

Ver./Rev.	Description / Descrição	Date/Data	Exec./Exec.	Ver./Ver.	Appr./Apr.
04	Revisão na estrutura organizacional e Fluxo de informação	20/10/2020	AKO	JDS	JDS
03	Edição Do Fluxograma de Comunicação e	23/08/2019	JDS	JDS	JDS
02	Edição da Estrutura Organizacional	01/07/2019	JDS	JDS	JDS
01	Revisão estrutura organizacional	29/04/19	MCM	MCM	MCM
00	Revisado conforme comentários Statkraft 25/02/19	28/02/19	PBE/HYV	HYV	HYV
0A	Emissão Inicial	16/11/18	PBE/HYV	HYV	HYV



Statkraft Energias Renováveis S/A

Project / Projeto:

PCH VICTOR BAPTISTA ADAMI – SEGURANÇA DE BARRAGENS

Doc. Type / Tipo de Doc.:

Relatório Técnico

Format / Formato:

A4

Dimension / Dimensão

-

TAG/Código:

PMA-BA-3C-PAE-0001

Ver./Rev.

04

Page / Folha

01

Title/Título:

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

Pp./Fls.

121



Statkraft

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH VICTOR BAPTISTA ADAMI



PROSENGE
projetos e engenharia

Patricia Becker

Diretor Presidente:

Fernando De Lapuerta Montoya

Statkraft Energias Renováveis S/A

Responsável Segurança Barragem:

Vito Mandilovich

Statkraft Energias Renováveis S/A

Responsável elaboração PAE:

Patrícia Becker

Eng. Civil - CREA SC 044.186-9

PMA-BA-3C-PAE-0001-03 – VOLUME I

FEVEREIRO/2019

1	INTRODUÇÃO	6
2	HISTÓRICO	6
2.1	Objetivo	6
2.2	Organização do Relatório	7
3	INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM.....	9
3.1	Localização e Acesso	9
3.2	Estruturas da Usina	11
3.2.1	Barragem.....	11
3.2.2	Vertedouro.....	11
3.2.3	Desvio do rio.....	12
3.2.4	Circuito Hidráulico de Adução e Geração	12
3.3	Níveis Operacionais e Ficha Técnica.....	13
4	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	23
4.1	Avaliação do Risco	23
4.1.1	Risco Hidrológico.....	23
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural.....	24
4.2	Identificação das Emergências Potenciais	29
4.2.1	Classificação das Situações	30
5	ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM	31
5.1	Metodologia	31
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	31
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem.....	31
5.1.3	Causas de Rompimento.....	32
5.1.4	Formação da Brecha	34
5.1.5	Trecho do Cálculo.....	37
5.1.6	Modelagem Matemática.....	38
5.1.7	Identificação das áreas atingidas	39
5.1.8	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo.....	39
5.1.9	Comparativo de altura x velocidade	39

5.2	Dados de entrada utilizados.....	42
5.2.1	Trecho da análise	42
5.2.2	Geografia da região e geometria do rio.....	42
5.2.3	Geometria das barragens	43
5.2.4	Definição do Hidrograma de Cheias.....	44
5.2.5	Calibração do modelo matemático.....	57
5.3	Causa considerada para o rompimento	60
5.3.1	Dados utilizados para formação da brecha	60
5.4	Simulações Realizadas.....	60
5.4.1	Resultados Básicos Simulação 1	61
5.4.2	Resultados Básicos Simulação 2.....	61
5.5	Altura Máxima da Onda	62
5.6	Limite Físico a Jusante da PCH Victor Baptista Adami	71
5.7	Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse	71
5.7.1	SL-132 – Montante do Parque das Araucárias.....	72
5.7.2	SL-117 – Casa de Força.....	73
5.7.3	SL-34 – Casa de Força – CGH Taborda	75
5.7.4	SL-33 – Final do Parque das Araucárias.....	76
5.7.5	SL-9 – Barragem PCH Rondinha	78
5.7.6	SL-1 –Ponte.....	79
5.7.7	Resumo Geral das Seções de Interesse.....	80
6	AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS	82
6.1	Agentes Internos.....	82
6.2	Agentes Externos.....	83
6.2.1	Outros Órgãos	85
7	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....	87
7.1	Condição Hidrológica.....	87
7.2	Condição Estrutural	87
7.2.1	Monitoramento das Estruturas	87
7.2.2	Revisão Periódica de Segurança.....	89

