219,27	237,41	297,62
	8	0,262	95,57	115,09	139,76	158,06	176,22	218,19	236,24	296,15
	9	0,261	95,10	114,52	139,06	157,27	175,35	217,11	235,06	294,68
	10	0,259	94,62	113,95	138,37	156,49	174,47	216,03	233,89	293,21
	11	0,258	94,15	113,38	137,68	155,70	173,60	214,94	232,72	291,74
Dia 11	12	0,257	93,67	112,81	136,98	154,92	172,72	213,86	231,55	290,27
	13	0,258	94,11	113,33	137,62	155,64	173,53	214,86	232,63	291,62
	14	0,259	94,55	113,86	138,26	156,37	174,33	215,86	233,71	292,98
	15	0,260	94,99	114,39	138,90	157,09	175,14	216,85	234,79	294,33
	16	0,262	95,42	114,91	139,54	157,81	175,95	217,85	235,87	295,69
	17	0,263	95,86	115,44	140,18	158,53	176,75	218,85	236,95	297,04
	18	0,264	96,30	115,97	140,82	159,26	177,56	219,85	238,03	298,40
	19	0,265	96,73	116,49	141,46	159,98	178,36	220,85	239,11	299,75
	20	0,266	97,17	117,02	142,10	160,70	179,17	221,85	240,19	301,11
	21	0,268	97,61	117,55	142,74	161,43	179,98	222,84	241,27	302,46
	22	0,269	98,05	118,07	143,38	162,15	180,78	223,84	242,35	303,82
	23	0,270	98,48	118,60	144,02	162,87	181,59	224,84	243,43	305,17
	24	0,271	98,92	119,13	144,66	163,60	182,39	225,84	244,51	306,52
	1	0,272	99,36	119,65	145,30	164,32	183,20	226,84	245,60	307,88
	2	0,274	99,80	120,18	145,93	165,04	184,01	227,83	246,68	309,23
	3	0,275	100,23	120,71	146,57	165,76	184,81	228,83	247,76	310,59
	4	0,276	100,67	121,23	147,21	166,49	185,62	229,83	248,84	311,94
	5	0,277	101,11	121,76	147,85	167,21	186,43	230,83	249,92	313,30
	6	0,278	101,54	122,29	148,49	167,93	187,23	231,83	251,00	314,65
	7	0,280	101,98	122,81	149,13	168,66	188,04	232,82	252,08	316,01
	8	0,281	102,42	123,34	149,77	169,38	188,84	233,82	253,16	317,36
	9	0,282	102,86	123,86	150,41	170,10	189,65	234,82	254,24	318,72
	10	0,283	103,29	124,39	151,05	170,83	190,46	235,82	255,32	320,07
	11	0,284	103,73	124,92	151,69	171,55	191,26	236,82	256,40	321,43
Dia 12	12	0,286	104,17	125,44	152,33	172,27	192,07	237,81	257,48	322,78
	13	0,283	103,12	124,18	150,79	170,54	190,13	235,42	254,89	319,53
	14	0,280	102,07	122,92	149,26	168,80	188,20	233,02	252,29	316,28
	15	0,277	101,02	121,65	147,72	167,06	186,26	230,63	249,70	313,02
	16	0,274	99,97	120,39	146,19	165,33	184,33	228,23	247,11	309,77
	17	0,271	98,92	119,12	144,65	163,59	182,39	225,83	244,51	306,52
	18	0,268	97,87	117,86	143,12	161,86	180,46	223,44	241,92	303,27
	19	0,265	96,82	116,60	141,58	160,12	178,52	221,04	239,32	300,02
	20	0,263	95,77	115,33	140,05	158,39	176,59	218,65	236,73	296,76
	21	0,260	94,72	114,07	138,52	156,65	174,65	216,25	234,13	293,51
	22	0,257	93,67	112,81	136,98	154,92	172,72	213,86	231,54	290,26
	23	0,254	92,62	111,54	135,45	153,18	170,78	211,46	228,95	287,01
	24	0,251	91,57	110,28	133,91	151,44	168,85	209,06	226,35	283,76
	1	0,248	90,52	109,01	132,38	149,71	166,91	206,67	223,76	280,50
	2	0,245	89,47	107,75	130,84	147,97	164,98	204,27	221,16	277,25
	3	0,242	88,42	106,49	129,31	146,24	163,04	201,88	218,57	274,00
	4	0,240	87,38	105,22	127,77	144,50	161,11	199,48	215,98	270,75
	5	0,237	86,33	103,96	126,24	142,77	159,17	197,08	213,38	267,50

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Toca do Tigre										
Dias	horas	Q Adm	5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
			364,73	439,23	533,36	603,19	672,51	832,69	901,55	1.130,19
	6	0,234	85,28	102,69	124,70	141,03	157,24	194,69	210,79	264,24
	7	0,231	84,23	101,43	123,17	139,29	155,30	192,29	208,19	260,99
	8	0,228	83,18	100,17	121,63	137,56	153,37	189,90	205,60	257,74
	9	0,225	82,13	98,90	120,10	135,82	151,43	187,50	203,01	254,49
	10	0,222	81,08	97,64	118,56	134,09	149,50	185,10	200,41	251,24
	11	0,219	80,03	96,38	117,03	132,35	147,56	182,71	197,82	247,98
Dia 13	12	0,217	78,98	95,11	115,49	130,62	145,63	180,31	195,22	244,73

No Gráfico 2 apresenta-se os hidrogramas de cheia para os diferentes tempos de recorrência ao longo do período determinado.

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

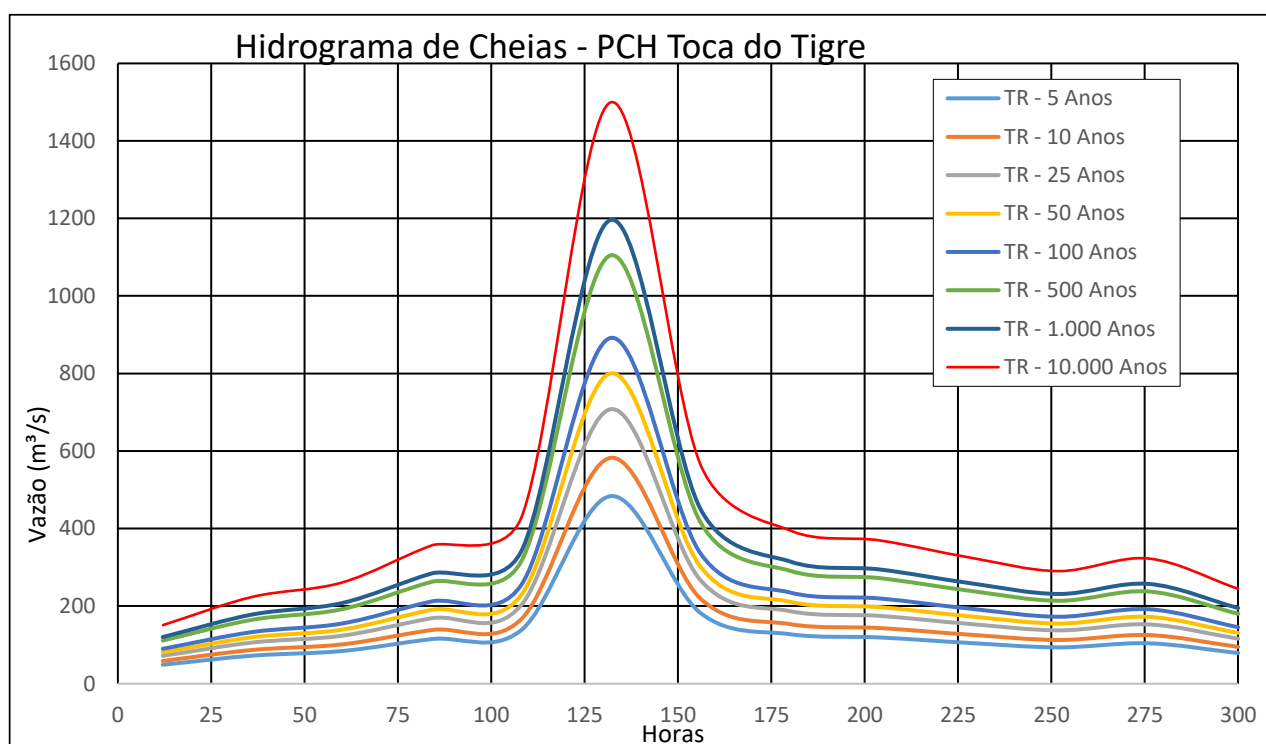


Gráfico 2 – Hidrograma de Cheias PCH Toca do Tigre para diversos Tempos de Recorrência

5.2.5.3 Capacidade de descarga do vertedouro

O vertedouro da PCH Toca do tigre possui capacidade de descarga de 1.737,00 m³/s correspondente a cheia instantânea com tempo de recorrência acima de 1.000 anos de acordo com Projeto Básico Consolidado com o nível do reservatório na elevação 300,00 m. Nos estudos do RPS a vazão milenar obtida foi menor devido ao amortecimento de cheias proporcionado pelos reservatórios de montante, resultando assim em 1.189,43 m³/s. Abaixo o Gráfico 3 apresenta a

curva de descarga do vertedouro da PCH Toca do Tigre. Na Tabela 2 apresenta todos níveis e vazão da curva de descarga.

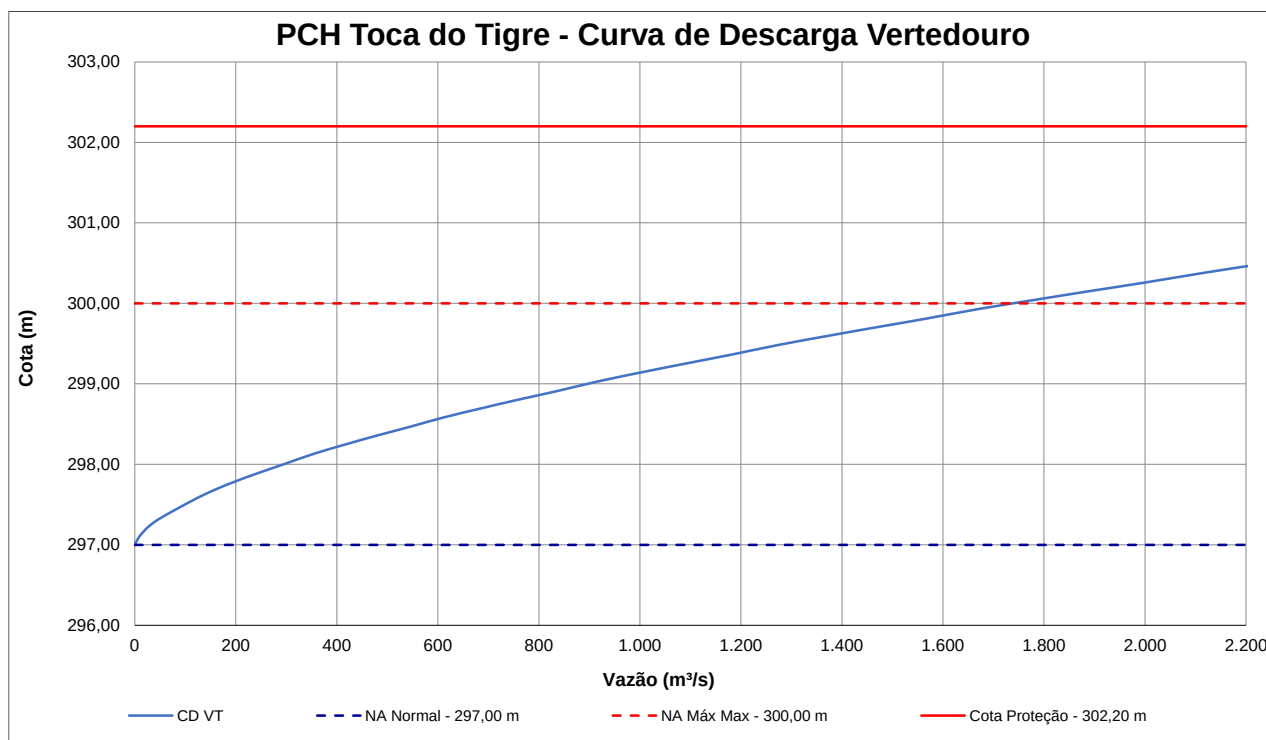


Gráfico 3 – Curva de Descarga Vertedouro PCH Toca do Tigre

5.2.6 Calibração do modelo matemático

Com os dados da restituição - curvas de níveis, seções topobatimétricas e níveis de água (dados do item 5.2.2), foi calibrado o fluxo de água na calha do rio Turvo no trecho estudado com a utilização do programa Hec-Ras. A Figura 17 apresenta as 178 seções lançadas no programa também indicadas no desenho, TTG-C-SRE-001-00-22 – Seções na Restituição – Folhas 01 a 4, no Anexo IV. A Figura 18 apresenta o perfil do rio com os níveis de água obtidos para a calibração do modelo.