7.2.3	Tramitação das Informações.....	89
8	RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS.....	94
8.1	Agente Interno – PASSOS MAIA ENERGÉTICA S.A.....	94
8.2	Agentes Externos.....	95
8.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos	97
9	PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....	98
9.1	Situação normal (Azul).....	98
9.2	Situação atenção (Verde)	99
9.3	Situação de alerta (Amarelo)	99
9.4	Situação de emergência 2 (Vermelha).....	99
10	MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS	101
10.1	Acessos	101
10.2	Propriedades Atingidas	101
10.3	Zona de Auto Salvamento – ZAS.....	103
11	FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO	104
11.1	Meios de Comunicação.....	104
11.2	Acionamento em Caso de Emergências	104
11.3	Plano de Segurança e Contingências	107
12	FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO.....	108
13	RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO	111
14	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	112
15	EQUIPE TÉCNICA	113
16	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
17	ANEXOS	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e acesso da Usina.....	9
Figura 2 – Mapa de localização– PCH Victor Baptista Adami	10
Figura 3 – Aproveitamentos hidrelétricos existentes e inventariados no rio Chapecó – perfil.....	11
Figura 4 – Curva de Descarga – Vertedouro	12
Figura 5 – Foto das estruturas civis da Montante – PCH Victor Baptista Adami.....	16
Figura 6 – Vista Geral Jusante – PCH Victor Baptista Adami.....	17
Figura 7 – Arranjo Geral.....	18
Figura 8 – Barragem – Planta Geral.....	19
Figura 9 – Barragem – Seções Concreto	20
Figura 9 – Barragem – Seções Enrocamento	21
Figura 10 – Casa de Força – Seção.....	22
Figura 25 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção B-B – Barragem da Ombreira Direita – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem operando normalmente	26
Figura 26 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção B-B – Barragem da Ombreira Direita – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem inoperante.....	27
Figura 27 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção B-B – Barragem da Ombreira Direita – Reservatório no nível máximo maximorum e sistema de drenagem inoperante	27
Figura 28 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção D-D – Barragem da Ombreira Esquerda – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem operando normalmente	27
Figura 29 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção D-D – Barragem da Ombreira Esquerda – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem inoperante.....	28
Figura 30 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção D-D – Barragem da Ombreira Esquerda – Reservatório no nível máximo maximorum e sistema de drenagem inoperante	28
Figura 11 – Vista Geral do Barramento.....	29
Figura 12 – Formação de brecha por galgamento	32
Figura 13 – Formação da brecha por infiltração	33
Figura 14 – Brechas resultantes de falhas nas fundações	34
Figura 15 – Tamanhos e tempo para formação da brecha	35
Figura 16 – Tempo de formação da brecha	36
Figura 17 – Nível de perigo relacionado a residências	40
Figura 18 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.....	41
Figura 19 – Nível de perigo relacionado a adultos.....	41
Figura 20 – Nível de perigo relacionado a crianças	41
Figura 21 - Seções lançadas no Hec-Ras.....	58
Figura 22 - Perfil do Rio Chapecó com Barramento	59
Figura 23 – Dados do Barramento enrocamento Victor Baptista Adami – Hec-Ras	60
Figura 24 - Legenda dos Cotagramas.....	72
Figura 25 – Localização – Início do Parque das araucárias - SL-132.....	72
Figura 26 - Cotograma - SL-132 – Início do Parque das araucárias.....	73
Figura 27 Localização Casa de Força Victor Baptista Adami - SL-117	74
Figura 28 – Casa de Força da PCH Victor Baptista Adami.....	74
Figura 29 - Cotograma – SL-117 – Casa de Força.....	75
Figura 30 – Localização Casa de Força Taborda - SL-34	75
Figura 31 - Cotograma - SL-34 – Casa de Força Taborda	76
Figura 32 – Localização Final do Parque das araucárias - SL-33	77
Figura 33 - Cotograma - SL-33 – Final do Parque das araucárias	77
Figura 34 – Localização Barragem PCH Rondinha - SL-9.....	78
Figura 35 - Cotograma - SL-9 – Barragem PCH Rondinha.....	79
Figura 36 – Localização propriedades - SL-1	79
Figura 37 - Cotograma - SL-1 –Ponte	80
Figura 38 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Chapeco em operação, próximos a PCH Victor Baptista Adami	10
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)	23
Tabela 3 – Resultado Análise de Estabilidade - Vertedouro - Projeto Executivo Engevix (1165/BP-3F-MC-1001-01)	24
Tabela 30 – Parâmetros de resistência e permeabilidade	25
Tabela 5 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados)	43
Tabela 6 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados)	44
Tabela 7 – Vazões Máximas Anuais obtidas da equipe de Operação	45
Tabela 8 – Vazões Máximas Mensais	45
Tabela 9 – Meses de Ocorrência das Máximas Cheias Anuais	47
Tabela 10 – Vazões Máximas Anuais e Mês de Ocorrência	47
Tabela 11 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR)	48
Tabela 12 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR	48
Tabela 13 – 18 maiores cheias no local da PCH Victor Baptista Adami	49
Tabela 14 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma	50
Tabela 15 – Distribuição adimensional de vazões	50
Tabela 16 – Hidrograma de Cheias PCH Victor Baptista Adami	52
Tabela 7 – Hidrogramas para PCH Victor Baptista Adami	61
Tabela 8 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Victor Baptista Adami sem rompimento da Barragem	61
Tabela 9 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Victor Baptista Adami com rompimento da Barragem	61
Tabela 10 - Níveis obtidos na Casa de Força e Ponte– Natural e com rompimento Barragem Victor Baptista Adami	62
Tabela 11 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Victor Baptista Adami	63
Tabela 12 - Localização das Seções de Interesse	71
Tabela 13 - Detalhe das simulações - SL-132 – Início do Parque das araucárias	73
Tabela 14 - Detalhe das simulações - SL-117 – Casa de Força	74
Tabela 15 - Detalhe das simulações - SL-34 – Casa de Força Taborda	76
Tabela 16 - Detalhe das simulações - SL-33 – Final do Parque das araucárias	77
Tabela 17 - Detalhe das simulações - SL-9 – Barragem PCH Rondinha	78
Tabela 18 - Detalhe das simulações - SL-1 – Ponte	80
Tabela 19 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção	81
Tabela 20 - Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres	83
Tabela 21 - Órgãos do Estado do Santa Catarina que possuem atribuições em casos de desastres	84
Tabela 22 - Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres	85
Tabela 23 – Níveis de Segurança e risco Ruptura	90
Tabela 24 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Victor Baptista Adami	102
Tabela 25 – Entidades que recebem Cópia PAE	111

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Victor Baptista Adami, no rio Chapecó, pertencente à **STATKRAFT**, localizada no estado de Santa Catarina.

Visa atender a Política Nacional de Segurança de Barragens – Lei Federal nº 12.334/2010, a Resolução Normativa – ANEEL - Nº 696/2015 e os procedimentos internos da Statkraft (Statkraft Dam Safety Principals (doc 17-1185 / 17-1186).

O presente Plano de Ação de Emergências (PAE) atende à Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 e a Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015, onde a barragem da PCH Victor Baptista Adami 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 inicialmente foi realizada uma Inspeção Civil Regular, no dia 23/08/2018, 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 PMA-BA-3C-ISR-0001 – PCH Victor Baptista Adami.

2 HISTÓRICO

Em novembro de 2013 a empresa Estelar Engenheiros Associados, através do documento MANUAL: **5062-PMA-6C-MPBA-002-00-13**, elaborou o Plano de Ação de Emergências, o qual será revisado e substituído pelo documento em questão.

2.1 Objetivo

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

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

O Plano de Ação de Emergência (PAE) contempla procedimentos tanto em situações de normalidade como de anormalidade, que deverão ser revistos continuamente, de modo a possibilitar uma ação rápida e segura quando da eminência de um desastre ou da efetivação do mesmo. 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 a hipotética ruptura da barragem, com a indicação dos níveis e mapas das ondas de cheia normal e com a ruptura da barragem.

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

2.2 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

Volume I - Texto

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

- Anexo I – Dados (somente digital)
- Anexo II – Modelo (somente digital)
- Anexo III – Apresentação PAE
- Anexo IV – Manual de Segurança e Contingência
- Anexo V – Formulários
- Anexo VI - ARTs

Volume II - Desenhos

Todos desenhos de acordo com Anexos:

- Anexo I – Área Resguardada e Acessos
- Anexo II – Seções Restituição
- Anexo III – Mapas de Inundação
- Anexo IV – Fluxograma de Acionamento

3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

3.1 Localização e Acesso

A PCH Victor Baptista Adami está localizada no município de Passos Maia– SC, no rio Chapecó com potência instalada de 25 MW.

As coordenadas do barramento são: 26° 42' 12" S e 51° 55' 07" W.

O acesso ao sítio da PCH Victor Baptista Adami é feito a partir da cidade de Passos Maia sentido nordeste por 21,2 km através estrada vicinal, seguindo após este percurso em direção norte, acesso a cidade de Palmas/PR. Nesta direção após 3,5 km encontra-se a ponte sobre o rio Chapecó, continua por mais 2 km e toma-se sentido oeste, entrando na Fazenda Santa Fé/Adami, após mais 4,3 km chega-se a barragem da PCH Victor Baptista Adami. Os desenhos de localização e acesso estão apresentados no Anexo I do Plano de Segurança da Barragem - PMA-BA-3C-PSB-0001- PSB PCH Passos Maia.

O local do aproveitamento no rio Chapecó está no km 300 em relação a sua foz, seguindo-se (23,7 km) para montante encontra-se a Barragem PCH Salto Santo Antônio (da ADAMI S.A. Madeiras) e 28,4 km a jusante encontra-se a Barragem PCH Rondinha (da Rondinha Energética S.A.).

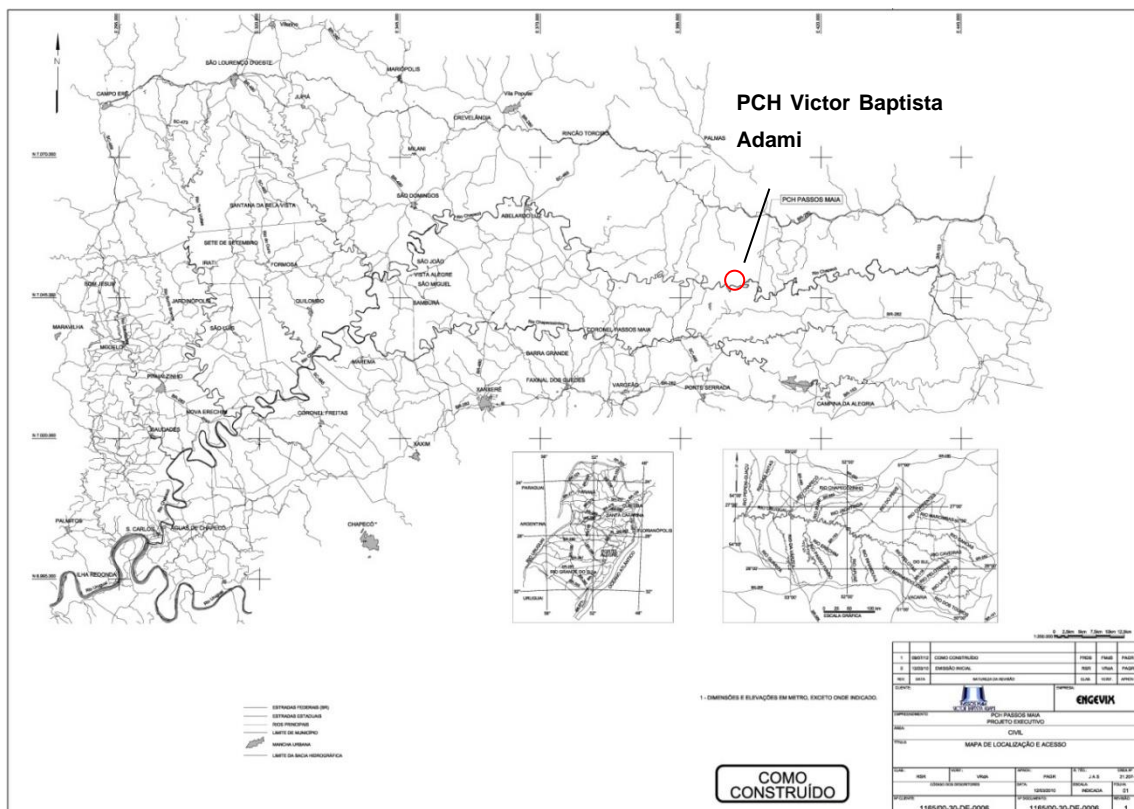


Figura 1 – Localização e acesso da Usina

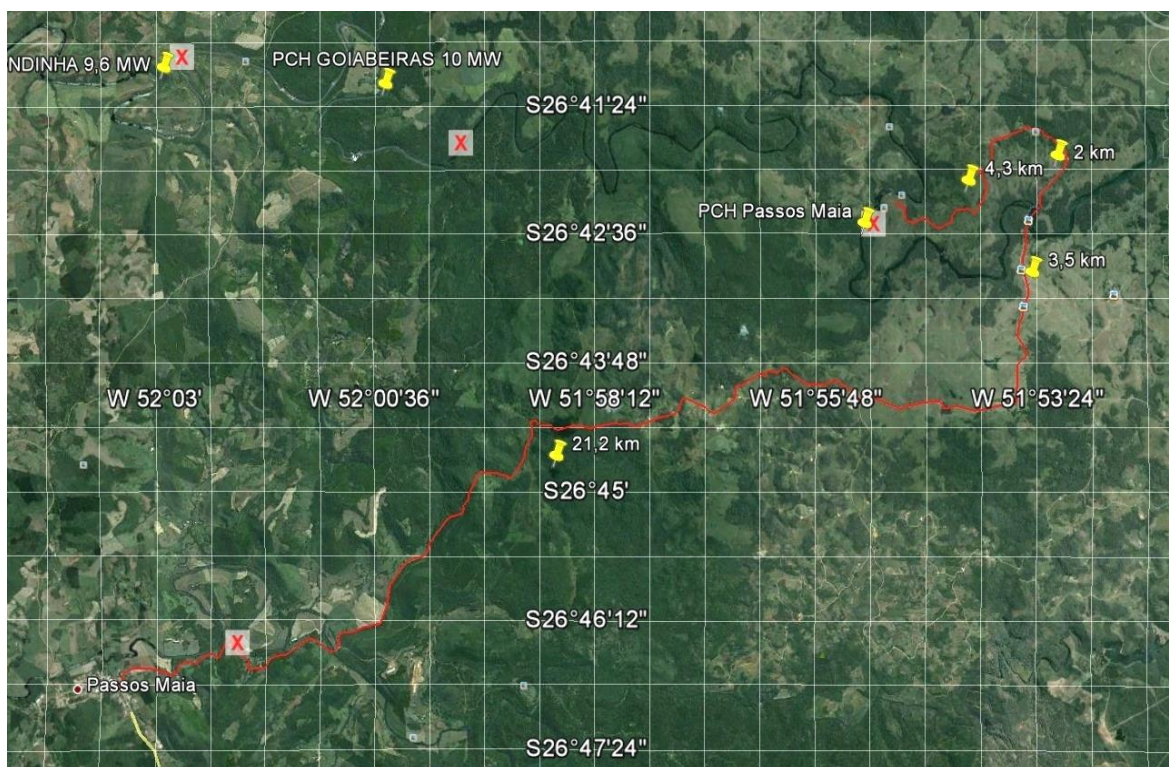


Figura 2 – Mapa de localização– PCH Victor Baptista Adami

A Tabela 1 abaixo apresenta a localização relativa da PCH Victor Baptista Adami na divisão de quedas do rio Chapeco, representada através da Figura 3, que apresenta o perfil da partição de queda, respectivamente.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Chapeco em operação, próximos a PCH Victor Baptista Adami