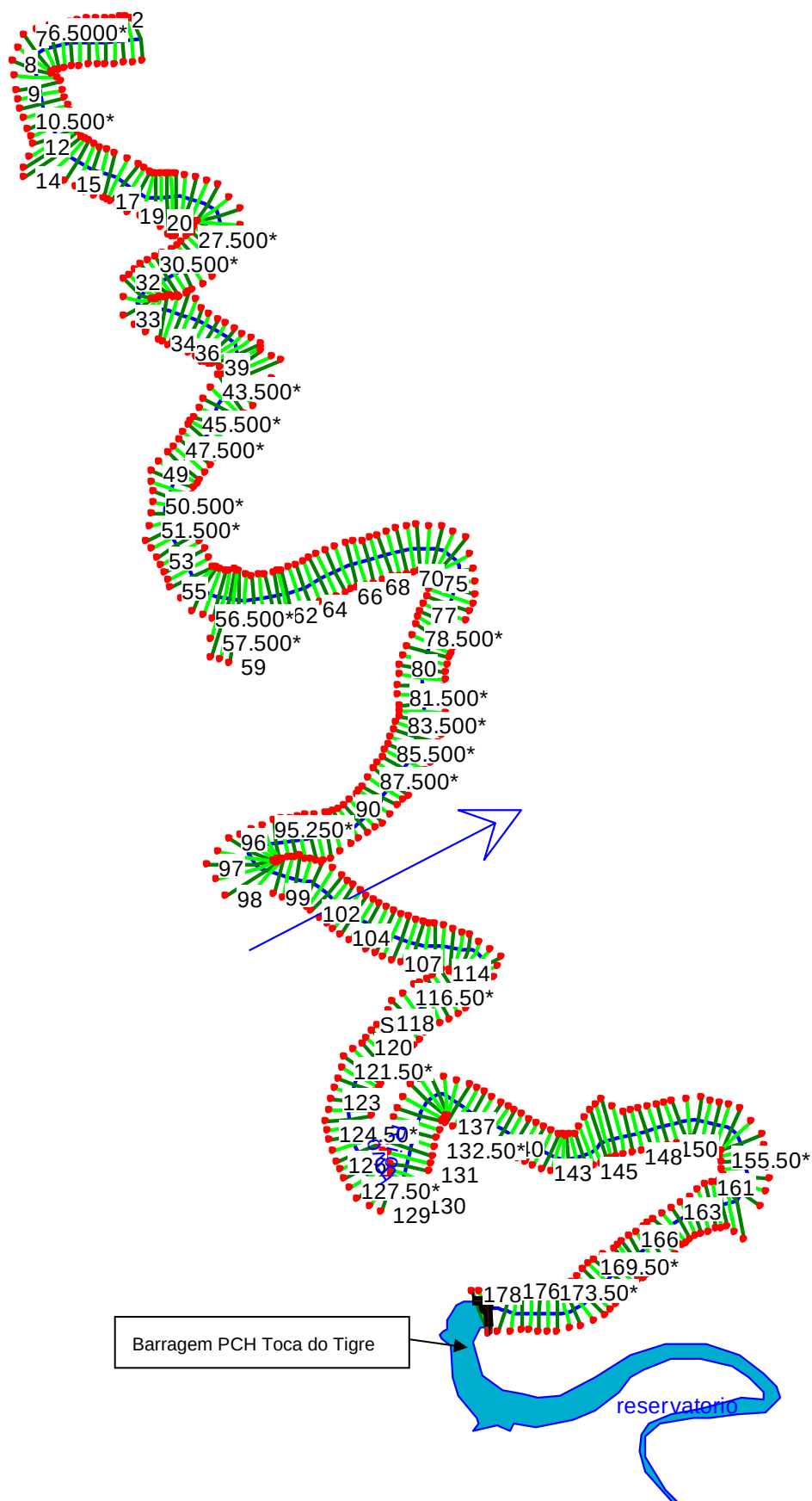


Figura 17 – Seções lançadas no Hec-Ras

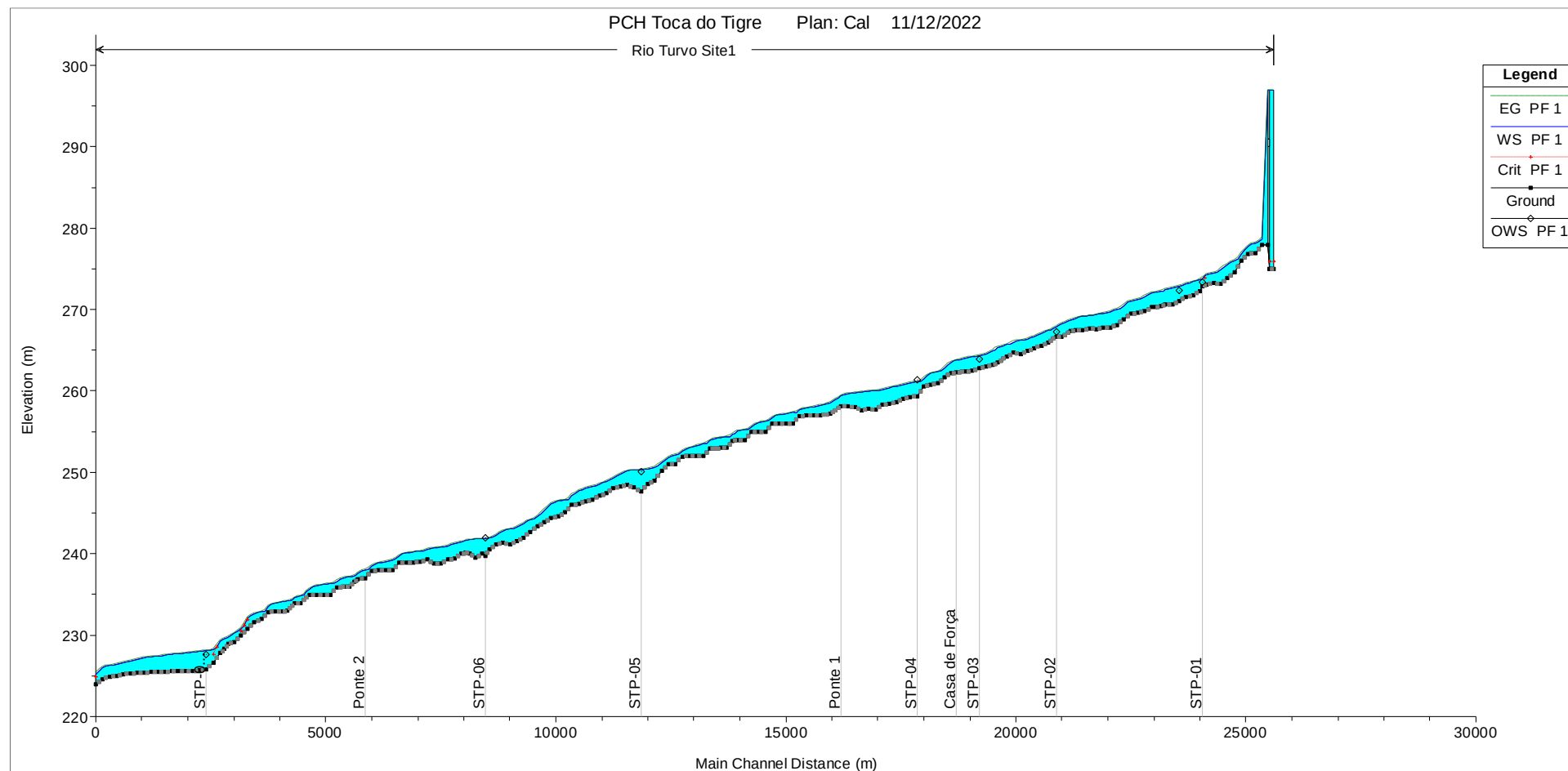


Figura 18 – Perfil do Rio Turvo com Barramento – Calibração

5.3 Cenários de Simulação

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

5.3.1 Cenários de não rompimento – Simulação 1

Serão verificadas a partir de simulações no HEC-RAS 5.0.5, as manchas de inundação de jusante formadas a partir da passagem de ondas de cheia com QTurb, TR 100 e TR 1.000 anos. Essa última consideração é importante de ser tomada para fins de comparação entre a mancha de inundação do cenário de rompimento com a mancha de inundação pela cheia máxima TR 1.000 anos.

5.3.2 Cenário de rompimento – Simulação 2

Para a realização das simulações, assumiu-se que o colapso da barragem de Toca do Tigre ocorre a partir da entrada, no reservatório, de vazão de cheia com descarga superior à vazão de QTURB, TR 100 e TR 1.000 anos. Essa premissa foi adotada visando gerar um cenário bastante desfavorável quanto ao rompimento da Barragem.

Desse modo, as condições gerais adotadas para o cenário de rompimento da PCH Toca do Tigre são:

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

Mais especificações a respeito das condições de contorno e premissas adotadas neste cenário de rompimento serão apresentadas nos itens 5.4 e 5.3.

5.3.3 Cenário de galgamento da barragem

Este cenário de galgamento da Barragem não foi simulado, pois o vertedouro é do tipo soleira livre e tem capacidade de descarga acima da TR 10.000 anos, além do rio Turvo ter mais duas usinas a montante, PCHs Carlos Gonzatto e Marco Baldo com capacidade de amortecimento das enchentes.

5.3.4 Cenário efeito cascata – Não simulado

De acordo com RN 1064/2024 da ANEEL, Art. 6º, § 2º é solicitado o estudo de Rompimento da Barragem para confirmação do Dano Potencial Associado, conforme transcrito abaixo:

“Art. 6º O Plano de Segurança da Barragem deve ser elaborado e assinado pelo responsável técnico, com manifestação de ciência do representante do empreendedor, e conter minimamente as informações dispostas no art. 8º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

§ 1º A extensão e detalhamento do Plano de Segurança e estudos a ele associados deverão ser proporcionais à complexidade da barragem e sua área de influência, e devem ser suficientes para garantir as condições adequadas de segurança das estruturas e pessoas.

§ 2º Deverá ser elaborado estudo de rompimento e de propagação da cheia associada, contemplando mapa de inundação para os possíveis cenários de ruptura da barragem, considerando o pior cenário identificado.

§ 3º 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.

§ 4º O estudo de que trata o § 2º deverá indicar 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.

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

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

Não foi simulado efeito de cascata, pois não existe usina implantada a jusante da PCH Toca do Tigre. Também não foi avaliado efeito do rompimento da usina de Montante – PCH Marco Baldo pois ainda não foi recebido estudo pelo empreendedor.

5.4 Causa considerada para o rompimento

Para a cheia de 1.000 anos, a vazão máxima instantânea calculada é de 1189 m³/s (TR 1.000 anos conforme RPS), para o rompimento foi considerada a hipótese de **formação de brecha por falha de fundação ou colapso estrutural do concreto do bloco mais alto da barragem**. O início do rompimento foi definido como sendo no mesmo momento do pico do hidrograma de cheias resultando assim na pior onda de cheia possível.

A simulação de rompimento do bloco de concreto da estrutura da adufa de desvio 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.

5.4.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento foi adotada uma geometria retangular de múltiplos blocos do vertedouro, largura 16,00 m, rompendo região central atendendo os critérios científicos de tamanho da brecha (Item 5.1.4). A Figura 19 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

O tempo de formação adotado foi de 6 minutos, barragem de baixa altura 17 m, e de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha para estrutura de concreto, conforme descrito e apresentado no Quadro 7 e na Figura 16 e definido no item 5.1.4.2.

Quadro 7 - Características da brecha inicial considerada – Toca do Tigre

CARACTERÍSTICA DA BRECHA FORMADA	PCH Toca do Tigre
Tempo de ruptura (h)	0,10 h
Forma da brecha	Retangular
Largura da brecha (m)	16,00
Profundidade da brecha (m)	17,00
Localização da brecha	Adufa – Margem Direita

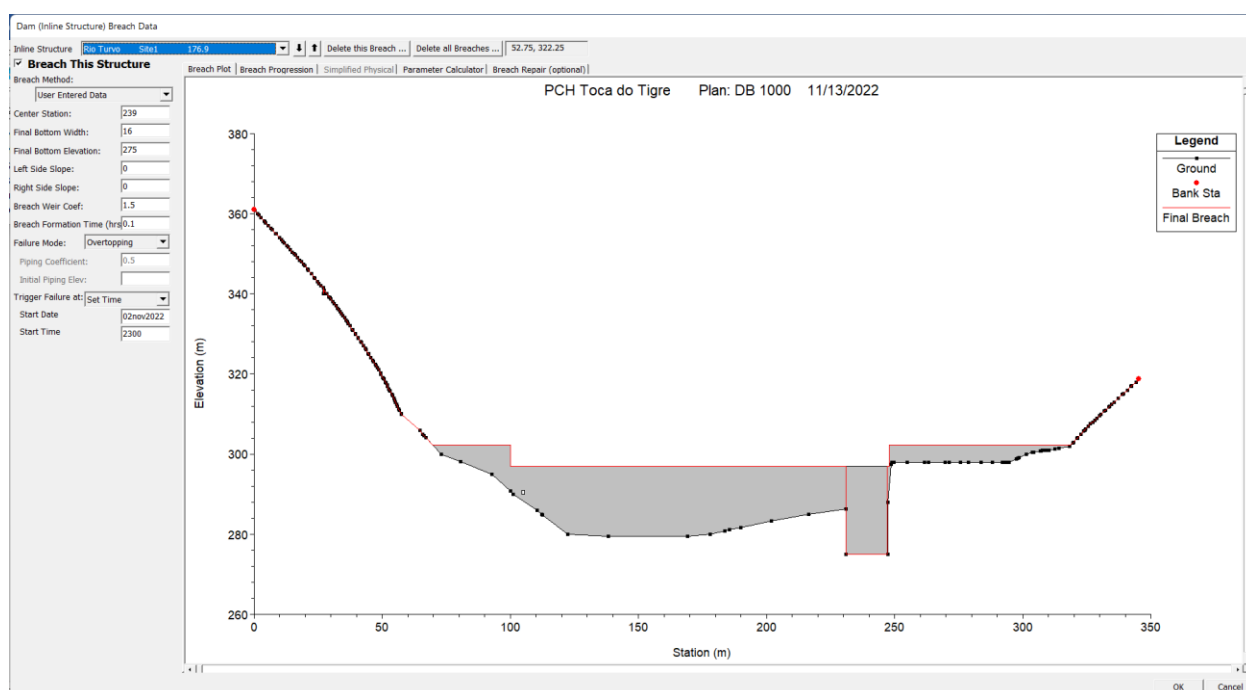


Figura 19 – Dados do Barramento Toca do Tigre com Brecha rompimento – Hec-Ras

5.5 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Turvo na situação natural para as três vazões (Q_{turb} , TR 100, e TR 1.000 anos), para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Toca do Tigre.

A definição das vazões a serem simuladas estão de acordo com preconizado no item 4.2:

- Simulação 1 – Condição de enchente sem rompimento da Barragem (Natural);
- Simulação 2 – Condição de enchente com Rompimento da Barragem da PCH Toca do Tigre (Dam Break).

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da PCH Toca do Tigre.

Tabela 16 – Hidrogramas para PCH Toca do Tigre

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
Qturb	45
100	887
1.000	1.189

5.5.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 17 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Pontes de jusante na jusante da PCH Toca do Tigre somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Toca do Tigre nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Ocorre inundação da ponte 2 a jusante da PCH Toca do Tigre na TR 1.000 anos.

Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Toca do Tigre sem rompimento da Barragem

Usina	Cota de Proteção Barragem (m)	NA Máximo (m)		
		Q turbinada	TR 100 anos	TR 1.000 anos
Barragem PCH Toca do Tigre	302,2 (*)	297,00	298,93	299,37
Casa de Força PCH Toca do Tigre	272	263,78	268,70	269,61
Ponte 1	264,73	259,39	263,70	264,27
Ponte 2	241,96	238,03	241,79	242,48
(*) Crista El. 301,00 m mais mureta de 1,20 m				

(**) Destacados em vermelho ocorre inundação

5.5.2 Resultados Básicos Simulação 2

Todas as simulações de rompimento foram efetuadas para os tempos de recorrência de QTurb 100, e 1.000 anos, com o rompimento ocorrendo no nível máximo conforme enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

A Tabela 18 apresenta os resultados dos níveis de água obtido na Barragem, Casa de Força e Pontes de jusante com a consideração do rompimento da Barragem de Toca do Tigre.

Ocorreram inundações na Casa de Força da Toca do Tigre e nas pontes de jusante.

Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Toca do Tigre com rompimento da Barragem

Usina	Cota de Proteção Barragem (m)	NA Máximo com Rompimento (m)		
		Q turbinada	TR 100 anos	TR 1.000 anos
Barragem PCH Toca do Tigre	302,2 (*)	296,98	298,93	299,36
Casa de Força PCH Toca do Tigre	272	270,42	271,68	272,03
Ponte 1	264,73	264,77	265,86	266,12

Ponte 2	241,96	242,46	244,17	244,56
(*) Crista El. 301,00 m mais mureta de 1,20 m				

(**) Destacados em vermelho ocorre inundação

5.6 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força da Toca do Tigre e das Pontes de jusante. Ocorre inundação da Ponte de Jusante com rompimento da barragem em qualquer condição hidrológica e inundação da Casa de Força da PCH Toca do Tigre com rompimento da Barragem a partir da TR 100 anos.

Tabela 19 – Níveis Estruturas – Natural e com rompimento Barragem Toca do Tigre

Usina	Cota de Proteção Barragem (m)	NA Máximo com Rompimento (m)		
		Q turbinada	TR 100 anos	TR 1.000 anos
Casa de Força PCH Toca do Tigre	272	270,42	271,68	272,03
Ponte 1	264,73	264,77	265,86	266,12
Ponte 2	241,96	242,46	244,17	244,56
(*) Crista El. 301,00 m mais mureta de 1,20 m				

(**) Destacados em vermelho ocorre inundação

A Tabela 20 e Tabela 21 apresentam os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda (Δ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção.

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

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

PERFIL					Qturb					TR 100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
178		100,00	25610	275,00	297,00	296,98	-0,02	0,02	44,81	298,94	298,93	-0,01	0,32	880,26
177		160,00	25510	275,00	297,00	296,98	-0,02	0,02	44,80	298,93	298,93	0,00	0,32	879,98
Barragem PCH Toca do Tigre														
176		150,00	25350	277,94	278,68	285,05	6,37	5,07	2270,26	282,53	286,02	3,49	5,52	3022,03
175		150,00	25200	276,95	278,18	285,11	6,93	3,78	2294,21	282,32	286,23	3,91	4,10	3084,89
174		150,00	25050	276,84	277,71	283,75	6,04	5,65	2242,51	281,53	284,77	3,24	6,23	3071,53
173		150,00	24900	275,97	276,77	283,13	6,36	4,37	2143,08	280,62	284,25	3,63	4,59	2909,02
172		150,00	24750	274,55	276,03	283,12	7,09	3,47	2164,13	280,53	284,19	3,66	3,96	2952,20
171		150,00	24600	273,84	275,48	281,81	6,33	5,87	2161,40	279,45	282,80	3,35	6,43	2945,25
170		150,00	24450	273,17	274,92	281,06	6,14	5,24	2059,29	278,70	282,13	3,43	5,35	2730,34
169		150,00	24300	273,22	274,51	281,35	6,84	3,38	2056,66	278,95	282,36	3,41	3,86	2769,22
168		87,93	24150	273,10	274,29	281,27	6,98	3,06	2054,67	278,84	282,30	3,46	3,48	2764,78
167	STP-01	62,07	24062	272,84	273,83	281,11	7,28	3,21	2053,31	278,69	282,16	3,47	3,52	2762,16
166		150,00	24000	272,24	273,70	281,14	7,44	2,85	2052,23	278,68	282,20	3,52	3,16	2760,27
165		150,00	23850	271,77	273,41	280,72	7,31	3,47	2037,78	278,42	281,73	3,31	3,85	2755,44
164		150,00	23700	271,53	273,16	280,34	7,18	3,72	2036,82	278,16	281,29	3,13	4,16	2732,40
163		150,00	23550	271,06	272,85	279,79	6,94	4,10	2023,49	277,83	280,65	2,82	4,59	2710,44
162		150,00	23400	270,59	272,65	279,53	6,88	3,72	2008,84	277,60	280,38	2,78	4,20	2708,69
161		95,90	23250	270,64	272,45	278,82	6,37	4,23	1937,09	277,08	279,61	2,53	4,64	2585,59
160		129,15	23154	270,40	272,25	278,64	6,39	3,70	1915,95	276,80	279,56	2,76	3,83	2562,94
159		74,95	23025	270,30	272,16	279,07	6,91	0,87	1948,49	277,05	280,05	3,00	0,98	2603,10
158		150,00	22950	270,35	272,07	278,69	6,62	3,00	1934,56	276,75	279,65	2,90	3,14	2585,52
157		150,00	22800	269,77	271,51	278,10	6,59	3,69	1920,75	276,23	278,97	2,74	4,05	2569,64
156		150,00	22650	269,60	271,26	277,72	6,46	3,62	1907,04	275,85	278,63	2,78	3,90	2555,58
155		150,00	22500	269,49	271,07	277,59	6,52	2,91	1905,01	275,60	278,56	2,96	3,15	2564,77
154		150,00	22350	268,81	270,38	277,39	7,01	2,84	1903,03	275,29	278,35	3,06	3,11	2555,05