Posição em relação à PCH Santa Laura	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário
Montante	PCH Coronel Araújo	5,80	Coronel Araújo Energética S.A.
	PCH Salto Santo Antônio	9,00	Chapecozinho Energética S.A.
PCH Victor Baptista Adami		25,00	Passos Maia Energética S.A.
Jusante	PCH Rondinha	9,60	Rondinha Energética S.A.

Fonte (Aneel, 2018)

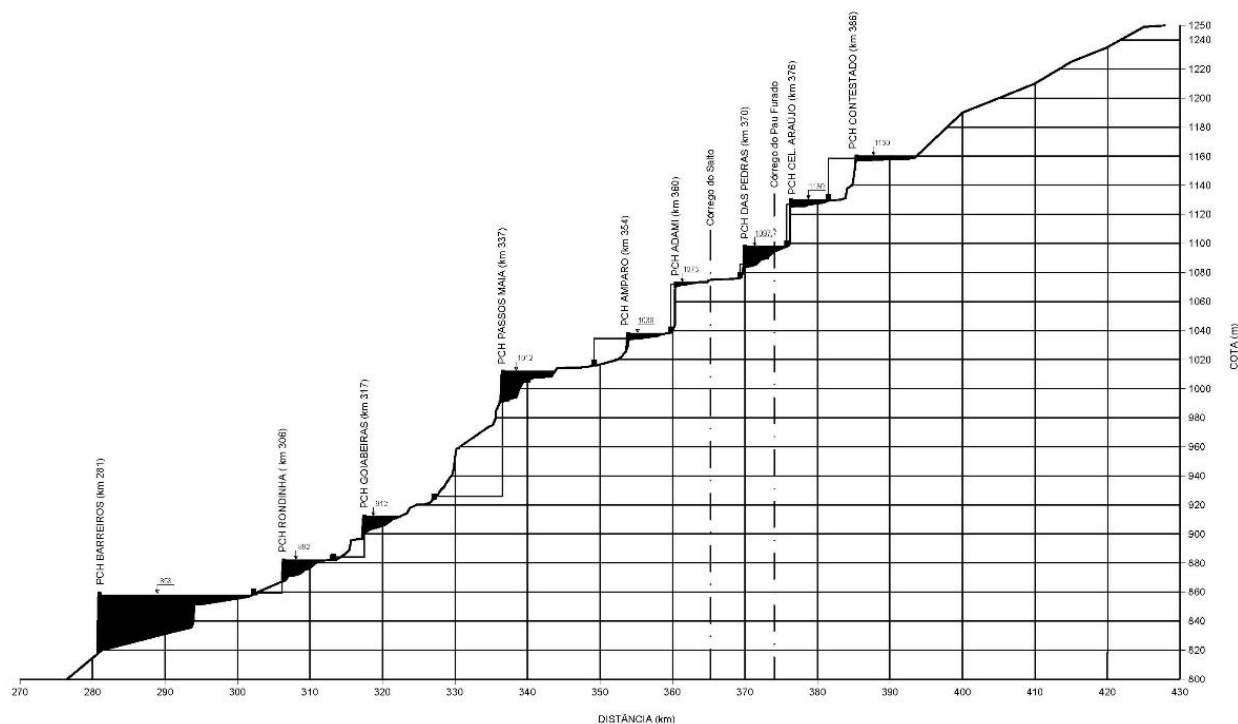


Figura 3 – Aproveitamentos hidrelétricos existentes e inventariados no rio Chapecó – perfil

Fonte: RTK, 2400-IH-CH-A3-018

3.2 Estruturas da Usina

A Usina entrou em operação em 2012 e possui todo os documentos de projeto como construído. O arranjo geral da Usina é composto das estruturas detalhadas abaixo.

3.2.1 Barragem

A PCH Victor Baptista Adami tem a barragem em ambas às margens tipo enrocamento com núcleo de argila e apresenta a maior altura de 33,90 m.

Estas barragens possuem sua cota de proteção na El. 1016,70 m, com taludes de montante vertical e de jusante em 1 V: 1,60 H no trecho de enrocamento. Já a barragem e concreto tem cota de proteção 1016,50 m com paramento vertical na montante e 1 V:0,80 H na jusante.

Nas barragens foram instalados instrumentos como piezômetros Casagrande e marcos superficiais.

3.2.2 Vertedouro

O vertedouro situa-se no leito do rio, a superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta-se com perfil tipo USBR (perfil *creager*) com 132 m de comprimento, com talude de montante inclinação no trecho inferior de 1 V: 0,30 H e no trecho superior de 1 V: 1 H. O talude de jusante possui escadas com inclinação 1 V: 0,80 H e calha em degraus. A capacidade de vazão do vertedouro é de 1.322 m³/s, correspondente à cheia milenar (NA máx max = 1.014,72 m) conforme a atualização da hidrologia na Revisão Periódica de Segurança (RPS), documento PMA-BA-3C-RPS-0001. A soleira da ogiva encontra-

se na EL. 1.012,00 m com o núcleo em CCR e em concreto convencional nas suas faces externas e junto à sua fundação em rocha sã.

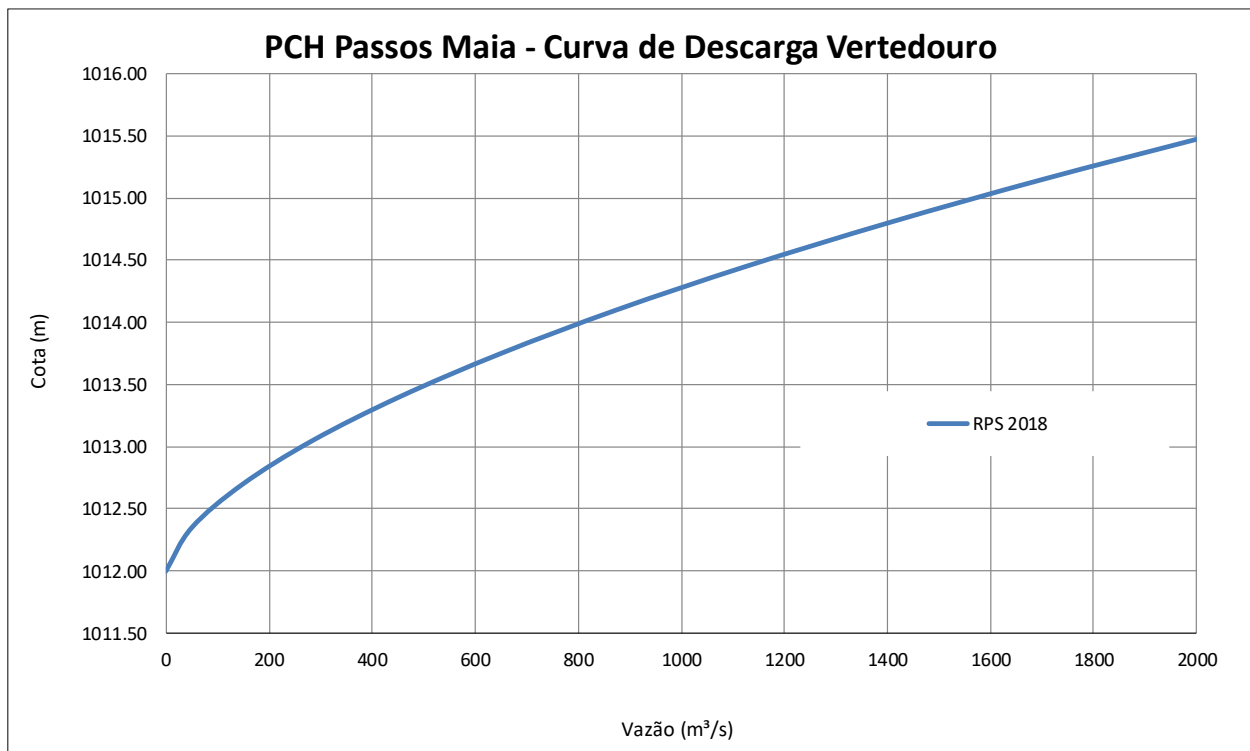


Figura 4 – Curva de Descarga – Vertedouro

3.2.3 Desvio do rio

Para a construção da barragem no leito do rio Chapecó, o desvio do rio foi concebido por meio de duas adufas de desvio na margem esquerda com seção 2,80 m largura por 7,00 m de altura. As adufas de desvio foram tamponadas após o desvio do rio na fase de construção da obra.

3.2.4 Circuito Hidráulico de Adução e Geração

O circuito hidráulico de adução e geração, localizado na margem esquerda, é composto de uma tomada d'água a montante do barramento, tipo gravidade, um túnel de adução de 5,90 m de largura e 5,90 m de altura e comprimento médio de 1.415,50 m em rocha e blindado em aço nos 147 m finais, chegando na casa de força que abriga duas turbinas Francis de 12,5 MW cada. Este circuito será detalhado abaixo.

3.2.4.1 Tomada de Água

A estrutura da Tomada d'Água foi projetada na margem esquerda acoplada ao túnel de adução. O bloco da estrutura é provido de um vão livre de 3,10 m x 4,20 m (l x h), dotado em sua entrada de grade, com dimensões aproximadas de 5,30 x 8,40 m (l x h). A grade tem a função de reter detritos e/ ou objetos submersos, arrastados pelo rio Chapecó, que possam danificar a turbina. A plataforma de trabalho está na El. 1014,90 m com 6,05 m de largura.

3.2.4.2 Túnel de Adução

Após a Tomada d'Água vem o túnel de adução com seção arco retangular de 5,9 metros de largura por 5,9 metros de altura, o túnel possui declividade de 5 % no início do túnel passando para 8 % 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 3,40 metros de diâmetro.

A montante da transição existe um rock-trap de 20,0 metros de comprimento, 1,38 metros de altura e 5,20 metros de largura para evitar carreamento de material para dentro das turbinas. O trecho de blindagem possui uma extensão de 100,20 metros.

3.2.4.3 Conduto Forçado

Nos 102,50 metros finais do túnel adutor, ocorre a transição e o trecho do conduto forçado com diâmetro de 3,40 m que após o trecho subterrâneo se bifurca em dois condutos com 2,52 m de diâmetro para duas unidades geradoras. Apresenta comprimento total até a casa de força de 147,00 m.

3.2.4.4 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força da PCH Victor Baptista Adami é do tipo semi abrigada, e foi projetada para acomodar duas unidades geradoras do tipo Francis de eixo horizontal, com engolimento nominal unitária 17,81 m³/s. O corpo principal da casa de força tem 42,00 m de largura, 21,10 m de comprimento e altura de 24,20 m até o poço de drenagem.

A cota de proteção da casa de força, dimensionada para suportar uma cheia de 1.000 anos de recorrência, encontra-se na El. 937,80 m. O canal de fuga tem uma largura de 20,00 m.

O nível de água normal no canal de fuga está na El. 929,04 m e o nível de água máximo maximorum de projeto encontra-se na El. 934,02 m.

3.3 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Victor Baptista Adami são:


- NA Normal Montante = 1.012,00 m;
- NA Máximo Maximorum Montante = 1.014,72 m (TR=1.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 1.016,70 m;
- NA Normal Jusante = 354,90 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante (*) = 934,02 m (TR=1.000 anos);
- Cota de Proteção Casa de Força = 936,70 m.
- (*) níveis obtidos na elaboração da revisão periódica, doc. PMA-BA-3C-RPS-001.

A ficha técnica da Usina está apresentada abaixo.