PERFIL					Qturb					TR 100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
153		150,00	22200	268,11	270,00	276,28	6,28	4,66	1886,73	274,54	277,10	2,56	5,15	2524,15
152		150,00	22050	267,80	269,69	276,02	6,33	3,59	1862,84	274,21	277,03	2,82	3,82	2483,60
151		150,00	21900	267,77	269,55	275,93	6,38	2,94	1848,49	274,09	276,97	2,88	3,23	2483,25
150		150,00	21750	267,59	269,38	275,50	6,12	3,50	1818,26	273,89	276,41	2,52	3,99	2456,74
149		150,00	21600	267,68	269,26	275,34	6,08	3,11	1801,65	273,72	276,31	2,59	3,43	2455,77
148		150,00	21450	267,48	269,16	274,84	5,68	3,60	1768,87	273,39	275,78	2,39	3,95	2417,41
147		102,68	21300	267,46	268,90	274,82	5,92	2,77	1767,91	273,28	275,82	2,54	3,02	2429,37
146		197,32	21197	267,33	268,70	274,78	6,08	2,31	1767,00	273,10	275,87	2,77	2,32	2428,89
145		125,64	21000	266,70	268,25	274,46	6,21	2,50	1764,24	272,61	275,56	2,95	2,64	2427,96
144	STP-02	174,36	20874	266,65	267,84	274,38	6,54	2,25	1762,13	272,49	275,50	3,01	2,42	2427,09
143		150,00	20700	265,94	267,43	273,98	6,55	2,93	1753,86	272,22	275,03	2,81	3,26	2420,13
142		150,00	20550	265,55	267,06	273,16	6,10	4,24	1737,76	271,64	274,09	2,45	4,65	2374,42
141		150,00	20400	265,23	266,71	273,03	6,32	3,42	1727,67	271,49	273,99	2,50	3,78	2373,91
140		150,00	20250	264,92	266,40	272,68	6,28	3,34	1704,85	271,15	273,72	2,57	3,53	2350,97
139		150,00	20100	264,52	266,28	272,55	6,27	2,77	1704,26	270,98	273,63	2,65	2,94	2350,42
138		150,00	19950	264,75	265,99	272,14	6,15	3,15	1665,12	270,63	273,24	2,61	3,34	2329,41
137		190,60	19800	264,19	265,70	272,00	6,30	2,71	1664,16	270,47	273,13	2,66	2,92	2329,24
136		109,40	19609	263,53	265,37	271,66	6,29	2,26	1635,91	270,04	272,89	2,85	2,40	2327,19
135		150,00	19500	263,16	264,87	271,60	6,73	2,03	1634,79	269,90	272,85	2,95	2,18	2326,17
134		150,00	19350	262,97	264,55	271,50	6,95	1,94	1633,06	269,71	272,77	3,06	2,09	2324,73
133	STP-03	150,00	19200	262,79	264,36	271,02	6,66	3,06	1624,12	269,33	272,24	2,91	3,36	2318,73
132		150,00	19050	262,47	264,20	271,09	6,89	2,07	1622,88	269,27	272,35	3,08	2,29	2318,03
131		195,31	18900	262,40	264,02	270,81	6,79	2,19	1615,31	269,03	272,11	3,08	2,41	2317,16
130	Casa de Força	114,88	18705	262,26	263,78	270,42	6,64	2,64	1608,15	268,70	271,68	2,98	2,96	2315,96
129		139,81	18590	262,17	263,54	268,83	5,29	7,00	1616,05	267,29	270,08	2,79	7,99	2315,73
128		150,00	18450	261,71	262,79	267,60	4,81	6,30	1613,02	266,38	268,79	2,41	7,12	2315,59
127		150,00	18300	260,93	262,38	268,12	5,74	1,91	1584,85	266,78	269,27	2,49	2,08	2297,11
126		150,00	18150	260,76	262,15	267,68	5,53	2,87	1575,17	266,46	268,77	2,31	3,19	2290,45

PERFIL					Qturb					TR 100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
125		150,00	18000	260,52	261,47	267,29	5,82	3,14	1555,07	266,12	268,38	2,26	3,43	2276,99
124	STP-04	150,00	17850	259,33	261,13	267,17	6,04	2,62	1544,33	265,99	268,25	2,26	2,99	2276,57
123		150,00	17700	259,28	260,98	267,09	6,11	2,19	1543,73	265,88	268,20	2,32	2,49	2275,98
122		150,00	17550	259,05	260,76	266,77	6,01	2,69	1534,86	265,58	267,87	2,29	3,01	2270,14
121		150,00	17400	258,61	260,60	266,64	6,04	2,34	1533,91	265,42	267,77	2,35	2,64	2269,59
120		150,00	17250	258,40	260,39	266,31	5,92	2,77	1526,59	265,15	267,41	2,26	3,14	2264,40
119		150,00	17100	258,31	260,14	266,11	5,97	2,60	1519,74	264,89	267,24	2,35	2,91	2263,78
118		150,00	16950	257,68	260,05	265,87	5,82	2,63	1519,40	264,71	266,96	2,25	3,07	2259,11
117		150,00	16800	257,79	259,95	265,62	5,67	2,78	1513,70	264,51	266,66	2,15	3,25	2254,29
116		150,00	16650	257,66	259,89	265,53	5,64	2,34	1513,48	264,42	266,60	2,18	2,74	2253,94
115		150,00	16500	257,97	259,80	265,06	5,26	3,18	1508,48	264,05	266,04	1,99	3,66	2244,65
114		150,00	16350	258,12	259,68	264,73	5,05	3,10	1502,70	263,77	265,69	1,92	3,60	2239,03
113	Ponte 1 - CP 264.728	244,22	16200	258,10	259,39	264,77	5,38	1,81	1501,90	263,70	265,86	2,16	2,04	2243,29
112		205,78	15956	257,20	258,56	263,93	5,37	2,41	1466,58	262,91	265,17	2,26	2,46	2220,65
111		150,00	15750	257,00	258,24	263,72	5,48	2,01	1465,31	262,46	265,03	2,57	2,17	2220,42
110		150,00	15600	256,99	258,07	263,39	5,32	2,54	1458,36	262,06	264,71	2,65	2,80	2219,94
109		150,00	15450	256,98	257,94	262,89	4,95	3,15	1444,90	261,72	264,20	2,48	3,42	2210,99
108		150,00	15300	256,90	257,70	262,74	5,04	2,73	1444,30	261,55	264,06	2,51	2,97	2210,80
107		150,00	15150	256,00	257,38	262,48	5,10	2,73	1437,77	261,31	263,78	2,47	3,07	2210,34
106		150,00	15000	256,00	257,22	261,95	4,73	3,41	1424,97	260,84	263,18	2,34	3,86	2202,49
105		150,00	14850	256,00	257,10	261,82	4,72	2,82	1424,76	260,66	263,10	2,44	3,21	2202,39
104		150,00	14700	255,99	256,69	261,72	5,03	2,25	1424,24	260,43	263,15	2,72	2,23	2204,83
103		150,00	14550	255,00	256,28	261,58	5,30	2,08	1423,62	260,24	262,99	2,75	2,29	2203,81
102		150,00	14400	255,00	256,06	261,28	5,22	2,61	1423,01	259,96	262,61	2,65	3,06	2202,33
101		150,00	14250	254,92	255,58	260,31	4,73	4,26	1417,00	259,27	261,33	2,06	5,09	2200,55
100		150,00	14100	253,97	255,28	259,93	4,65	3,53	1393,26	258,87	261,03	2,16	3,93	2185,22
99		107,67	13950	253,93	255,14	259,22	4,08	2,30	1359,59	258,40	260,45	2,05	2,37	2151,83
98		125,16	13842	253,87	254,72	259,25	4,53	1,28	1367,42	258,36	260,55	2,19	1,29	2158,24

PERFIL					Qturb					TR 100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
97		127,84	13717	253,00	254,40	259,18	4,78	1,25	1359,36	258,27	260,50	2,23	1,25	2156,74
96		239,33	13589	253,00	254,30	259,05	4,75	1,60	1358,94	258,14	260,35	2,21	1,81	2151,61
95		150,00	13350	252,91	253,91	258,69	4,78	2,34	1353,82	257,79	259,94	2,15	2,73	2147,35
94		150,00	13200	252,00	253,50	258,33	4,83	2,73	1349,26	257,39	259,64	2,25	2,99	2143,31
93		150,00	13050	251,99	253,23	257,90	4,67	3,00	1344,42	256,97	259,23	2,26	3,30	2139,06
92		150,00	12900	251,99	253,02	257,85	4,83	2,14	1343,62	256,86	259,25	2,39	2,37	2138,87
91		150,00	12750	251,95	252,59	257,52	4,93	2,62	1339,65	256,55	258,92	2,37	2,90	2138,59
90		150,00	12600	251,00	252,16	257,14	4,98	3,00	1335,88	256,22	258,46	2,24	3,47	2135,13
89		150,00	12450	250,97	251,80	256,80	5,00	3,05	1335,45	255,84	258,15	2,31	3,46	2131,36
88		150,00	12300	250,15	251,22	256,51	5,29	2,83	1331,58	255,50	257,95	2,45	3,09	2127,21
87		150,00	12150	249,02	250,64	255,94	5,30	3,48	1323,51	255,09	257,28	2,19	3,96	2113,37
86		150,00	12000	248,57	250,41	255,72	5,31	3,05	1318,47	254,87	257,11	2,24	3,39	2107,72
85	STP-05	150,00	11850	247,67	250,34	255,51	5,17	2,78	1313,09	254,69	256,87	2,18	3,25	2101,87
84		150,00	11700	248,11	250,30	255,25	4,95	2,82	1307,42	254,47	256,61	2,14	3,22	2089,99
83		150,00	11550	248,45	250,18	255,23	5,05	1,58	1306,27	254,34	256,76	2,42	1,57	2095,16
82		150,00	11400	248,24	249,75	254,77	5,02	2,59	1296,06	253,83	256,38	2,55	2,60	2089,95
81		150,00	11250	248,05	249,26	254,59	5,33	2,36	1290,91	253,61	256,21	2,60	2,55	2085,20
80		150,00	11100	247,46	248,87	254,25	5,38	2,69	1285,97	253,27	255,91	2,64	2,89	2084,85
79		150,00	10950	247,12	248,58	253,87	5,29	3,00	1281,07	252,87	255,60	2,73	3,17	2080,57
78		150,00	10800	246,67	248,28	253,62	5,34	2,81	1276,09	252,58	255,38	2,80	3,09	2076,43
77		150,00	10650	246,44	248,05	253,21	5,16	3,18	1271,26	252,16	255,03	2,87	3,39	2076,17
76		150,00	10500	246,13	247,70	253,21	5,51	2,04	1270,99	251,94	255,21	3,27	1,92	2075,74
75		150,00	10350	245,99	247,14	252,95	5,81	2,27	1270,78	251,63	255,05	3,42	2,15	2075,42
74		150,00	10200	245,08	246,64	252,64	6,00	2,76	1270,58	251,42	254,69	3,27	2,97	2075,13
73		150,00	10050	244,61	246,48	251,83	5,35	4,22	1270,38	250,79	253,48	2,69	5,14	2073,97
72		150,00	9900	244,35	246,06	250,38	4,32	6,01	1270,13	249,49	251,99	2,50	7,06	2074,70
71		150,00	9750	243,85	245,35	250,45	5,10	3,08	1267,27	249,53	252,01	2,48	3,39	2072,97
70		150,00	9600	243,39	244,58	249,80	5,22	3,67	1261,60	248,83	251,36	2,53	4,06	2065,25

PERFIL					Qturb					TR 100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
69		150,00	9450	242,68	244,15	249,68	5,53	2,91	1261,09	248,69	251,31	2,62	3,23	2065,13
68		150,00	9300	241,98	243,69	249,15	5,46	3,47	1254,79	248,19	250,87	2,68	3,63	2062,05
67		150,00	9150	241,55	243,24	248,57	5,33	3,85	1246,62	247,72	250,09	2,37	4,43	2046,22
66		150,00	9000	241,13	243,06	248,33	5,27	3,43	1241,58	247,54	249,82	2,28	4,04	2036,09
65		150,00	8850	241,38	242,74	247,98	5,24	3,34	1224,50	247,19	249,60	2,41	3,64	2030,51
64		150,00	8700	241,13	242,28	248,01	5,73	2,41	1230,06	247,21	249,61	2,40	2,90	2030,37
63		78,17	8550	240,51	241,92	247,80	5,88	2,59	1224,42	247,02	249,40	2,38	2,98	2024,91
62	STP-06	71,83	8472	239,69	241,87	247,66	5,79	2,69	1218,84	246,90	249,28	2,38	3,00	2019,31
61		150,00	8400	240,00	241,84	247,62	5,78	2,41	1218,66	246,80	249,31	2,51	2,55	2019,27
60		129,99	8250	239,49	241,81	247,35	5,54	2,56	1212,97	246,58	249,08	2,50	2,72	2013,80
59		80,01	8120	240,06	241,71	247,35	5,64	1,47	1212,06	246,50	249,22	2,72	1,22	2018,33
58		90,00	8040	240,10	241,61	247,29	5,68	1,39	1211,35	246,43	249,17	2,74	1,35	2017,98
57		150,00	7950	239,98	241,46	247,16	5,70	1,79	1210,66	246,28	249,08	2,80	1,64	2017,56
56		150,00	7800	239,40	241,29	246,77	5,48	2,69	1207,97	245,97	248,71	2,74	2,59	2014,59
55		150,00	7650	239,32	240,98	246,25	5,27	3,43	1205,51	245,49	247,82	2,33	3,92	2012,27
54		150,00	7500	238,76	240,83	246,05	5,22	3,00	1202,79	245,28	247,61	2,33	3,50	2012,21
53		150,00	7350	238,84	240,75	245,64	4,89	3,30	1199,94	244,95	247,04	2,09	4,03	2010,31
52		150,00	7200	239,27	240,52	245,52	5,00	2,49	1199,67	244,71	247,12	2,41	2,39	2010,01
51		150,00	7050	238,98	240,35	245,16	4,81	2,87	1199,28	244,45	246,51	2,06	3,58	2008,39
50		150,00	6900	238,96	240,24	244,64	4,40	3,56	1194,52	244,04	245,55	1,51	4,84	1997,62
49		150,00	6750	238,93	240,11	244,57	4,46	2,42	1194,10	243,95	245,89	1,94	2,70	2003,59
48		150,00	6600	238,90	239,70	244,15	4,45	2,78	1191,35	243,49	245,52	2,03	3,03	2000,85
47		150,00	6450	237,99	239,24	243,72	4,48	2,90	1188,38	243,04	245,25	2,21	2,90	1997,95
46		150,00	6300	237,97	239,04	243,31	4,27	3,01	1182,43	242,69	244,75	2,06	3,43	1992,00
45		150,00	6150	237,94	238,86	243,15	4,29	2,51	1182,13	242,50	244,67	2,17	2,81	1991,74
44		150,00	6000	237,92	238,55	243,00	4,45	2,19	1181,55	242,33	244,59	2,26	2,43	1991,39
43	Ponte 2 - CP 241.956	150,00	5850	236,98	238,03	242,46	4,43	3,10	1176,52	241,79	244,17	2,38	3,11	1985,79
42		83,18	5700	236,91	237,59	242,03	4,44	3,23	1173,61	241,36	243,69	2,33	3,54	1982,59

PERFIL					Qturb					TR 100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
41		96,83	5617	236,53	237,31	242,39	5,08	0,99	1175,82	241,65	244,15	2,50	1,14	1985,28
40		95,87	5520	235,99	237,19	241,96	4,77	2,88	1175,50	241,30	243,60	2,30	3,30	1982,78
39		174,12	5424	235,95	237,10	241,81	4,71	2,78	1173,99	241,12	243,51	2,39	3,00	1982,55
38		150,00	5250	235,88	236,62	241,18	4,56	3,57	1172,20	240,64	242,83	2,19	3,76	1977,18
37		150,00	5100	234,99	236,35	240,98	4,63	3,06	1171,99	240,48	242,40	1,92	3,56	1974,12
36		150,00	4950	234,97	236,24	240,58	4,34	3,09	1167,64	240,11	241,98	1,87	3,45	1973,67
35		150,00	4800	234,96	236,08	240,33	4,25	2,44	1167,21	239,77	241,97	2,20	2,34	1973,30
34		200,00	4650	234,94	235,64	239,99	4,35	2,37	1164,60	239,27	241,79	2,52	2,24	1973,02
33		119,99	4450	233,98	234,84	239,52	4,68	2,73	1164,03	238,81	241,26	2,45	3,16	1972,71
32		170,01	4330	233,90	234,59	239,22	4,63	3,07	1163,76	238,56	240,89	2,33	3,61	1972,59
31		110,00	4160	232,97	234,23	238,38	4,15	4,12	1162,95	237,95	239,49	1,54	5,53	1972,10
30		150,00	4050	232,93	234,13	238,50	4,37	2,66	1162,76	237,92	239,88	1,96	2,96	1970,39
29		150,00	3900	232,89	233,97	237,93	3,96	3,13	1161,79	237,40	239,22	1,82	3,71	1966,85
28		150,00	3750	232,85	233,48	237,22	3,74	3,54	1158,57	236,69	238,72	2,03	3,52	1958,94
27		150,00	3600	231,99	232,92	237,19	4,27	2,27	1158,15	236,69	238,66	1,97	2,73	1958,88
26		150,00	3450	231,58	232,66	236,79	4,13	2,82	1153,58	236,32	238,34	2,02	3,04	1956,02
25		150,00	3300	230,79	232,01	236,29	4,28	3,04	1147,19	235,59	238,14	2,55	2,86	1953,16
24		150,00	3150	229,97	230,80	235,62	4,82	3,37	1134,73	234,90	237,58	2,68	3,59	1947,25
23		120,01	3000	229,15	230,22	235,14	4,92	3,56	1118,91	234,48	237,13	2,65	3,86	1937,14
22		79,98	2880	228,98	229,80	234,94	5,14	3,21	1112,89	234,27	237,16	2,89	3,12	1937,10
21		100,01	2800	228,31	229,58	235,05	5,47	2,09	1112,63	234,19	237,39	3,20	1,70	1943,13
20		150,00	2700	227,82	229,25	234,80	5,55	2,48	1112,27	234,01	237,16	3,15	2,43	1940,21
19		150,00	2550	226,58	228,19	234,51	6,32	2,79	1102,27	233,74	236,81	3,07	2,99	1934,43
18	STP-07	150,00	2400	225,84	228,11	234,51	6,40	2,21	1106,57	233,75	236,75	3,00	2,64	1934,38
17		150,00	2250	225,68	228,01	234,11	6,10	3,12	1097,68	233,39	236,42	3,03	3,10	1931,53
16		150,00	2100	225,59	227,93	234,08	6,15	2,60	1097,54	233,36	236,17	2,81	3,18	1928,57
15		150,00	1950	225,64	227,79	233,82	6,03	2,94	1093,32	233,12	236,00	2,88	3,03	1928,40
14		60,01	1800	225,55	227,75	234,02	6,27	1,49	1096,86	233,28	236,24	2,96	1,14	1930,17