FICHA TECNICA



FOTO		ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO		
		Tipo:	Soleira Livre	
		Comprimento (m):	132,00	
		Capacidade (m ³ /s):	1.322,00 TR=1.000 anos	
		Elevação da Crista (m):	1.012,00	
		Fundação:	Riodacito	
IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR		TOMADA D'ÁGUA		
Nome:	PCH Victor Baptista Adami	Tipo:	Gravidade	
Municípios:	Passos Maia - SC	Comprimento (m):	9,50	
Proprietário:	Passos Maia Energética S.A.	Comportas	Número: 1 Altura (m): 4,20 Largura (m): 3,10	
DATAS		ADUÇÃO		
Conclusão Barramento:	out/11	Tipo:	Túnel	
Início Operação:	fev/12	Comprimento (m):	1415,50	
Manutenção Barragem:	-----	Altura (m):	5,90	
BACIA HIDROGRÁFICA		CHAMINÉ		
Curso d'Água:	Rio Chapecó	Altura (m):	-----	
Bacia (ANEEL):	Uruguai - 7	Diâmetro (m):	-----	
Sub-Bacia (ANEEL):	Rio Chapecó - 73	Fundação	-----	
RESERVATÓRIO		CONDUTOS FORÇADO		
Área NA Normal - (km ²):	1,75	Unidades:	1 (Trecho 1) 2 (Bifurcação)	
Volume NA Normal (hm ³):	13,82	Diâmetro (m):	3,40 2,52	
Níveis de Água (m):	Máx. Max.:	1.014,72	Comprimento Total (m):	147,00
	Normal:	1.012,00		
	Mínimo:	1.011,00		
BARRAGEM		CASA DE FORÇA		
Tipo:	CCR e Enrocamento c/núcleo	Tipo:	Semiabrigada	
Comprimento (m):	503,00	Potência Instalada (MW)	25,00	
Altura Máxima (m):	33,90	Energia Assegurada (MW)	13,07	
Largura Crista (m):	6,00	Unidades Geradoras:	2 Francis Horizontal	
Elevação da Crista (m):	1016.7 Enr e 1014.90 - CCR	Vazão Máxima (m ³ /s):	35,62	
Fundação:	Riodacito	Queda Bruta (m)	82,96	
CASCATA		TURBINA		
Usina Montante:	PCH Salto Santo Antônio-Op.	Potência Nominal [MW]	12,50 Unitária	
Usina Jusante:	PCH Rondinha - Operação	Vazão Nominal [m ³ /s]	17,81 Unitária	
		GERADOR		
		Potência Nominal [MW]	13,90 Unitária	
		Tensão Nominal [kV]	13,80	
		Rotação Nominal [rpm]	514,00	
		Fator de Potência	0,90	

As figuras abaixo apresentam arranjo geral e estruturas civis da Usina, bem como alguns desenhos das estruturas civis. Todos documentos da Usina estão apresentados no Anexo I do Plano de Segurança da Barragem - PMA-BA-3C-PSB-0001.

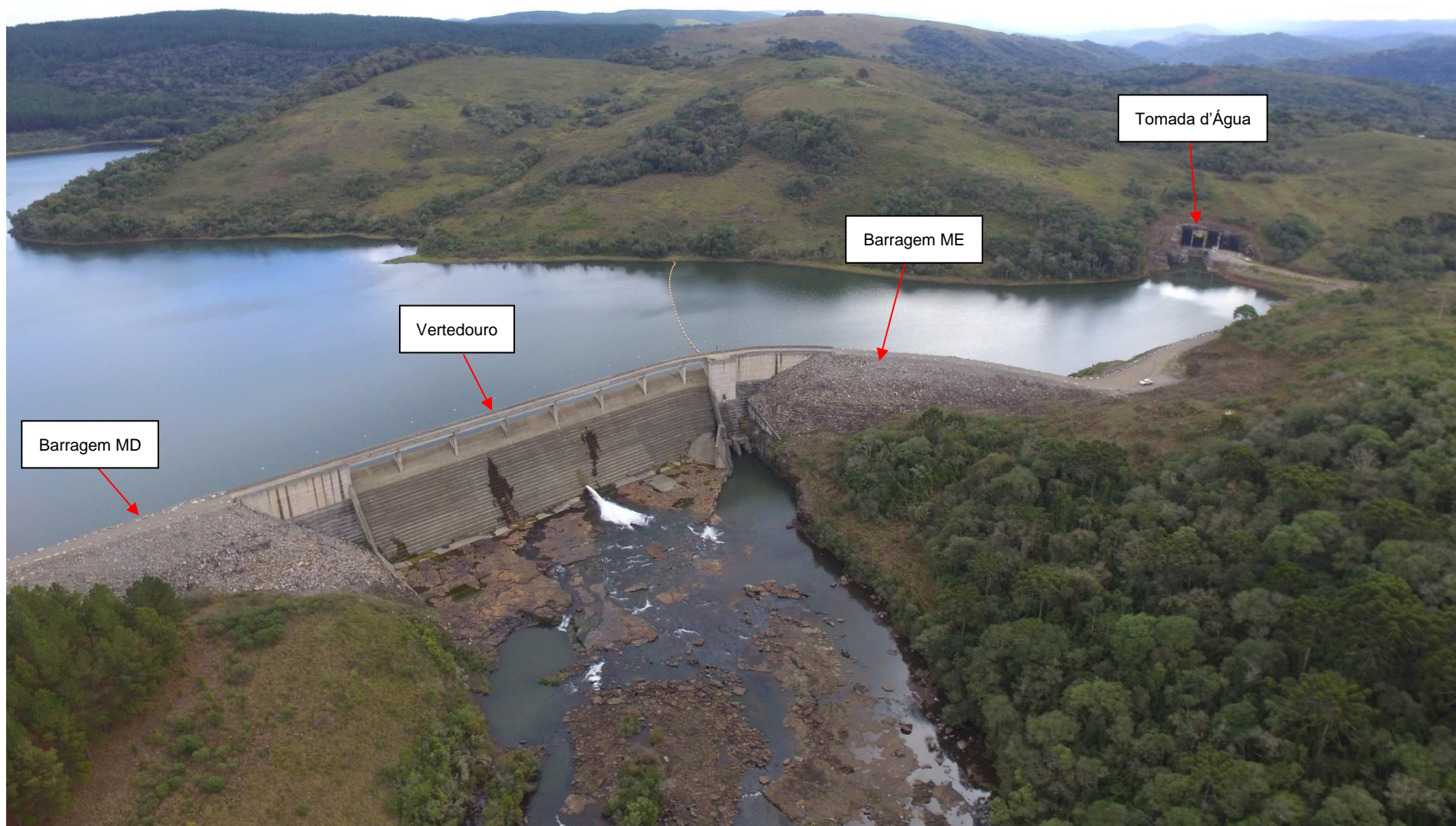


Figura 5 – Foto das estruturas civis da Montante – PCH Victor Baptista Adami



Figura 6 – Vista Geral Jusante – PCH Victor Baptista Adami

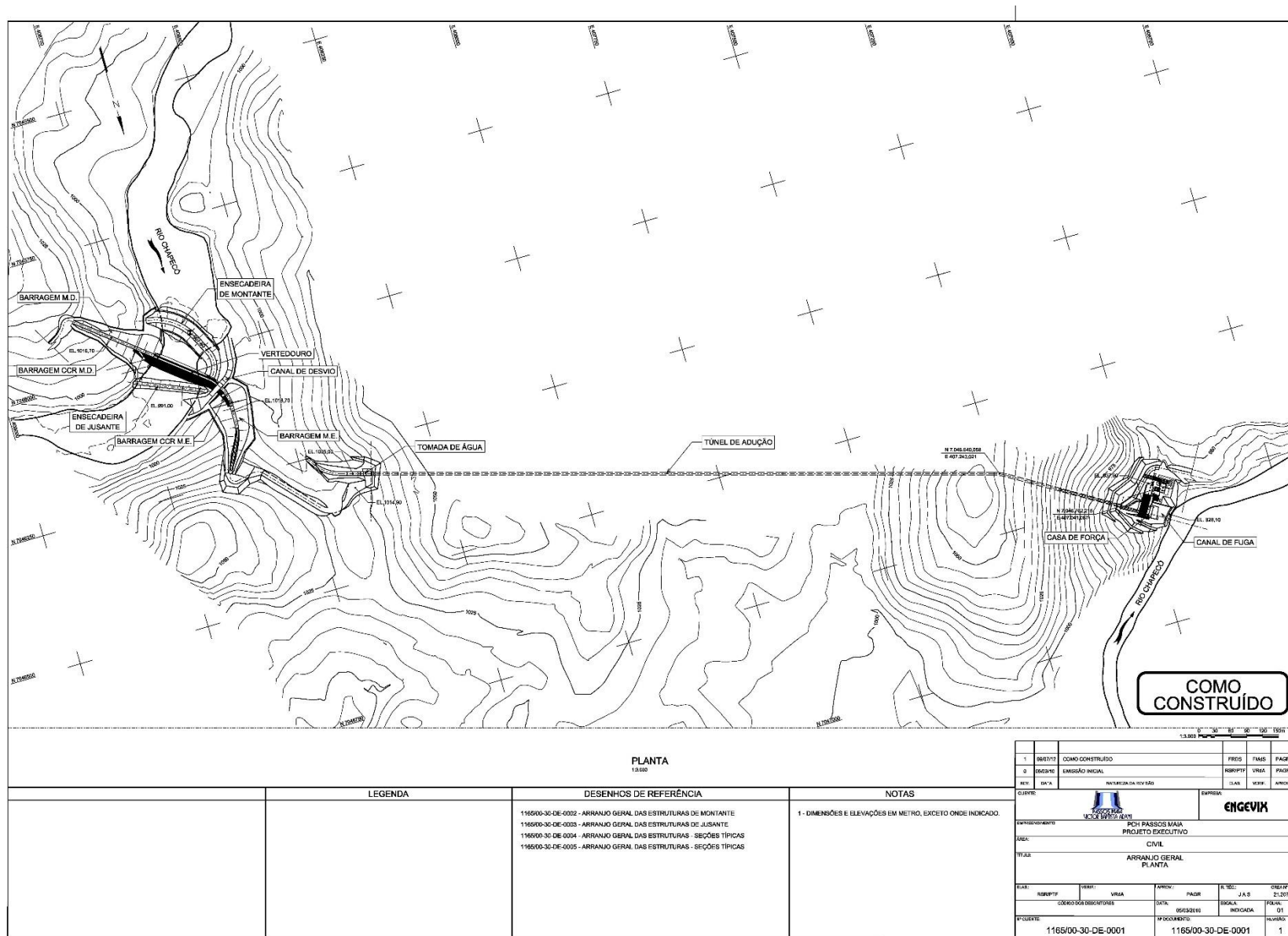
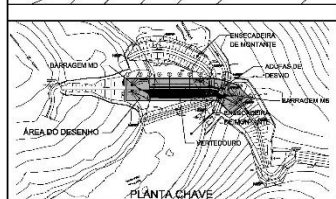
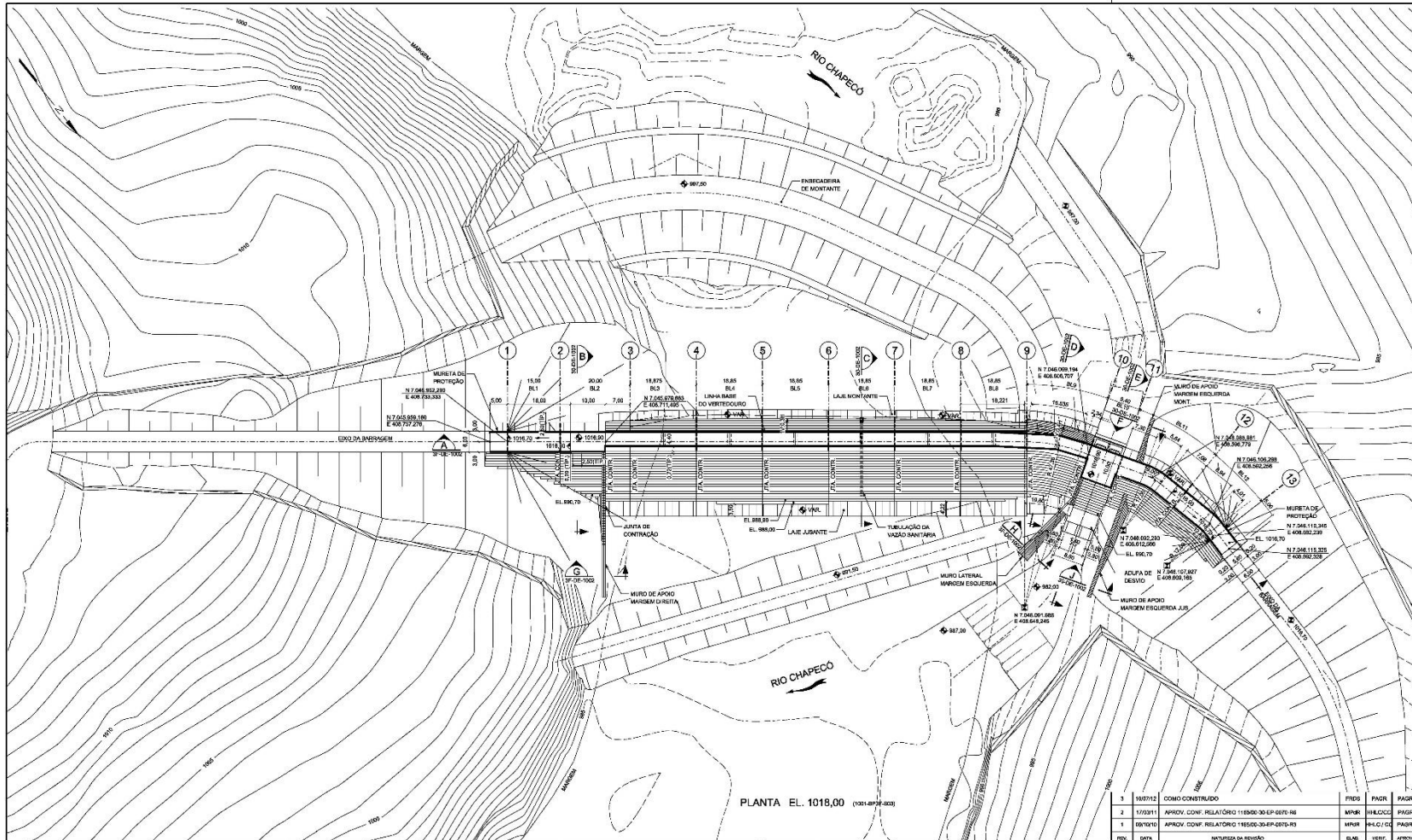