PERFIL					Qturb					TR 100 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
13		89,99	1740	225,60	227,73	233,92	6,19	1,84	1096,69	233,20	236,18	2,98	1,42	1929,73
12		150,00	1650	225,61	227,64	233,80	6,16	2,14	1096,49	233,11	235,91	2,80	2,47	1928,28
11		150,00	1500	225,46	227,55	233,56	6,01	2,53	1096,10	232,90	235,70	2,80	2,70	1928,13
10		150,00	1350	225,47	227,42	232,97	5,55	3,60	1094,39	232,43	234,67	2,24	4,64	1925,68
9		150,00	1200	225,45	227,33	232,65	5,32	3,67	1092,48	232,16	234,40	2,24	4,23	1925,57
8		150,00	1050	225,40	227,20	232,71	5,51	2,57	1092,24	232,13	234,50	2,37	3,02	1925,37
7		150,00	900	225,35	226,99	232,33	5,34	2,87	1090,42	231,75	234,15	2,40	3,20	1924,03
6		150,00	750	225,30	226,78	231,96	5,18	3,09	1090,28	231,39	233,76	2,37	3,51	1923,96
5		150,00	600	225,20	226,60	231,65	5,05	3,08	1089,99	231,08	233,46	2,38	3,47	1923,81
4		150,00	450	225,00	226,42	231,23	4,81	3,28	1088,88	230,65	233,08	2,43	3,61	1923,62
3		150,00	300	224,90	226,31	231,03	4,72	2,93	1088,84	230,50	232,73	2,23	3,69	1923,46
2		150,00	150	224,58	226,03	230,18	4,15	4,28	1088,79	229,77	231,83	2,06	4,70	1923,30
1		0,00	0	224,00	224,99	228,90	3,91	6,29	1088,74	228,43	230,43	2,00	7,45	1923,10

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

Tabela 21 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Toca do Tigre para TR 1.000 anos (Simulação 1 e 2)

PERFIL					TR 1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
178		100,00	25610	275,00	299,37	299,37	0,00	0,42	1182,02
177		160,00	25510	275,00	299,37	299,36	-0,01	0,42	1181,72
Barragem PCH Toca do Tigre									
176		150,00	25350	277,94	283,25	286,39	3,14	5,77	3397,40
175		150,00	25200	276,95	283,09	286,64	3,55	4,18	3386,17
174		150,00	25050	276,84	282,11	285,15	3,04	6,37	3377,17
173		150,00	24900	275,97	281,35	284,67	3,32	4,71	3251,63
172		150,00	24750	274,55	281,33	284,58	3,25	4,11	3247,03
171		150,00	24600	273,84	280,16	283,15	2,99	6,66	3273,41
170		150,00	24450	273,17	279,44	282,56	3,12	5,41	3036,78
169		150,00	24300	273,22	279,75	282,75	3,00	3,98	3034,48
168		87,93	24150	273,10	279,64	282,69	3,05	3,65	3075,96
167	STP-01	62,07	24062	272,84	279,48	282,57	3,09	3,63	3072,31
166		150,00	24000	272,24	279,48	282,61	3,13	3,29	3069,73
165		150,00	23850	271,77	279,17	282,13	2,96	3,99	3063,44
164		150,00	23700	271,53	278,88	281,66	2,78	4,32	3037,04
163		150,00	23550	271,06	278,48	280,98	2,50	4,78	3010,56
162		150,00	23400	270,59	278,25	280,70	2,45	4,39	3009,04
161		95,90	23250	270,64	277,68	279,90	2,22	4,82	2875,53
160		129,15	23154	270,40	277,42	279,92	2,50	3,93	2872,78
159		74,95	23025	270,30	277,73	280,43	2,70	1,03	2899,70
158		150,00	22950	270,35	277,41	280,01	2,60	3,21	2874,41
157		150,00	22800	269,77	276,90	279,29	2,39	4,21	2849,94
156		150,00	22650	269,60	276,51	278,97	2,46	4,04	2847,42
155		150,00	22500	269,49	276,31	278,91	2,60	3,25	2843,77
154		150,00	22350	268,81	276,07	278,70	2,63	3,24	2840,68
153		150,00	22200	268,11	275,20	277,38	2,18	5,39	2811,56

PERFIL					TR 1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
152		150,00	22050	267,80	274,90	277,35	2,45	4,00	2769,68
151		150,00	21900	267,77	274,80	277,30	2,50	3,40	2768,53
150		150,00	21750	267,59	274,53	276,68	2,15	4,19	2702,17
149		150,00	21600	267,68	274,35	276,60	2,25	3,56	2700,90
148		150,00	21450	267,48	273,96	276,06	2,10	4,06	2641,13
147		102,68	21300	267,46	273,88	276,12	2,24	3,10	2658,63
146		197,32	21197	267,33	273,75	276,19	2,44	2,34	2674,00
145		125,64	21000	266,70	273,37	275,89	2,52	2,70	2658,81
144	STP-02	174,36	20874	266,65	273,28	275,82	2,54	2,49	2658,60
143		150,00	20700	265,94	272,96	275,33	2,37	3,38	2657,69
142		150,00	20550	265,55	272,33	274,34	2,01	4,79	2588,04
141		150,00	20400	265,23	272,19	274,25	2,06	3,88	2574,30
140		150,00	20250	264,92	271,86	274,00	2,14	3,58	2548,37
139		150,00	20100	264,52	271,71	273,92	2,21	3,01	2559,82
138		150,00	19950	264,75	271,35	273,54	2,19	3,40	2537,02
137		190,60	19800	264,19	271,21	273,43	2,22	2,98	2536,42
136		109,40	19609	263,53	270,79	273,21	2,42	2,44	2525,05
135		150,00	19500	263,16	270,70	273,18	2,48	2,22	2524,73
134		150,00	19350	262,97	270,58	273,10	2,52	2,13	2524,25
133	STP-03	150,00	19200	262,79	270,16	272,56	2,40	3,42	2517,69
132		150,00	19050	262,47	270,17	272,68	2,51	2,35	2521,65
131		195,31	18900	262,40	269,94	272,45	2,51	2,47	2519,72
130	Casa de Força	114,88	18705	262,26	269,61	272,03	2,42	3,03	2517,07
129		139,81	18590	262,17	267,97	270,42	2,45	8,19	2516,69
128		150,00	18450	261,71	266,89	269,15	2,26	7,25	2516,62
127		150,00	18300	260,93	267,44	269,55	2,11	2,13	2504,11
126		150,00	18150	260,76	267,08	269,04	1,96	3,27	2490,62
125		150,00	18000	260,52	266,72	268,65	1,93	3,50	2483,54

PERFIL					TR 1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
124	STP-04	150,00	17850	259,33	266,59	268,51	1,92	3,07	2476,45
123		150,00	17700	259,28	266,50	268,47	1,97	2,56	2476,26
122		150,00	17550	259,05	266,19	268,14	1,95	3,08	2470,26
121		150,00	17400	258,61	266,05	268,04	1,99	2,72	2470,16
120		150,00	17250	258,40	265,75	267,67	1,92	3,23	2469,71
119		150,00	17100	258,31	265,53	267,51	1,98	2,98	2464,39
118		150,00	16950	257,68	265,32	267,22	1,90	3,18	2463,92
117		150,00	16800	257,79	265,09	266,91	1,82	3,36	2458,87
116		150,00	16650	257,66	265,01	266,85	1,84	2,84	2458,36
115		150,00	16500	257,97	264,58	266,27	1,69	3,78	2448,71
114		150,00	16350	258,12	264,29	265,92	1,63	3,71	2436,97
113	Ponte 1 - CP 264.728	244,22	16200	258,10	264,27	266,12	1,85	2,09	2442,24
112		205,78	15956	257,20	263,46	265,45	1,99	2,49	2424,46
111		150,00	15750	257,00	263,19	265,32	2,13	2,22	2424,21
110		150,00	15600	256,99	262,86	264,99	2,13	2,88	2423,75
109		150,00	15450	256,98	262,41	264,49	2,08	3,48	2415,19
108		150,00	15300	256,90	262,25	264,35	2,10	3,04	2415,05
107		150,00	15150	256,00	262,00	264,07	2,07	3,15	2414,70
106		150,00	15000	256,00	261,50	263,45	1,95	3,97	2410,96
105		150,00	14850	256,00	261,35	263,38	2,03	3,31	2410,38
104		150,00	14700	255,99	261,21	263,46	2,25	2,25	2409,66
103		150,00	14550	255,00	261,06	263,30	2,24	2,35	2408,95
102		150,00	14400	255,00	260,79	262,89	2,10	3,19	2408,41
101		150,00	14250	254,92	259,97	261,54	1,57	5,27	2405,88
100		150,00	14100	253,97	259,61	261,25	1,64	4,04	2390,80
99		107,67	13950	253,93	258,94	260,74	1,80	2,40	2359,09
98		125,16	13842	253,87	258,95	260,85	1,90	1,30	2365,16
97		127,84	13717	253,00	258,88	260,81	1,93	1,26	2363,85

PERFIL					TR 1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
96		239,33	13589	253,00	258,75	260,65	1,90	1,87	2358,99
95		150,00	13350	252,91	258,41	260,23	1,82	2,83	2354,86
94		150,00	13200	252,00	258,04	259,95	1,91	3,05	2350,89
93		150,00	13050	251,99	257,62	259,54	1,92	3,35	2346,71
92		150,00	12900	251,99	257,55	259,57	2,02	2,41	2346,51
91		150,00	12750	251,95	257,23	259,23	2,00	2,95	2346,21
90		150,00	12600	251,00	256,87	258,76	1,89	3,56	2339,20
89		150,00	12450	250,97	256,53	258,45	1,92	3,55	2335,09
88		150,00	12300	250,15	256,23	258,27	2,04	3,14	2330,64
87		150,00	12150	249,02	255,72	257,60	1,88	4,03	2315,86
86		150,00	12000	248,57	255,51	257,45	1,94	3,45	2310,16
85	STP-05	150,00	11850	247,67	255,31	257,19	1,88	3,34	2304,35
84		150,00	11700	248,11	255,06	256,95	1,89	3,29	2298,45
83		150,00	11550	248,45	255,01	257,12	2,11	1,58	2302,99
82		150,00	11400	248,24	254,56	256,76	2,20	2,60	2297,94
81		150,00	11250	248,05	254,37	256,59	2,22	2,60	2293,43
80		150,00	11100	247,46	254,03	256,30	2,27	2,93	2293,02
79		150,00	10950	247,12	253,66	256,00	2,34	3,20	2289,02
78		150,00	10800	246,67	253,40	255,78	2,38	3,16	2285,19
77		150,00	10650	246,44	253,00	255,45	2,45	3,41	2284,95
76		150,00	10500	246,13	252,95	255,65	2,70	1,93	2284,62
75		150,00	10350	245,99	252,68	255,51	2,83	2,14	2284,41
74		150,00	10200	245,08	252,38	255,15	2,77	2,97	2284,20
73		150,00	10050	244,61	251,62	253,84	2,22	5,34	2283,96
72		150,00	9900	244,35	250,20	252,37	2,17	7,25	2282,45
71		150,00	9750	243,85	250,29	252,35	2,06	3,46	2282,81
70		150,00	9600	243,39	249,65	251,69	2,04	4,16	2275,27
69		150,00	9450	242,68	249,53	251,66	2,13	3,31	2274,89

PERFIL					TR 1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
68		150,00	9300	241,98	249,03	251,23	2,20	3,66	2271,80
67		150,00	9150	241,55	248,49	250,41	1,92	4,58	2261,78
66		150,00	9000	241,13	248,26	250,13	1,87	4,20	2253,07
65		150,00	8850	241,38	247,93	249,93	2,00	3,74	2248,17
64		150,00	8700	241,13	247,95	249,93	1,98	3,02	2248,00
63		78,17	8550	240,51	247,74	249,72	1,98	3,09	2243,28
62	STP-06	71,83	8472	239,69	247,61	249,61	2,00	3,09	2238,50
61		150,00	8400	240,00	247,57	249,65	2,08	2,63	2242,93
60		129,99	8250	239,49	247,30	249,42	2,12	2,79	2238,32
59		80,01	8120	240,06	247,29	249,58	2,29	1,21	2238,02
58		90,00	8040	240,10	247,24	249,53	2,29	1,35	2237,92
57		150,00	7950	239,98	247,11	249,44	2,33	1,66	2237,78
56		150,00	7800	239,40	246,73	249,11	2,38	2,53	2237,37
55		150,00	7650	239,32	246,21	248,32	2,11	3,73	2235,21
54		150,00	7500	238,76	246,02	247,93	1,91	3,63	2233,39
53		150,00	7350	238,84	245,62	247,32	1,70	4,22	2231,44
52		150,00	7200	239,27	245,50	247,50	2,00	2,36	2231,13
51		150,00	7050	238,98	245,14	246,82	1,68	3,74	2229,43
50		150,00	6900	238,96	244,63	245,74	1,11	5,15	2211,70
49		150,00	6750	238,93	244,56	246,20	1,64	2,75	2222,16
48		150,00	6600	238,90	244,15	245,85	1,70	3,08	2219,33
47		150,00	6450	237,99	243,73	245,61	1,88	2,90	2216,50
46		150,00	6300	237,97	243,33	245,09	1,76	3,52	2213,71
45		150,00	6150	237,94	243,16	245,02	1,86	2,88	2213,46
44		150,00	6000	237,92	243,02	244,95	1,93	2,49	2213,22
43	Ponte 2 - CP 241.956	150,00	5850	236,98	242,48	244,56	2,08	3,11	2211,07
42		83,18	5700	236,91	242,05	244,06	2,01	3,62	2208,90
41		96,83	5617	236,53	242,41	244,54	2,13	1,18	2210,64

PERFIL					TR 1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
40		95,87	5520	235,99	241,98	243,98	2,00	3,38	2209,16
39		174,12	5424	235,95	241,83	243,89	2,06	3,06	2209,09
38		150,00	5250	235,88	241,21	243,25	2,04	3,68	2207,32
37		150,00	5100	234,99	241,01	242,81	1,80	3,54	2203,09
36		150,00	4950	234,97	240,61	242,41	1,80	3,28	2200,50
35		150,00	4800	234,96	240,37	242,34	1,97	2,34	2200,16
34		200,00	4650	234,94	240,03	242,19	2,16	2,25	2199,89
33		119,99	4450	233,98	239,56	241,62	2,06	3,28	2199,57
32		170,01	4330	233,90	239,26	241,21	1,95	3,78	2198,83
31		110,00	4160	232,97	238,41	239,63	1,22	5,99	2197,79
30		150,00	4050	232,93	238,54	240,22	1,68	3,03	2196,21
29		150,00	3900	232,89	237,97	239,56	1,59	3,81	2189,55
28		150,00	3750	232,85	237,29	239,13	1,84	3,49	2183,15
27		150,00	3600	231,99	237,26	239,06	1,80	2,77	2179,62
26		150,00	3450	231,58	236,88	238,74	1,86	3,07	2176,26
25		150,00	3300	230,79	236,45	238,57	2,12	2,87	2176,09
24		150,00	3150	229,97	235,86	238,01	2,15	3,67	2165,78
23		120,01	3000	229,15	235,39	237,59	2,20	3,90	2157,70
22		79,98	2880	228,98	235,25	237,63	2,38	3,14	2161,47
21		100,01	2800	228,31	235,38	237,88	2,50	1,69	2164,60
20		150,00	2700	227,82	235,14	237,65	2,51	2,44	2161,30
19		150,00	2550	226,58	234,84	237,30	2,46	3,03	2157,97
18	STP-07	150,00	2400	225,84	234,84	237,22	2,38	2,73	2157,70
17		150,00	2250	225,68	234,44	236,94	2,50	3,06	2154,58
16		150,00	2100	225,59	234,40	236,65	2,25	3,27	2151,44
15		150,00	1950	225,64	234,13	236,53	2,40	2,97	2148,29
14		60,01	1800	225,55	234,33	236,78	2,45	1,08	2150,70
13		89,99	1740	225,60	234,22	236,73	2,51	1,32	2150,51

PERFIL					TR 1.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
12		150,00	1650	225,61	234,08	236,46	2,38	2,48	2150,32
11		150,00	1500	225,46	233,85	236,27	2,42	2,66	2150,03
10		150,00	1350	225,47	233,21	235,21	2,00	4,71	2147,81
9		150,00	1200	225,45	232,87	235,06	2,19	4,05	2147,69
8		150,00	1050	225,40	232,94	235,16	2,22	2,95	2147,54
7		150,00	900	225,35	232,56	234,88	2,32	3,06	2147,35
6		150,00	750	225,30	232,18	234,58	2,40	3,29	2146,41
5		150,00	600	225,20	231,87	234,38	2,51	3,19	2146,38
4		150,00	450	225,00	231,46	234,15	2,69	3,22	2146,31
3		150,00	300	224,90	231,25	233,86	2,61	3,38	2146,24
2		150,00	150	224,58	230,35	233,62	3,27	3,30	2146,13
1		0,00	0	224,00	229,09	232,62	3,53	4,60	2146,00

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

5.7 Limite Físico a Jusante da PCH Toca do Tigre

O limite físico do trecho estudado, foi da Barragem PCH Toca do Tigre até 25 km a jusante. Este trecho compreende:

- 25 km – Historicamente trecho onde podem ocorrer vítimas fatais (ver 5.1.5);
- Volume Reservatório entre 3 - 50 hm³ - máximo de 25 km a jusante – De acordo com ANA.

5.8 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

As benfeitoras foram identificadas pelo *Google Earth/Restituição* e ortofotocarta 2022. Considerando o momento da ruptura descritos no item 5.3, serão apresentados os cotogramas das seções onde foram detectadas benfeitorias em risco, listadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Localização das Seções de Interesse

Seções	Descrição	Estaca (m)	Distância da Barragem PCH Toca do Tigre (km)
177	Barragem PCH Toca do Tigre	25.510	0
167	Propriedades	24.062	1,45
161	Propriedades	23.250	2,26
149	Propriedades	21.600	3,91
146	Propriedades	21.197	4,31
131	Propriedades	18.900	6,61
130	Casa de Força PCH Toca do Tigre e Propriedades	18.705	6,81
124	Propriedades	17.850	7,66
113	Propriedades e Ponte 1	16.200	9,31
108	Propriedades e Limite ZAS	15.300	10,21
105	Propriedades	14.850	10,66
103	Propriedades	14.550	10,96
98	Propriedades	13.842	11,67
86	Propriedades	12.000	13,51
83	Propriedades	11.550	13,96
61	Propriedades	8.400	17,11
59	Propriedades	8.120	17,39
56	Propriedades	7.800	17,71
52	Propriedades	7.200	18,31
43	Propriedades e Ponte 2	5.850	19,66
41	Propriedades	5.617	19,89
14	Propriedades	1.800	23,71
1	Limite ZSS	-	25,51

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

Na sequência estão descritos os resultados em todas as seções de interesse definidas, com a figura do local com mapa de inundação TR 1.000 anos Galgamento (destacado em azul), indicação dos níveis máximos de água para as condições naturais e dam break, a altura máxima da onda, o tempo de início de chegada da onda de cheia e o tempo para o pico máximo da onda de cheia com o rompimento da barragem e duração da mesma.

5.8.1 SL-167 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre, identificada pela seção SL-167, está localizada cerca de 1,45 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 20).



Figura 20 – Localização propriedades - SL-167

Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-167 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	273,83	281,11	7,28	00:00	00:20	0	03:00
100 anos	278,69	282,16	3,47	00:00	00:15	0	06:00
1.000 anos	279,48	282,57	3,09	00:00	00:15	0	09:00

5.8.2 SL-161 – Propriedades

As propriedades identificadas próximas a seção SL-161, localizada cerca de 2,26 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 21).



Figura 21 – Localização propriedades - SL-161

Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-161 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	272,45	278,82	6,37	00:00	00:20	0	03:00
100 anos	277,08	279,61	2,53	00:00	00:15	0	06:00
1.000 anos	277,68	279,90	2,22	00:00	00:15	0	09:00

5.8.3 SL-149 – Propriedades

Identificada pela seção SL-149, a propriedade se localiza cerca de 3,91 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 22).



Figura 22 – Localização propriedades - SL-149

Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-149 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	269,26	275,34	6,08	00:00	00:30	0	03:30
100 anos	273,72	276,31	2,59	00:00	00:25	0	06:10
1.000 anos	274,35	276,60	2,25	00:00	00:20	0	10:00

5.8.4 SL-146 – Propriedades

Identificada pela seção SL-146, a propriedade se localiza cerca de 4,31 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 23).



Figura 23 – Localização propriedades - SL-146

Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-146 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	268,70	274,78	6,08	00:05	00:40	0	03:55
100 anos	273,10	275,87	2,77	00:00	00:30	0	07:00
1.000 anos	273,75	276,19	2,44	00:00	00:30	0	11:00

5.8.5 SL-131 – Propriedades

As propriedades identificadas próximas a seção SL-131, que fica localizada cerca de 6,61 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 24).



Figura 24 – Localização propriedades - SL-131

Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-131 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	264,02	270,81	6,79	00:05	00:40	0	03:55
100 anos	269,03	272,11	3,08	00:05	00:35	0	06:55
1.000 anos	269,94	272,45	2,51	00:05	00:30	0	10:55

5.8.6 SL-130 – Casa de Força PCH Toca do Tigre e Propriedades

A Casa de Força logo a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre. A seção SL-130 está na saída do canal de fuga, localizada a 6,81 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 25).



Figura 25 – Localização Casa de Força Toca do Tigre - SL-130

Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-130 – Casa de Força Toca do Tigre

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	263,78	270,42	6,64	00:15	00:55	0	03:45
100 anos	268,70	271,68	2,98	00:10	00:45	0	06:50
1.000 anos	269,61	272,03	2,42	00:10	00:40	0	10:50

5.8.7 SL-124 – Propriedades

Identificada pela seção SL-124, a propriedade se localiza cerca de 7,66 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 26).



Figura 26 – Localização propriedades - SL-124

Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-124 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	261,13	267,17	6,04	00:15	00:55	0	03:45
100 anos	265,99	268,25	2,26	00:10	00:45	0	06:50
1.000 anos	266,59	268,51	1,92	00:10	00:40	0	10:50

5.8.8 SL-113 – Ponte 1 e Propriedades

A Ponte 1 e as propriedades identificadas próximas a seção SL-113, que fica localizada cerca de 9,31 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 27).



Figura 27 – Localização ponte 1 e propriedades - SL-113

Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-113 – Propriedades e ponte 1

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	259,39	264,77	5,38	00:20	01:00	0	05:40
100 anos	263,70	265,86	2,16	00:10	00:55	0	08:50
1.000 anos	264,27	266,12	1,85	00:10	00:50	0	12:50

5.8.9 SL-108 – Propriedades e Limite ZAS

As propriedades e o Limite ZAS da Barragem PCH Toca do Tigre, identificada pela seção SL-108, fica localizada cerca de 10,21 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 28).



Figura 28 – Localização propriedades e Limite ZAS - SL-108

Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-108– Propriedades e Limite ZAS

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	257,70	262,74	5,04	00:25	01:05	0	06:35
100 anos	261,55	264,06	2,51	00:15	01:00	0	09:45
1.000 anos	262,25	264,35	2,10	00:15	00:55	0	13:45

5.8.10 SL-105/103 – Propriedades

Propriedades a jusante do barramento, identificada pelas seções SL-105/103, que ficam localizadas cerca de 10,66 e 10,96 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 29).



Figura 29 – Localização propriedades - SL-105/103

Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-105 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	257,10	261,82	4,72	00:25	01:05	0	06:35
100 anos	260,66	263,10	2,44	00:15	01:00	0	09:45
1.000 anos	261,35	263,38	2,03	00:15	00:55	0	13:45

Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-103 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	256,28	261,58	5,30	00:25	01:15	0	06:35
100 anos	260,24	262,99	2,75	00:15	01:05	0	09:45
1.000 anos	261,06	263,30	2,24	00:15	01:00	0	13:45

5.8.11 SL-98 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre, identificadas pela seção SL-98, localizada cerca de 11,67 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 30).



Figura 30 – Localização propriedades - SL-98

Tabela 34 – Detalhe das simulações - SL-98 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	254,72	259,25	4,53	00:30	01:20	0	06:30
100 anos	258,36	260,55	2,19	00:20	01:05	0	08:40
1.000 anos	258,95	260,85	1,90	00:20	01:00	0	12:40

5.8.12 SL-86/83 – Propriedades

Propriedades identificadas próximas as seções SL-86/83, localizadas cerca de 13,51 e 13,96 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 31).



Figura 31 – Localização propriedades - SL-86/83

Tabela 35 – Detalhe das simulações - SL-86 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	250,41	255,72	5,31	00:35	01:20	0	06:25
100 anos	254,87	257,11	2,24	00:20	01:05	0	08:40
1.000 anos	255,51	257,45	1,94	00:20	01:00	0	12:40

Tabela 36 – Detalhe das simulações - SL-83 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	250,18	255,23	5,05	00:35	01:25	0	06:25
100 anos	254,34	256,76	2,42	00:20	01:15	0	08:40
1.000 anos	255,01	257,12	2,11	00:20	01:10	0	12:40

5.8.13 SL-61/59 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre, identificadas pelas seções SL-61 e 59, ficam localizadas cerca de 17,11 e 17,39 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 32).



Figura 32 – Localização propriedades - SL-61/59

Tabela 37 – Detalhe das simulações - SL-61 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	241,84	247,62	5,78	00:40	01:35	0	06:20
100 anos	246,80	249,31	2,51	00:25	01:25	0	08:35
1.000 anos	247,57	249,65	2,08	00:20	01:25	0	12:40

Tabela 38 – Detalhe das simulações - SL-59 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	241,71	247,35	5,64	00:45	01:40	0	05:15
100 anos	246,50	249,22	2,72	00:30	01:30	0	07:30
1.000 anos	247,29	249,58	2,29	00:25	01:25	0	08:35

5.8.14 SL-56 – Propriedades

Propriedades a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre, identificadas na seção SL-56, localizada cerca de 17,71 km da PCH Toca do Tigre (Figura 33).



Figura 33 – Localização propriedades - SL-56

Tabela 39 – Detalhe das simulações - SL-56 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	241,29	246,77	5,48	01:05	02:00	0	04:55
100 anos	245,97	248,71	2,74	00:40	01:45	0	07:20
1.000 anos	246,73	249,11	2,38	00:35	01:40	0	08:25

5.8.15 SL-52 – Propriedades

As propriedades próximas a seção SL-52, e localizado cerca de 18,31 km à jusante da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 34).



Figura 34 – Localização propriedades - SL-52

Tabela 40 – Detalhe das simulações - SL-52 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	240,52	245,52	5,00	01:05	02:00	0	04:55
100 anos	244,71	247,12	2,41	00:40	01:45	0	07:20
1.000 anos	245,50	247,50	2,00	00:35	01:40	0	08:25

5.8.16 SL-43/41 – Propriedades e Ponte 2

A ponte 2 e as propriedades a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre, identificada pelas seções SL-43/41, localizada cerca de 19,66 e 19,89 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 35).



Figura 35 – Localização propriedades e Ponte 2 - SL-43/41

Tabela 41 – Detalhe das simulações - SL-43 – Propriedades e Ponte 2

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	238,03	242,46	4,43	01:05	02:00	0	04:55
100 anos	241,79	244,17	2,38	00:40	01:50	0	07:20
1.000 anos	242,48	244,56	2,08	00:35	01:45	0	08:25

Tabela 42 – Detalhe das simulações - SL-41 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	237,31	242,39	5,08	01:05	02:00	0	04:55
100 anos	241,65	244,15	2,50	00:40	01:50	0	07:20
1.000 anos	242,41	244,54	2,13	00:35	01:45	0	08:25

5.8.17 SL-14 – Propriedades

Propriedades a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre, identificadas próximas a seção SL-14, que se localiza cerca de 23,71 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 36).



Figura 36 – Localização propriedades - SL-14

Tabela 43 – Detalhe das simulações - SL-14 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	227,75	234,02	6,27	01:10	02:05	0	04:50
100 anos	233,28	236,24	2,96	00:40	01:50	0	07:20
1.000 anos	234,33	236,78	2,45	00:35	01:45	0	08:25

5.8.18 SL-1 – Fim modelo e Limite ZSS

O limite da ZSS (Zona de Segurança Secundária) a jusante da Barragem PCH Toca do Tigre está identificada pela seção SL-1, fica localizada cerca de 25,51 km da barragem PCH Toca do Tigre (Figura 37).



Figura 37 – Localização Limite ZSS - SL-1

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

HIDROGRAMA	Nível d'água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)	
	Natural	Dam Break				Dia	Hora
QTurb	224,99	228,90	3,91	01:15	02:10	0	04:45
100 anos	228,43	230,43	2,00	00:45	02:00	0	07:15
1.000 anos	229,09	232,62	3,53	00:40	01:55	0	08:20

5.9 Resumo Geral das Seções de Interesse

A Tabela 45 abaixo apresenta o resumo dos tempos da onda de cheia após rompimento da barragem em cada seção estratégica do trecho de jusante. Estão indicados na tabela a distância da barragem até as seções e para o rompimento da barragem o tempo de início da onda de cheia, o tempo para atingir o pico, duração da onda, o nível de água normal sem rompimento, o nível máximo de água com o rompimento, a altura máxima da onda de cheia, velocidade e vazão máxima nas seções de interesse considerando as cheias nos tempos de recorrência de QTURB anos, TR-100 anos e TR-1.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no Anexo V estão divididos por tempo de recorrência e possuem destaque para os locais próximos as seções indicadas na Tabela 45. Nos mapas apresenta-se os níveis de água definidos para a condição natural, condição com Dam Break, altura

de onda, tempo de chegada da onda e o tempo de pico para cada seção, bem como uma imagem do local para facilitar a localização. Os desenhos foram elaborados para duas condições extremas – dia de sol com rompimento Qturbinada e Enchente TR 1.000 anos:

- TTG-C-MPI-001-00-22 – Mapa de Inundação – Sunny Day - QTURB – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 04;
- TTG-C-MPI-002-00-22 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 04.

Tabela 45 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para Sunny Day e TR 100 anos

Seções de Interesse		Distância da Barragem PCH Toca do Tigre (km)	Sunny Day - Qturb								100 anos									
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)		
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia Hora												
Barragem Toca do Tigre - Tempo após Rompimento																				
167	Propriedades	1,45	273,83	281,11	7,28	00:00	00:20	0	03:00	3,21	2053,31	278,69	282,16	3,47	00:00	00:15	0	06:00	3,52	2762,16
161	Propriedades	2,26	272,45	278,82	6,37	00:00	00:30	0	03:30	4,23	1937,09	277,08	279,61	2,53	00:00	00:25	0	06:10	4,64	2585,59
149	Propriedades	3,91	269,26	275,34	6,08	00:05	00:40	0	03:55	3,11	1801,65	273,72	276,31	2,59	00:00	00:30	0	07:00	3,43	2455,77
146	Propriedades	4,31	268,70	274,78	6,08	00:05	00:40	0	03:55	2,31	1767,00	273,10	275,87	2,77	00:05	00:35	0	06:55	2,32	2428,89
131	Propriedades	6,61	264,02	270,81	6,79	00:15	00:55	0	03:45	2,19	1615,31	269,03	272,11	3,08	00:10	00:45	0	06:50	2,41	2317,16
130	Casa de Força PCH Toca do Tigre e Propriedades	6,81	263,78	270,42	6,64	00:15	00:55	0	03:45	2,64	1608,15	268,70	271,68	2,98	00:10	00:45	0	06:50	2,96	2315,96
124	Propriedades	7,66	261,13	267,17	6,04	00:20	01:00	0	05:40	2,62	1544,33	265,99	268,25	2,26	00:10	00:55	0	08:50	2,99	2276,57
113	Propriedades e Ponte 1	9,31	259,39	264,77	5,38	00:25	01:05	0	06:35	1,81	1501,90	263,70	265,86	2,16	00:15	01:00	0	09:45	2,04	2243,29
108	Propriedades e Limite ZAS	10,21	257,70	262,74	5,04	00:25	01:15	0	06:35	2,73	1444,30	261,55	264,06	2,51	00:15	01:05	0	09:45	2,97	2210,80
105	Propriedades	10,66	257,10	261,82	4,72	00:30	01:20	0	06:30	2,82	1424,76	260,66	263,10	2,44	00:20	01:05	0	08:40	3,21	2202,39
103	Propriedades	10,96	256,28	261,58	5,30	00:35	01:20	0	06:25	2,08	1423,62	260,24	262,99	2,75	00:20	01:05	0	08:40	2,29	2203,81
98	Propriedades	11,67	254,72	259,25	4,53	00:35	01:25	0	06:25	1,28	1367,42	258,36	260,55	2,19	00:20	01:15	0	08:40	1,29	2158,24
86	Propriedades	13,51	250,41	255,72	5,31	00:40	01:35	0	06:20	3,05	1318,47	254,87	257,11	2,24	00:25	01:25	0	08:35	3,39	2107,72
83	Propriedades	13,96	250,18	255,23	5,05	00:45	01:40	0	05:15	1,58	1306,27	254,34	256,76	2,42	00:30	01:30	0	07:30	1,57	2095,16
61	Propriedades	17,11	241,84	247,62	5,78	01:05	02:00	0	04:55	2,41	1218,66	246,80	249,31	2,51	00:40	01:45	0	07:20	2,55	2019,27
59	Propriedades	17,39	241,71	247,35	5,64	01:05	02:00	0	04:55	1,47	1212,06	246,50	249,22	2,72	00:40	01:50	0	07:20	1,22	2018,33
56	Propriedades	17,71	241,29	246,77	5,48	01:05	02:00	0	04:55	2,69	1207,97	245,97	248,71	2,74	00:40	01:50	0	07:20	2,59	2014,59
52	Propriedades	18,31	240,52	245,52	5,00	01:10	02:05	0	04:50	2,49	1199,67	244,71	247,12	2,41	00:40	01:50	0	07:20	2,39	2010,01
43	Propriedades e Ponte 2	19,66	238,03	242,46	4,43	01:15	02:10	0	04:45	3,10	1176,52	241,79	244,17	2,38	00:45	02:00	0	07:15	3,11	1985,79
41	Propriedades	19,89	237,31	242,39	5,08	01:20	02:10	0	04:40	0,99	1175,82	241,65	244,15	2,50	00:45	02:00	0	07:15	1,14	1985,28
14	Propriedades	23,71	227,75	234,02	6,27	01:35	02:35	0	05:25	1,49	1096,86	233,28	236,24	2,96	00:55	02:20	0	08:05	1,14	1930,17
1	Limite ZSS	25,51	224,99	228,90	3,91	01:45	02:40	0	06:15	6,29	1088,74	228,43	230,43	2,00	01:00	02:25	0	09:00	7,45	1923,10

(*) Destacados em laranja ocorre inundação

Tabela 46 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção para TR 1.000 anos

Seções de Interesse		Distância da Barragem PCH Toca do Tigre (km)	1.000 anos								
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	
											Normal
			Dia	Hora							
Barragem Toca do Tigre - Tempo após Rompimento											
167	Propriedades	1,45	279,48	282,57	3,09	00:00	00:15	0	09:00	3,63	3072,31
161	Propriedades	2,26	277,68	279,90	2,22	00:00	00:20	0	10:00	4,82	2875,53
149	Propriedades	3,91	274,35	276,60	2,25	00:00	00:30	0	11:00	3,56	2700,90
146	Propriedades	4,31	273,75	276,19	2,44	00:05	00:30	0	10:55	2,34	2674,00
131	Propriedades	6,61	269,94	272,45	2,51	00:10	00:40	0	10:50	2,47	2519,72
130	Casa de Força PCH Toca do Tigre e Propriedades	6,81	269,61	272,03	2,42	00:10	00:40	0	10:50	3,03	2517,07
124	Propriedades	7,66	266,59	268,51	1,92	00:10	00:50	0	12:50	3,07	2476,45
113	Propriedades e Ponte 1	9,31	264,27	266,12	1,85	00:15	00:55	0	13:45	2,09	2442,24
108	Propriedades e Limite ZAS	10,21	262,25	264,35	2,10	00:15	01:00	0	13:45	3,04	2415,05
105	Propriedades	10,66	261,35	263,38	2,03	00:20	01:00	0	12:40	3,31	2410,38
103	Propriedades	10,96	261,06	263,30	2,24	00:20	01:00	0	12:40	2,35	2408,95
98	Propriedades	11,67	258,95	260,85	1,90	00:20	01:10	0	12:40	1,30	2365,16
86	Propriedades	13,51	255,51	257,45	1,94	00:20	01:25	0	12:40	3,45	2310,16
83	Propriedades	13,96	255,01	257,12	2,11	00:25	01:25	0	08:35	1,58	2302,99
61	Propriedades	17,11	247,57	249,65	2,08	00:35	01:40	0	08:25	2,63	2242,93
59	Propriedades	17,39	247,29	249,58	2,29	00:35	01:45	0	08:25	1,21	2238,02
56	Propriedades	17,71	246,73	249,11	2,38	00:35	01:45	0	08:25	2,53	2237,37
52	Propriedades	18,31	245,50	247,50	2,00	00:35	01:45	0	08:25	2,36	2231,13
43	Propriedades e Ponte 2	19,66	242,48	244,56	2,08	00:40	01:55	0	08:20	3,11	2211,07
41	Propriedades	19,89	242,41	244,54	2,13	00:40	01:55	0	08:20	1,18	2210,64
14	Propriedades	23,71	234,33	236,78	2,45	00:45	02:15	0	09:15	1,08	2150,70
1	Limite ZSS	25,51	229,09	232,62	3,53	00:50	02:20	0	10:10	4,60	2146,00

(*) Destacados em laranja ocorre inundação

- A zona de auto salvamento fica definida como 10 km da Barragem PCH Toca do Tigre, ou seja, até SL-108 cerca de 10,21km a jusante do barramento PCH Toca do Tigre.
- A Zona de Secundária de Segurança fica definida como o fim do modelo, SL-01 cerca de 25,51 km da barragem PCH Toca do Tigre.

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, **CJ HYDRO-GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.**, centralizar a veiculação de informações.

6.1 Identificação do Empreendedor

Nome do Empreendedor: CJ HYDRO – Geração de Energia S.A.

PCH: Toca do Tigre

MATRIZ

CNPJ: 11.288.954/0001-68

Av. Avenida Carlos Gomes Nº1492, Conj 1808 – Bairro Auxiliadora - Porto Alegre – RS - CEP. 90470-282

Fone: (51) 2126-8210

Diretor Presidente: Cristiano Johannpeter

[REDACTED]

[REDACTED]

Diretor Geral: Cristiano Morales da Silveira

[REDACTED]

[REDACTED]

Responsável Técnico da Barragem: Henrique Yabrudi Vieira – Prosenge Projetos e Engenharia

[REDACTED]

[REDACTED]

Coordenador do PAE e Gerente de O&M: Edson Osório

[REDACTED]

[REDACTED]

OPERAÇÃO REMOTA DA USINA – COS COTESA

COS COTESA – Centro de Operação do Sistema – Sala de Controle – 24h por dia.

Contato: Operação.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Gerência de Operação COTESA

Contato: Grégori Menegas Signor

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Coordenação de Operação COTESA

Contato: Arnaldo Lucas Vieira dos Santos

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

OPERAÇÃO LOCAL DA USINA – CJ HYDRO

As áreas diretamente ligadas à operação da Usina estão listadas a seguir.

PCH TOCA DO TIGRE			
NOME	FUNÇÃO	TELEFONE	E-MAIL
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

6.2 Agentes Externos

Os agentes externos envolvidos são dos municípios atingidos: Braga, Bom Progresso, Miraguai e Três Passos no estado do Rio Grande do Sul. A cidade mais próxima com recursos de Defesa Civil é de Frederico Westphalen/RS e Corpo de Bombeiros de Três Passos no estado do RS.

Os agentes externos estão no Anexo VIII – item 2.

6.3 Identificação e contatos do Empreendedor 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, **CJ HYDRO-GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.**, centralizar a veiculação de informações. O Quadro abaixo apresenta o resumo geral dos agentes envolvidos.

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

Quadro 8 – Lista de contatos do PAE

PAE DA BARRAGEM TOCA DO TIGRE		
EMPREENDEDOR	Nome:	Pequena Central Hidrelétrica Toca do Tigre
	Identificador ANEEL:	PCH.PH.RS.028969-8
	Empreendedor:	CJ HYDRO - GERAÇÃO DE ENERGIA S.A
	Diretor Presidente	[REDACTED]
		[REDACTED]
	Diretor Geral	[REDACTED]
		[REDACTED]
	Responsável Tec. Seg. Barragem:	[REDACTED]
		[REDACTED]
COORDENADOR PAE	Gerente de O&M	[REDACTED]
		[REDACTED]
ELABORAÇÃO DO PAE	Empresa:	[REDACTED]
	Contato:	[REDACTED]
ENCARREGADO ELABORAÇÃO PAE:	Nome:	[REDACTED]
	Contatos:	[REDACTED]
FISCALIZADORA	Nome:	[REDACTED]
	Contatos:	[REDACTED]
BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA	Montante	[REDACTED]
	Nome:	[REDACTED]
	Contatos:	[REDACTED]
	Jusante	[REDACTED]
AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL	Defesa Civil - 199	Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel Júlio César Rocha Lopes (51) 3210-4186 defesacivil-metropolitana@casamilitar.rs.gov.br
		Municipal - CREPDEC 7 - Frederico Westphalen/RS (55) 99955-4745 (55) 98538-5549
	Corpo De Bombeiros - 193	Estadual Rio Grande do Sul Nome do contato: Coronel César Eduardo Bonfanti (51) 98524-8172 cmtg@cbm.rs.gov.br
		Municipal - Frederico Westphalen/RS (55) 3744-4925
		Municipal - Três Passos/RS trespassos@cbm.rs.gov.br (51) 98577-3157 (55) 99658-8680 (55) 99666-5924
		Braga/RS (55) 3559-1133/1180 (55) 99994-8230
	Prefeituras municipais:	Bom Progresso/RS (55) 3528-6080 (55) 99674-7640 (55) 99988-8898
		Miraguaí/RS (55) 3554-2300
		Três Passos/RS (55) 3522-1200 (55) 99925-1848
		190 (55) 99638-0726 - Sgto. Elecir
OUTRAS AGÊNCIAS	BRIGADA MILITAR	POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - 191
	INMET	Nome do contato: Instituto nacional de meteorologia Fone: (61) 2102-4700
	FEPAM	Fone: (51) 3288-9444

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 Toca do Tigre. 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 38 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 100 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 Toca do Tigre 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. Deve ser realizado a cada 7 anos conforme a classificação da barragem (Classe B).

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 (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 38 e Item 9.

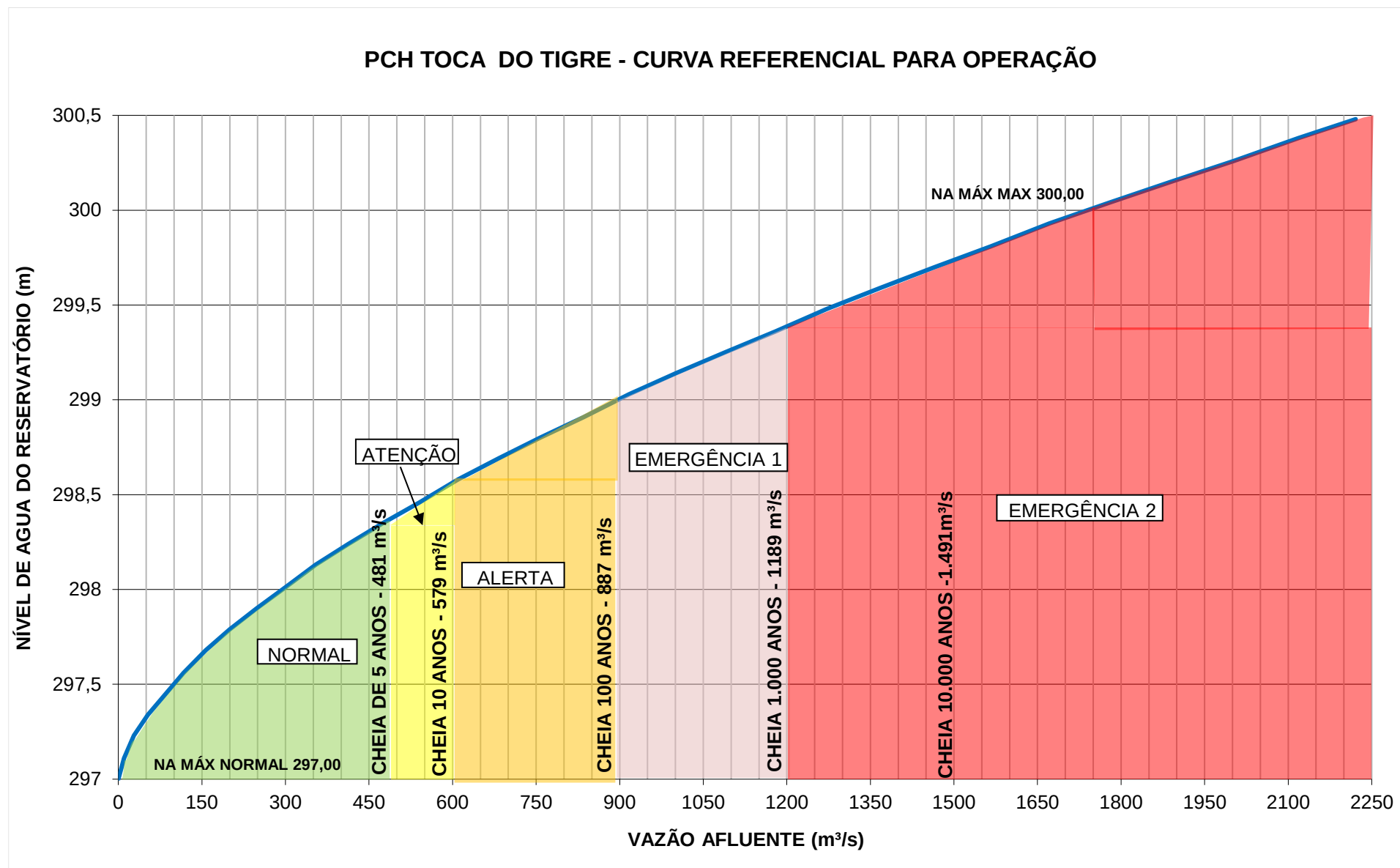


Figura 38 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

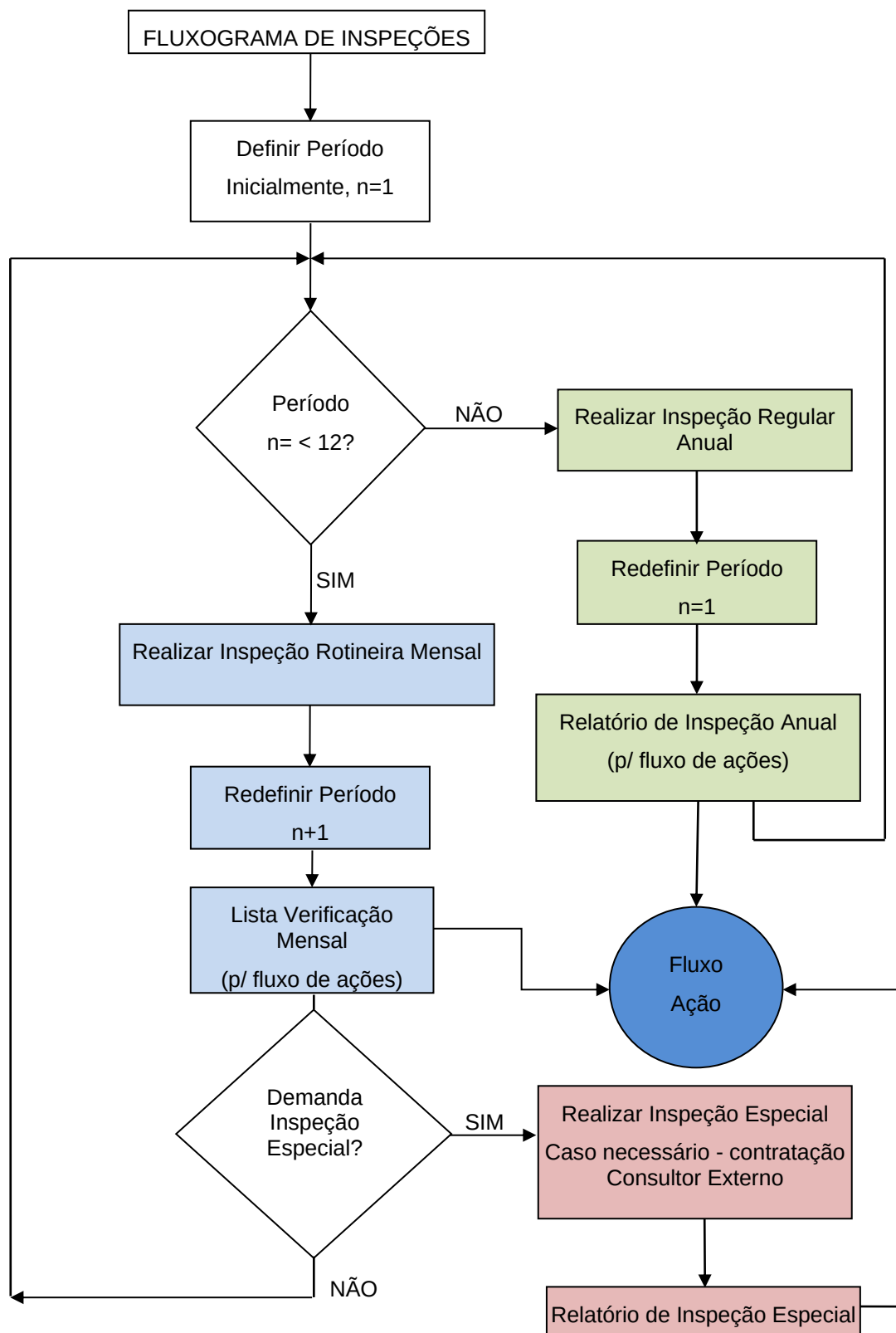
Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (VERDE) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) Vertimentos até 481 m³/s (NA 297,00 a 298,40 m - TR 5 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações, deplecionamento controlado e análise das previsões de chuva para controle do nível do reservatório.
Nível Atenção (AMARELO) a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS	a) cheia de 481 até 579 m³/s (TR até 10 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com possibilidade de alagamento em localidades do município.
Nível Alerta (LARANJA) a) Localidades com possibilidade de alagamento na ZAS b) Início Infiltração na Barragem com qualquer condição hidrológica	a) cheia de 579 até 887 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento em localidades do município; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou recuperar o sistema de operação do vertedouro;
Nível Emergência 1 (VERMELHO CLARO) a) Localidades com alagamento municípios de jusante, abrir comportas da tomada d'água de modo aumentar capacidade de descarga, NA Máx Max. 300,00 m b) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando no NA Máx Max com vertedouro sem condições de operação	a) cheia de 887 até 1189 m³/s (até TR 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento em localidades do município; b) Infiltração sem controle na barragem/vertedouro → retirar pessoas dos pontos localizados na ZAS e atingidos de jusante;
Nível Emergência 2 (VERMELHO ESCURO) b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Aviso aos agentes externos da condição de ruptura iminente ou ocorrida e retirada dos atingidos de jusante localizados na ZAS e atingidos de jusante.

a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

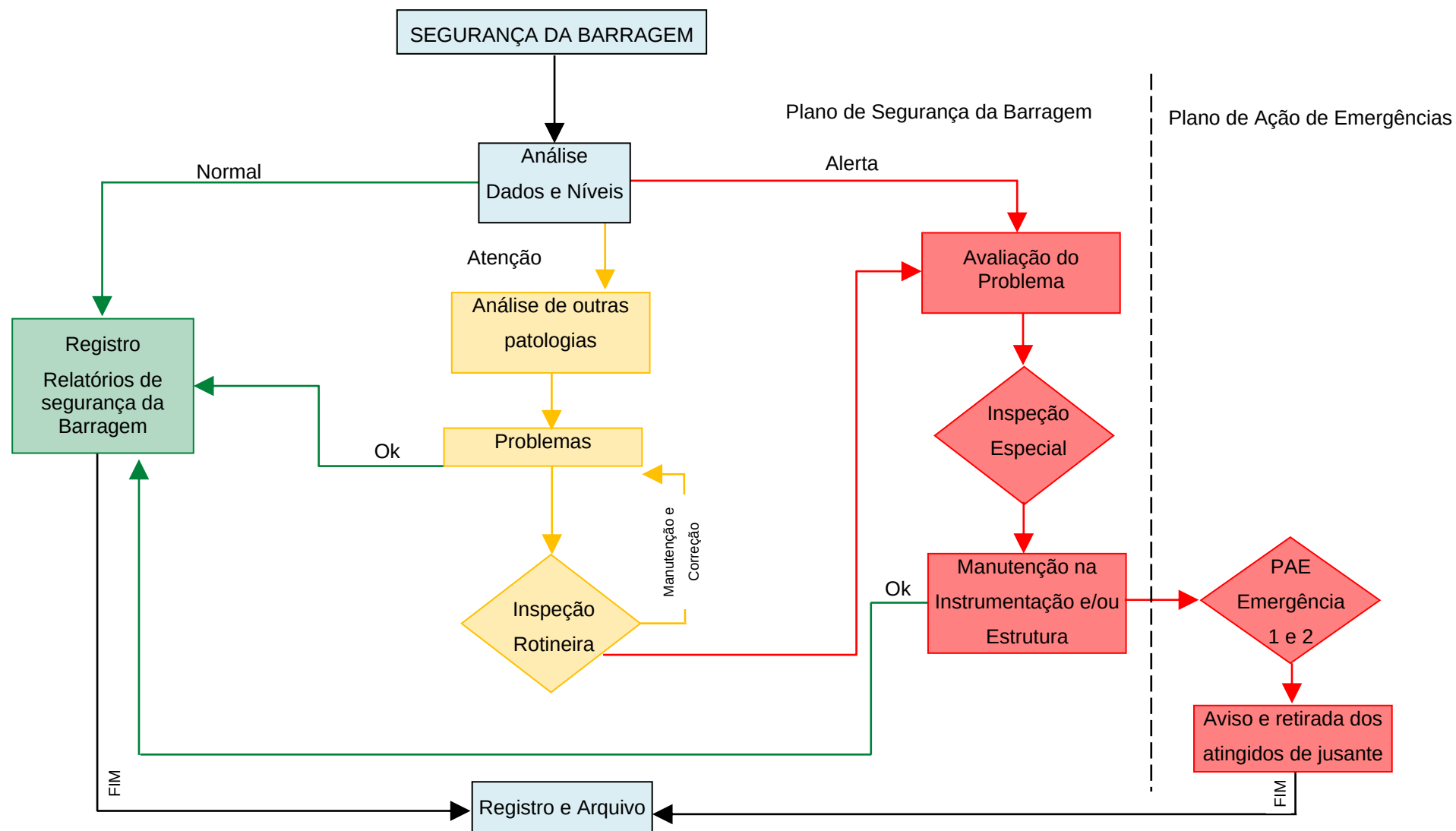
b) nível de alerta devido as condições da barragem ou sistema de operação do vertedouro.

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

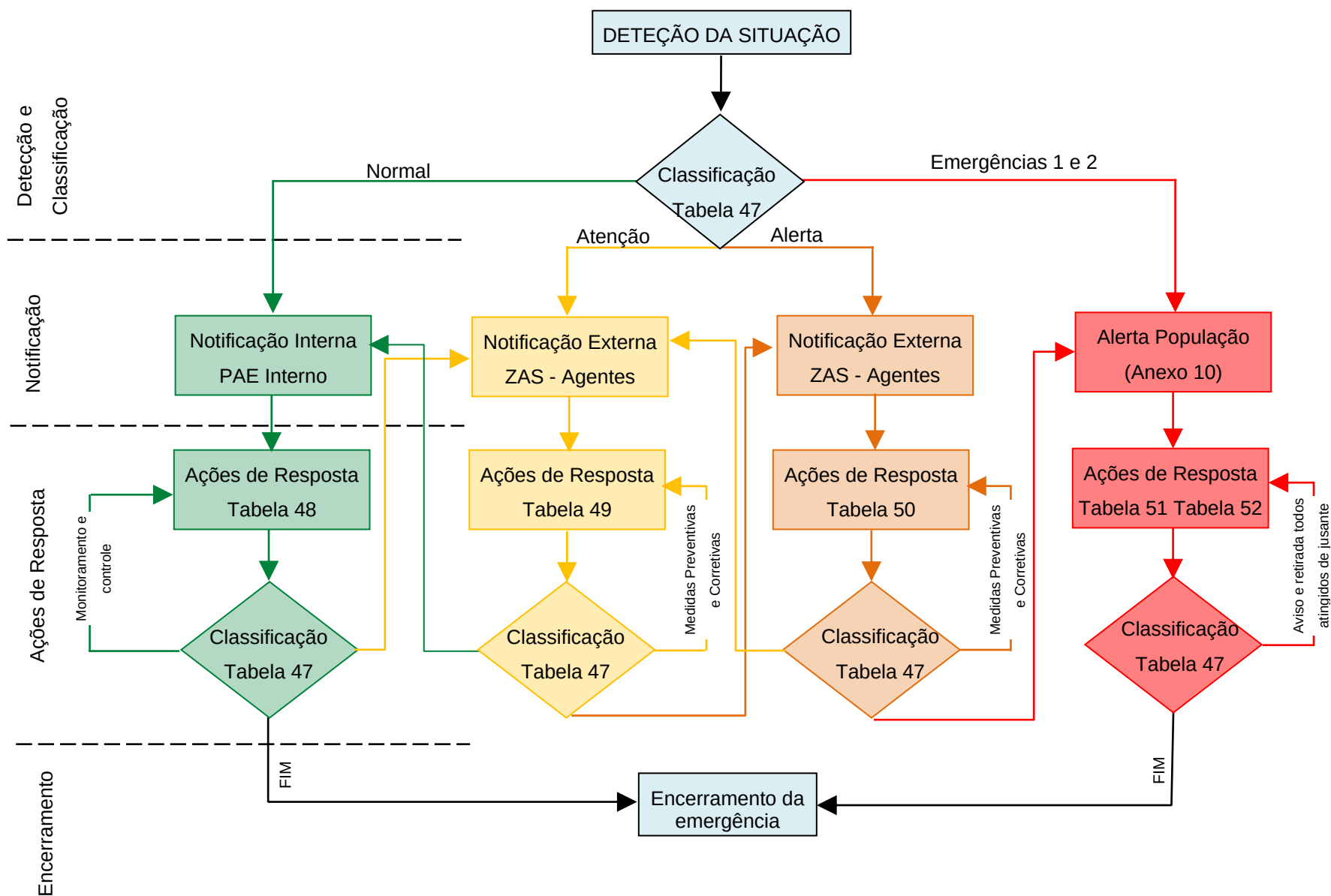
IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pela segurança da barragem. Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das comportas das máquinas 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

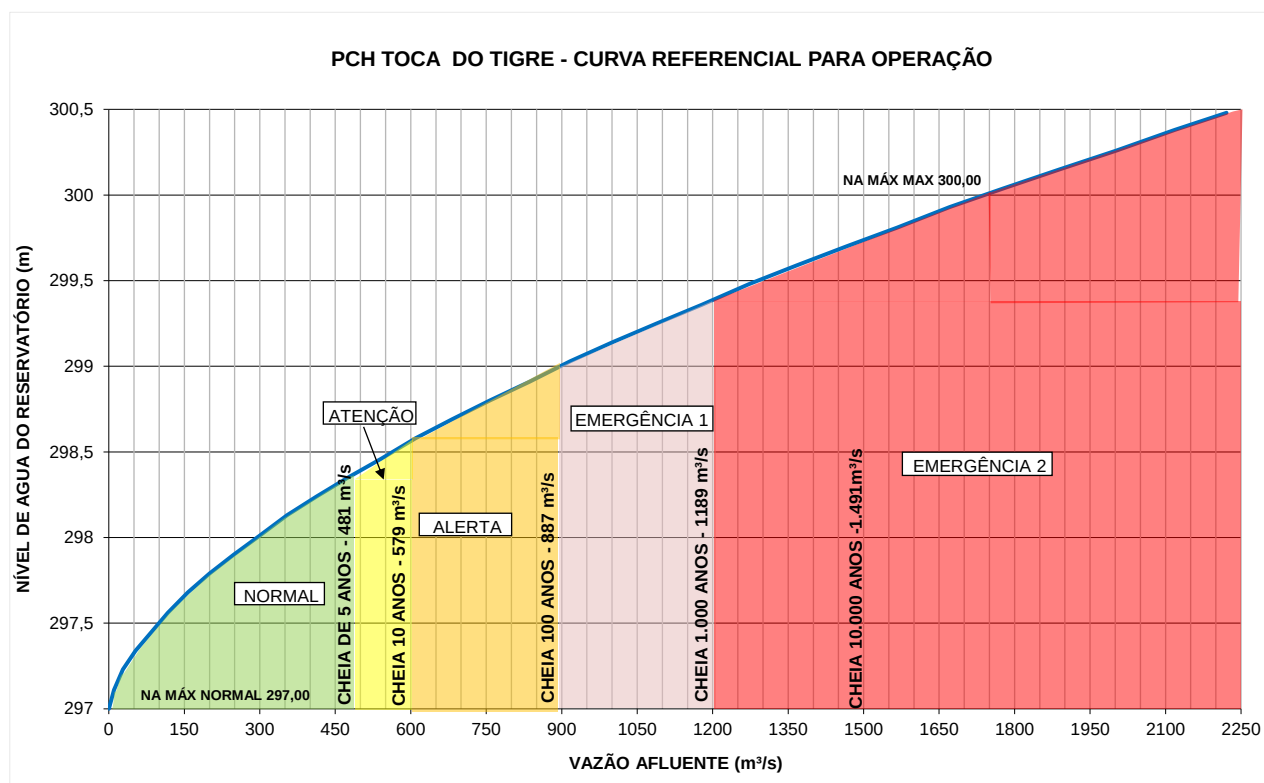


Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações

7.3 Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem

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

- Condição Hidrológica – será controlada no Barramento, deverá ser monitorado os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem. A Figura 38 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 as pessoas, as propriedades e a infraestrutura a jusante, não serão de responsabilidade dos encarregados desta operação se seguirem corretamente as regras operativas aprovadas.

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

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

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

8.1 Agente Interno – CJ HYDRO-GERAÇÃO DE ENERGIA S.A.

O proprietário da Usina é a CJ HYDRO-GERAÇÃO DE ENERGIA S.A., e controla a operação da Usina.

Será de responsabilidade da Operadora:

- Correção de qualquer deficiência constatada;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Usina e do reservatório;
- Inspeção e manutenção nas estruturas civis da Usina;
- Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos na barragem, 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 Estado RS, e dos municípios de Bom Progresso, Braga, Três Passos e Miraguai, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e Civil do Estado do RS. Nos municípios atingidos somente tem-se prefeituras e secretarias de saúde.

Defesa Civil

As atribuições de Defesa Civil são:

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

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

Brigada 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, foi protocolado novo Plano de Ação de Emergências de modo agentes externos tomarem conhecimento. Está apresentado protocolos no Anexo IX.

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

Foi realizado cadastro da ZAS pela empresa ETS, apresentado no Anexo XI – 1 Cadastro da ZAS.

8.3.3 3º Etapa – Articulação com agentes externos após cadastro ZAS

Realizada reunião online no dia 28/11/2024, com agentes externos: prefeitura e corpo de bombeiros, definindo:

- Meios de comunicação a ser adotado em casa de emergências → Sirenes;
- Definição *in loco* das rotas de fuga e pontos de encontro na ZAS;
- Instalação das placas de rotas de fuga e pontos de encontros na ZAS, de acordo com modelo Anexo VIII – subitem 5;
- Definição meios de divulgação a população potencialmente atingida em caso de rompimento da Barragem – Anexo XII.
- Plano de comunicação a ser utilizado em caso de emergências (Anexo XIII);

A articulação está apresentada no Anexo XII – 2 -1º Articulação.

8.3.4 4º Etapa – Simulado com ZAS e Operacionalização

Realizada de maneira física o simulado com ZAS no dia 09/12/2024 e com agentes externos: prefeitura, defesa civil e corpo de bombeiros o simulado apresentado resumo no Anexo XII – 3 Simulado. Logo, tornando-o o PAE implantado e operacionalizado.

9 PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS

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

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

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

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

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

Conforme a Figura 38 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura e a Tabela 47 – Níveis de Segurança e risco Ruptura, do item 7 as situações serão classificadas como:

9.1.1 Situação Normal (VERDE)

Tabela 48 – Ações de resposta (Normal)

VERTIMENTOS até 481 m³/s (NA entre 297 a 298,40) TR5 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 .	Operação

9.1.2 Situação Atenção (AMARELO)

Tabela 49 – Ações de resposta (Atenção)

VERTIMENTOS de 481 até 579 m³/s – TR até 10 ANOS		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Observar a pluviometria da região e os dados Geração se indicam aumentos de vazão afluente.	Operação
2	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
3	Aviso aos agentes externos da condição de enchente na ZAS, podendo ocorrer aumento de acordo com previsão pluviométrica.	Operação
4	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 .	Operação

9.1.3 Situação de Alerta (LARANJA)

Tabela 50 – Ações de resposta (Alerta)

VERTIMENTOS de 579 até 887 m³/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	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
3	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.	Operação
4	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 .	Operação
5	Após a condição de enchente (>100 anos) deverá ser realizada uma inspeção rotineira completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.	Resp. Seg. Barragem e equipe de segurança da Barragem

9.1.4 Situação de Emergência 1 (VERMELHO CLARO)

Tabela 51 – Ações de resposta (Emergência 1)

VERTIMENTOS de 887 até 1189 m³/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	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação	Operação
5	Cheia - Aviso aos agentes externos (defesa civil, corpo bombeiros e prefeituras) da condição de enchente com alagamento na ZAS para que mesmo possam retirar a população das áreas de alague, manter o controle nos sistemas de monitoramento e previsão de chuvas (Mapas de Inundação TR 1.000 anos.)	Operação
6	Abrir comportas das 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 .	Operação
8	Após a condição de enchente (TR entre 100 e 1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção especial no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.	Resp. Seg. Barragem/ equipe de segurança da Barragem e/ou consultor externo

9.1.5 Situação de Emergência 2 (VERMELHO ESCURO)

Tabela 52 – Ações de resposta (Emergência 2)

RUPTURA PRESTES A OCORRER, OCORRENDO OU ACABOU DE OCORRER COM QUALQUER CONDIÇÃO HIDROLÓGICA		
Prioridade	Ação	Responsabilidade
1	Acionar sistema de alerta da ZAS conforme Plano de Comunicação	Operação
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	Operação

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

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

10 PLANO DE EVACUAÇÃO

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

Os estudos indicaram que os níveis de água resultante do rompimento da Barragem da PCH Toca do Tigre são maiores que os níveis de enchente sem rompimento, isso devido ao médio volume do reservatório (6,63 hm³). Como orientação ao sistema de prevenção, os moradores de jusante da barragem devem ser avisados a partir de enchentes de TR 100 anos e qualquer indício de possibilidade de rompimento da barragem para evacuação da área Acessos.

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

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

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

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

10.1 Estradas Atingidas

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

- Estradas Vicinais: Foram atingidas estradas vicinais em ambas as margens do rio, paralelos ao mesmo em diversos pontos para todos os tempos de recorrência.

10.2 Propriedades Atingidas

As propriedades atingidas foram quantificadas de acordo com a Tabela 53 e com auxílio das imagens obtidas no levantamento topográfico de 2022. É importante ressaltar que algumas propriedades também são atingidas na condição de enchentes a partir TR 100 anos, sem considerar o rompimento da barragem da PCH Toca do Tigre.

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

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

Tabela 53 – Estimativa das propriedades atingidas – Rompimento TR 1.000 anos

BARRAGEM Toca do Tigre			
Infraestrutura e Edificações - DB 1.000			
Zona	Município	Margem Rio	Quantidade Propriedades Atingidas
Autossalvamento	Braga	Direita	11
	Bom Progresso	Esquerda	20
Total ZAS			31
Segurança Secundária	Braga	Direita	0
	Bom Progresso	Esquerda	23
	Miraguaí	Direita	26
	Três Passos	Esquerda	20
Total ZSS			69
Total ZAS e ZSS			100

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

Os mapas de inundação para Qturbina e o tempos de recorrência de 1.000 anos estão apresentados no Anexo V – Mapas de Inundação, divididos nos seguintes desenhos:

- TTG-C-MPI-001-00-22 – Mapa de Inundação – QTURB – Natural e Rompimento – Folhas 01 a 05;
- TTG-C-MPI-002-00-22 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos Galgamento – Natural e Rompimento – Folhas 01 a 05.

10.3 Zona de Autossalvamento – ZAS

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é determinada como aquela região a jusante da barragem em que não há tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente (ANA, 2016). Neste sentido, considera-se que a ZAS é delimitada utilizando-se uma distância de 10 km a jusante da barragem ou a distância que corresponde a um tempo de chegada

de onda de inundação igual a trinta minutos, sendo considerado sempre o ponto menor entre os dois critérios.

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

No estudo de rompimento da barragem da PCH Toca do Tigre o local do limite da ZAS se encontra a 10,21 km de distância da barragem, sendo nesse caso adotado o critério de distância para a pior condição de estudo que é o rompimento da capacidade extrema do Vertedouro com a cheia de 1.000 anos.

Dentro da ZAS existem (01) Casa de Força e (31) regiões (seções com casas e construções) no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia no caso de uma ruptura da barragem. O Tabela 54 apresenta a localização e principais características das seções dentro da ZAS.

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

BARRAGEM Toca do Tigre					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota DB (m) - TR 1.000 anos
167	Propriedades	27°32'25.62"S	53°47'40.34"O	1,45	282,57
161	Propriedades	27°32'16.59"S	53°47'11.90"O	2,26	279,90
149	Propriedades	27°31'54.21"S	53°47'32.17"O	3,91	276,60
146	Propriedades	27°31'54.46"S	53°47'47.87"O	4,31	276,19
131	Propriedades	27°31'59.81"S	53°48'49.42"O	6,61	272,45
130	Casa de Força PCH Toca do Tigre e Propriedades	27°32'5.70"S	53°48'51.27"O	6,81	272,03
124	Propriedades	27°31'46.47"S	53°49'6.56"O	7,66	268,51
113	Propriedades e Ponte 1	27°31'8.81"S	53°48'28.20"O	9,31	266,12
108	Propriedades e Limite ZAS	27°30'57.74"S	53°48'43.68"O	10,21	264,35

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

A população dessas áreas deve ser orientada a se locomover e a identificar as rotas de fuga em caso de situação 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:

- TTG-C-ZAS-001-00-22 – Zona de Autossalvamento – Rompimento – TR 1.000 Anos – Folha 01.

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

10.4 Risco Hidrodinâmico

O risco hidrodinâmico foi obtido diretamente do processamento da mancha de inundação provocada pelo rompimento da barragem para a ocorrência de uma TR 10.000 anos, sendo obtido pela relação Profundidade x Velocidade da onda de inundação de acordo com as cotas do terreno, e seguirá a legenda da Tabela 7 apresentado no Item 5.1.9 para elaboração do mapa de Risco Hidrodinâmico.

No Mapa do Risco hidrodinâmico do Anexo VII – Risco Hidrodinâmico, apresenta detalhes das consequências, onde foi possível avaliar pontos atingidos para a TR 1.000 anos com galgamento da Barragem.

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

Tabela 55 – Risco Hidrodinâmico para TR 1.000 anos

Seções de Interesse		Distância da Barragem PCH Toca do Tigre (km)	1.000 anos									
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Risco Hidrodinâmico (m²/s)	
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração Dia Hora				
Barragem Toca do Tigre - Tempo após Rompimento												
167	Propriedades	1,45	279,48	282,57	3,09	00:00	00:15	0	09:00	3,63	3072,31	1-3
161	Propriedades	2,26	277,68	279,90	2,22	00:00	00:20	0	10:00	4,82	2875,53	< 0,5
149	Propriedades	3,91	274,35	276,60	2,25	00:00	00:30	0	11:00	3,56	2700,90	>7
146	Propriedades	4,31	273,75	276,19	2,44	00:05	00:30	0	10:55	2,34	2674,00	>7
131	Propriedades	6,61	269,94	272,45	2,51	00:10	00:40	0	10:50	2,47	2519,72	3-7
130	Casa de Força PCH Toca do	6,81	269,61	272,03	2,42	00:10	00:40	0	10:50	3,03	2517,07	< 0,5
124	Propriedades	7,66	266,59	268,51	1,92	00:10	00:50	0	12:50	3,07	2476,45	1-3
113	Propriedades e Ponte 1	9,31	264,27	266,12	1,85	00:15	00:55	0	13:45	2,09	2442,24	>7
108	Propriedades e Limite ZAS	10,21	262,25	264,35	2,10	00:15	01:00	0	13:45	3,04	2415,05	1-3
105	Propriedades	10,66	261,35	263,38	2,03	00:20	01:00	0	12:40	3,31	2410,38	< 0,5
103	Propriedades	10,96	261,06	263,30	2,24	00:20	01:00	0	12:40	2,35	2408,95	1-3
98	Propriedades	11,67	258,95	260,85	1,90	00:20	01:10	0	12:40	1,30	2365,16	1-3
86	Propriedades	13,51	255,51	257,45	1,94	00:20	01:25	0	12:40	3,45	2310,16	< 0,5
83	Propriedades	13,96	255,01	257,12	2,11	00:25	01:25	0	08:35	1,58	2302,99	0,5 -1
61	Propriedades	17,11	247,57	249,65	2,08	00:35	01:40	0	08:25	2,63	2242,93	3-7
59	Propriedades	17,39	247,29	249,58	2,29	00:35	01:45	0	08:25	1,21	2238,02	1-3
56	Propriedades	17,71	246,73	249,11	2,38	00:35	01:45	0	08:25	2,53	2237,37	1-3
52	Propriedades	18,31	245,50	247,50	2,00	00:35	01:45	0	08:25	2,36	2231,13	3-7
43	Propriedades e Ponte 2	19,66	242,48	244,56	2,08	00:40	01:55	0	08:20	3,11	2211,07	1-3
41	Propriedades	19,89	242,41	244,54	2,13	00:40	01:55	0	08:20	1,18	2210,64	< 0,5
14	Propriedades	23,71	234,33	236,78	2,45	00:45	02:15	0	09:15	1,08	2150,70	0,5 -1
1	Limite ZSS	25,51	229,09	232,62	3,53	00:50	02:20	0	10:10	4,60	2146,00	

10.5 Resumo Plano de Evacuação

Este resumo será definido o plano de evacuação que será utilizado pelos agentes externos, como Defesa Civil de modo a ter único documento, as informações necessárias para determinar as prioridades de evacuação, os pontos de envio de transporte, as medidas de controle de tráfego e vias a serem bloqueadas, estratégias de resgate e medidas de segurança nas áreas de inundação. Abaixo será apresentado uma tabela resumo dos pontos atingidos, indicando zona de autossalvamento (ZAS) e zona de segurança secundária (ZSS). Nesta tabela estará apresentado pontos atingidos (estradas, rodovias, propriedades, etc) com informações necessárias como:

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

Tabela 56 – Resumo do Plano de Evacuação

Seções de Interesse			Distância da Barragem PCH Toca do Tigre (km)	1.000 anos									
				Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)	Risco Hidrodinâmico (m²/s)	
													Normal
				Dia	Hora								
Barragem Toca do Tigre - Tempo após Rompimento													
ZAS	167	Propriedades	1,45	279,48	282,57	3,09	00:00	00:15	0	09:00	3,63	3072,31	1-3
	161	Propriedades	2,26	277,68	279,90	2,22	00:00	00:20	0	10:00	4,82	2875,53	< 0,5
	149	Propriedades	3,91	274,35	276,60	2,25	00:00	00:30	0	11:00	3,56	2700,90	>7
	146	Propriedades	4,31	273,75	276,19	2,44	00:05	00:30	0	10:55	2,34	2674,00	>7
	131	Propriedades	6,61	269,94	272,45	2,51	00:10	00:40	0	10:50	2,47	2519,72	3-7
	130	Casa de Força PCH Toca do Tigre e Propriedades	6,81	269,61	272,03	2,42	00:10	00:40	0	10:50	3,03	2517,07	< 0,5
	124	Propriedades	7,66	266,59	268,51	1,92	00:10	00:50	0	12:50	3,07	2476,45	1-3
	113	Propriedades e Ponte 1	9,31	264,27	266,12	1,85	00:15	00:55	0	13:45	2,09	2442,24	>7
	108	Propriedades e Limite ZAS	10,21	262,25	264,35	2,10	00:15	01:00	0	13:45	3,04	2415,05	1-3
ZSS	105	Propriedades	10,66	261,35	263,38	2,03	00:20	01:00	0	12:40	3,31	2410,38	< 0,5
	103	Propriedades	10,96	261,06	263,30	2,24	00:20	01:00	0	12:40	2,35	2408,95	1-3
	98	Propriedades	11,67	258,95	260,85	1,90	00:20	01:10	0	12:40	1,30	2365,16	1-3
	86	Propriedades	13,51	255,51	257,45	1,94	00:20	01:25	0	12:40	3,45	2310,16	< 0,5
	83	Propriedades	13,96	255,01	257,12	2,11	00:25	01:25	0	08:35	1,58	2302,99	0,5 -1
	61	Propriedades	17,11	247,57	249,65	2,08	00:35	01:40	0	08:25	2,63	2242,93	3-7
	59	Propriedades	17,39	247,29	249,58	2,29	00:35	01:45	0	08:25	1,21	2238,02	1-3
	56	Propriedades	17,71	246,73	249,11	2,38	00:35	01:45	0	08:25	2,53	2237,37	1-3
	52	Propriedades	18,31	245,50	247,50	2,00	00:35	01:45	0	08:25	2,36	2231,13	3-7
	43	Propriedades e Ponte 2	19,66	242,48	244,56	2,08	00:40	01:55	0	08:20	3,11	2211,07	1-3
	41	Propriedades	19,89	242,41	244,54	2,13	00:40	01:55	0	08:20	1,18	2210,64	< 0,5
	14	Propriedades	23,71	234,33	236,78	2,45	00:45	02:15	0	09:15	1,08	2150,70	0,5 -1
	1	Limite ZSS	25,51	229,09	232,62	3,53	00:50	02:20	0	10:10	4,60	2146,00	

Tabela 57 – Legenda para Risco Hidrodinâmico

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

11 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

11.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, bem como com a Defesa Civil municipal de Frederico Westphalen -RS, Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, e as Prefeituras dos municípios de Bom Progresso, Braga, Três Passos e Miraguai (atingidos).

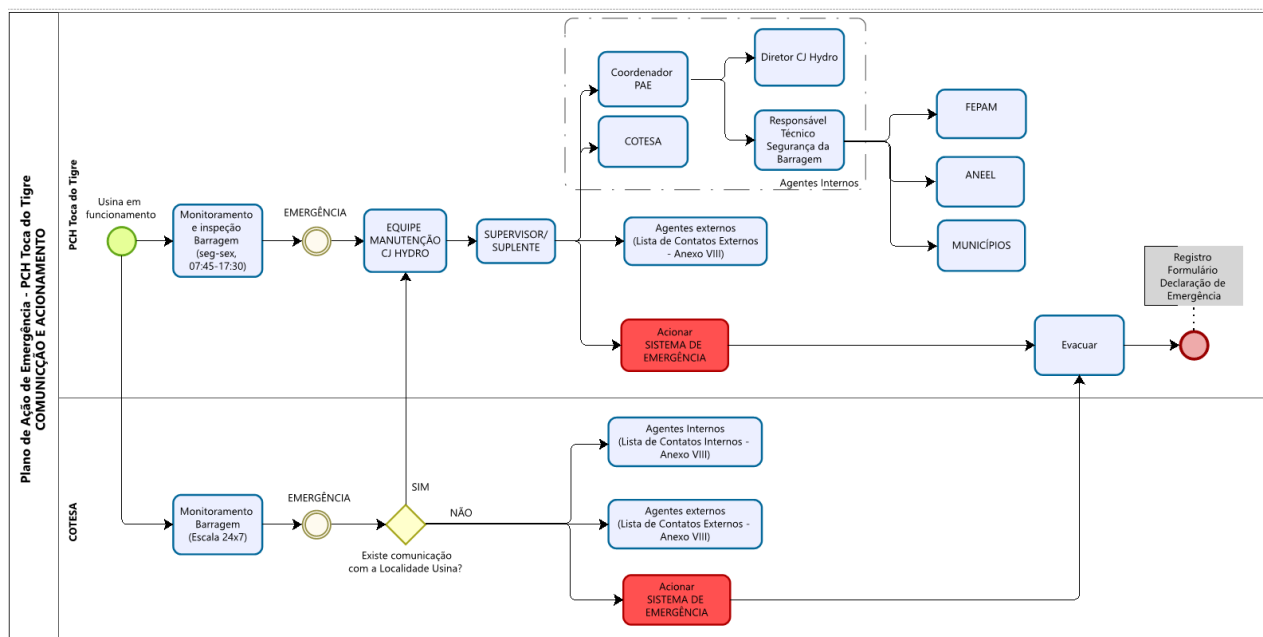
Foi elaborado o Plano de comunicação com comunidade de jusante em caso de emergência, principalmente na Zona de Autossalvamento em conjunto com órgãos externos. Este sistema definiu em conjunto com Prefeitura/Corpo de Bombeiros após implementação do PAE na ZAS e irá prever meios de comunicação tipo:

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

No Anexo XI está apresentado articulação e simulado realizado com ZAS. Já no Anexo XII está apresentado plano de divulgação já realizado com ZAS e Anexo XIII Plano de comunicação incluído todas as etapas do PAE, tornando-o operacionalizado e implantando.

11.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 4 que mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta os responsáveis pelo acionamento e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, e as Prefeituras dos municípios de Bom Progresso, Braga, Três Passos e Miraguai (atingidos).



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 887 m³/s**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os proprietários atingidos deverão ser avisados para evacuação da área de inundação em condições naturais;
- Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.

Como o risco de galgamento da barragem da PCH Toca do Tigre em condições normais de operação é baixo, quase nulo, a segurança da estrutura depende da qualidade do monitoramento e da agilidade na recuperação de eventuais danos estruturais.

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

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

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

As declarações estão apresentadas no Anexo X.

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

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

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

Tabela 58 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Entidade Fiscalizadora (ANEEL)	1
Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado - RS	1
Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – RS	1
Defesa Civil Municipal – Frederico Westphalen - RS	1
Corpo de Bombeiros – Três Passos - RS	1
Prefeituras envolvidas – Bom Progresso, Braga, Três Passos e Miraguaí - RS	1

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

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

14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi realizado operacionalização e implantação do PAE com todas as etapas concluídas incluindo simulado na ZAS.

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

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

Devido as características das estruturas e região do entorno a barragem da PCH Toca do Tigre foi classificada como **Classe B**, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Alto. Barragem Classe B necessita realizar a Revisão Periódica de Segurança (RPS) a cada 7 anos onde o produto a ser elaborado consta de um relatório onde estarão listadas as considerações sobre o exame de toda a documentação existente, a avaliação dos critérios de projeto, a análise da instrumentação, a identificação de anomalias e as condições de manutenção, e quais as Recomendações e 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 2022 foi a primeira revisão periódica de segurança com revisão estudos hidrológicos, hidráulicos, estruturais, geotécnicos e com isso revisão de todo Plano de Segurança da Barragem e Plano de Ação de Emergências.

Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR 100 anos ($Q \Rightarrow 887 \text{ m}^3/\text{s}$) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil, em particular a calha do vertedouro no trecho em rocha sã. Essa inspeção pode ser realizada pela equipe de segurança de barragem do empreendedor.

Recomenda-se após condição de cheia igual ou maior que TR 1.000 anos ($Q \Rightarrow 1189 \text{ m}^3/\text{s}$) seja realizada uma inspeção de Segurança Especial na estrutura do barramento e região do entorno. Essa inspeção deve ser realizada por equipe de consultores especialistas.

15 EQUIPE TÉCNICA

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

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

16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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

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

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

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Resolução Normativa Nº 1.064, de 02 de maio de 2023 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 alterada pela Lei 14.066/2020.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

17 ANEXOS

Anexo I – Dados (somente digital)

Anexo II – Área Resguardada e Acessos

Anexo III – Curva de Referência

Anexo IV – Seções Restituição

Anexo V – Mapas de Inundação

Anexo VI – Zona de Auto salvamento

Anexo VII – Risco Hidrodinâmico

Anexo VIII – Fluxograma de Acionamento

Anexo IX – Apresentação PAE e protocolos entrega

Anexo X – Formulários

Anexo XI – Articulação e Simulado

Anexo XII – Plano Divulgação

Anexo XIII – Plano Comunicação

Anexo XIV – ART

ANEXO I – DADOS (SOMENTE DIGITAL)

ANEXO II – ÁREA RESGUARDADA E ACESSOS

ANEXO III – CURVA DE REFERÊNCIA

ANEXO IV – SEÇÕES RESTITUIÇÃO

ANEXO V – MAPAS DE INUNDAÇÃO

ANEXO VI – ZONA DE AUTO SALVAMENTO

ANEXO VII – RISCO HIDRODINÂMICO

ANEXO VIII – FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO

ANEXO IX – APRESENTAÇÃO PAE E PROTOCOLOS ENTREGA

ANEXO X – FORMULÁRIOS

ANEXO XI – ARTICULAÇÃO E SIMULADO

ANEXO XII – PLANO DIVULGAÇÃO

ANEXO XIII – PLANO COMUNICAÇÃO

ANEXO XIV – ART