Figura 7 – Arranjo Geral



LEGENDA	
	NIVELADO
	CONCRETO COMPACTADO A BOLD
	CONCRETO CONVENCIONAL
	FLUXO DAS ESTRUTURAS
	FLUXO DO RIO
	CONTROLE MODELO TRIDIMENSIONAL

DESENHOS DE REFERÊNCIA	
1165BP-30-DE-102	BARRAGEM / VERTEDEIRO - ARRANJO
1165BP-30-DE-101	BARRAGEM - OMBREIRA ESQUERDA - ESCAVAÇÃO BOLA E ROCHA - PLANTA

NOTAS	
1.	DIMENSÕES E ELEVÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2.	Faixa de cív. nos desenhos para base dos muros será executada após conclusão do cív. de obras civis: 1165US-30-ET-1001
3.	PARA TRATAMENTO DAS FUNDACÕES, VER ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE OBRAS CIVIS: 1165US-30-ET-1001

COMO CONSTRUÍDO

REV.	DATA	CONT.	ELAB.	VERIF.	APROV.
1	16/07/12	COMO CONSTRUÍDO			
2	17/03/11	APROV. CONF. RELATÓRIO 1165US-30-EP-0070-R6			
1	09/07/10	APROV. CONF. RELATÓRIO 1165US-30-EP-0070-R3			

CLIENTE		EMPRESA	ENGVIK						
PROJETO EXECUTIVO									
FOR PASSOS MALA									
PROJETO EXECUTIVO									
ÁREA: CIVIL									
TÍTULO: BARRAGEM ARRANJO GERAL DAS ESTRUTURAS									
ELAB.	MPR	VERIF.	HILZ	APROV.	PIGR	R. SCD.	J. A. S.	DATA INÍC.	21/07/14
CÓDIGO DO DESENHADOR		DATA:	28/04/2010	ESCALA:	INDICADA	FOLHA:	01	TOTAL:	
Nº DESENHO:		1165BP-30-DE-1001		Nº PROJETO:		1165BP-30-DE-1001		FOLHA:	
								3	

Figura 8 – Barragem – Planta Geral

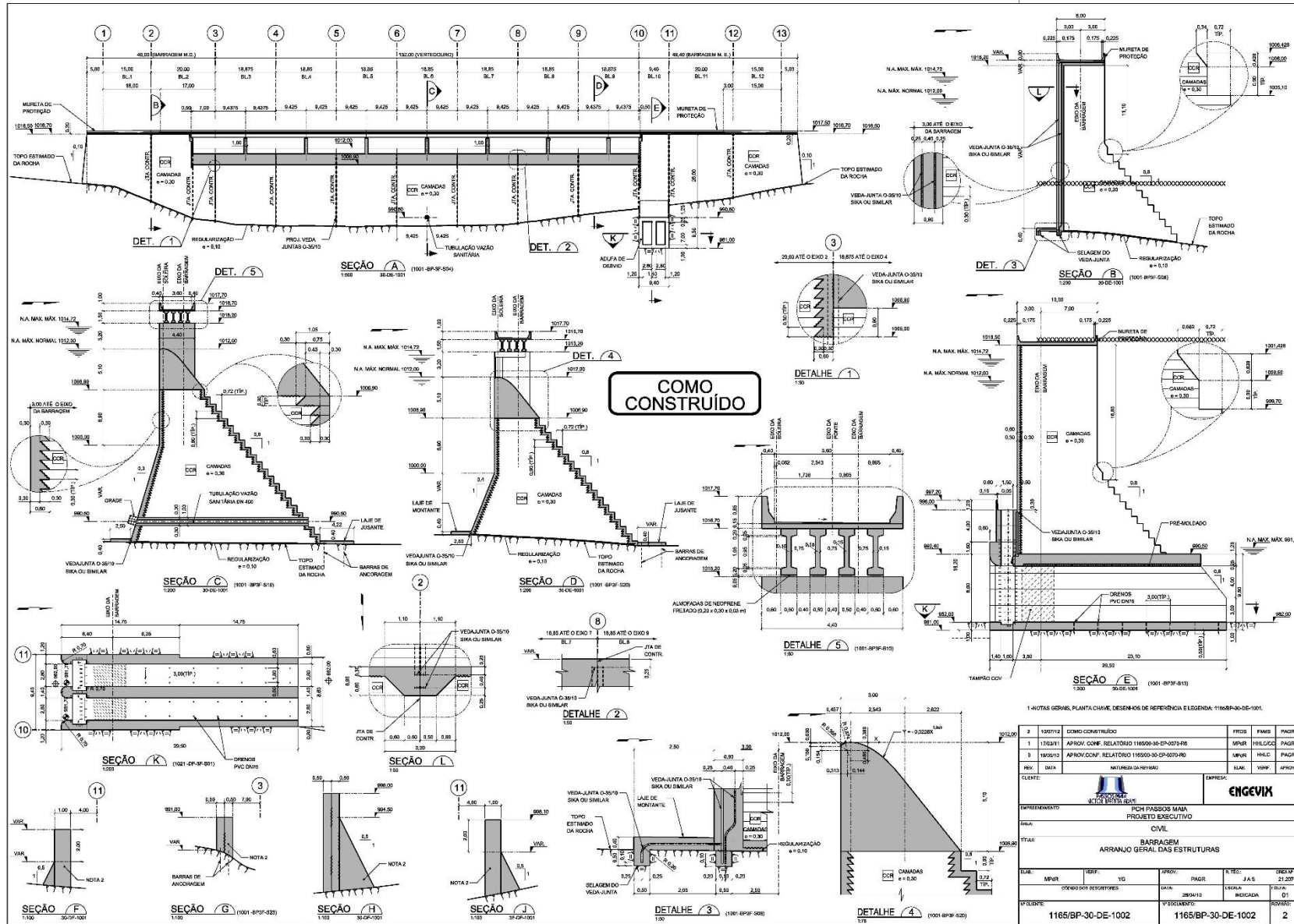


Figura 9 – Barragem – Seções Concreto

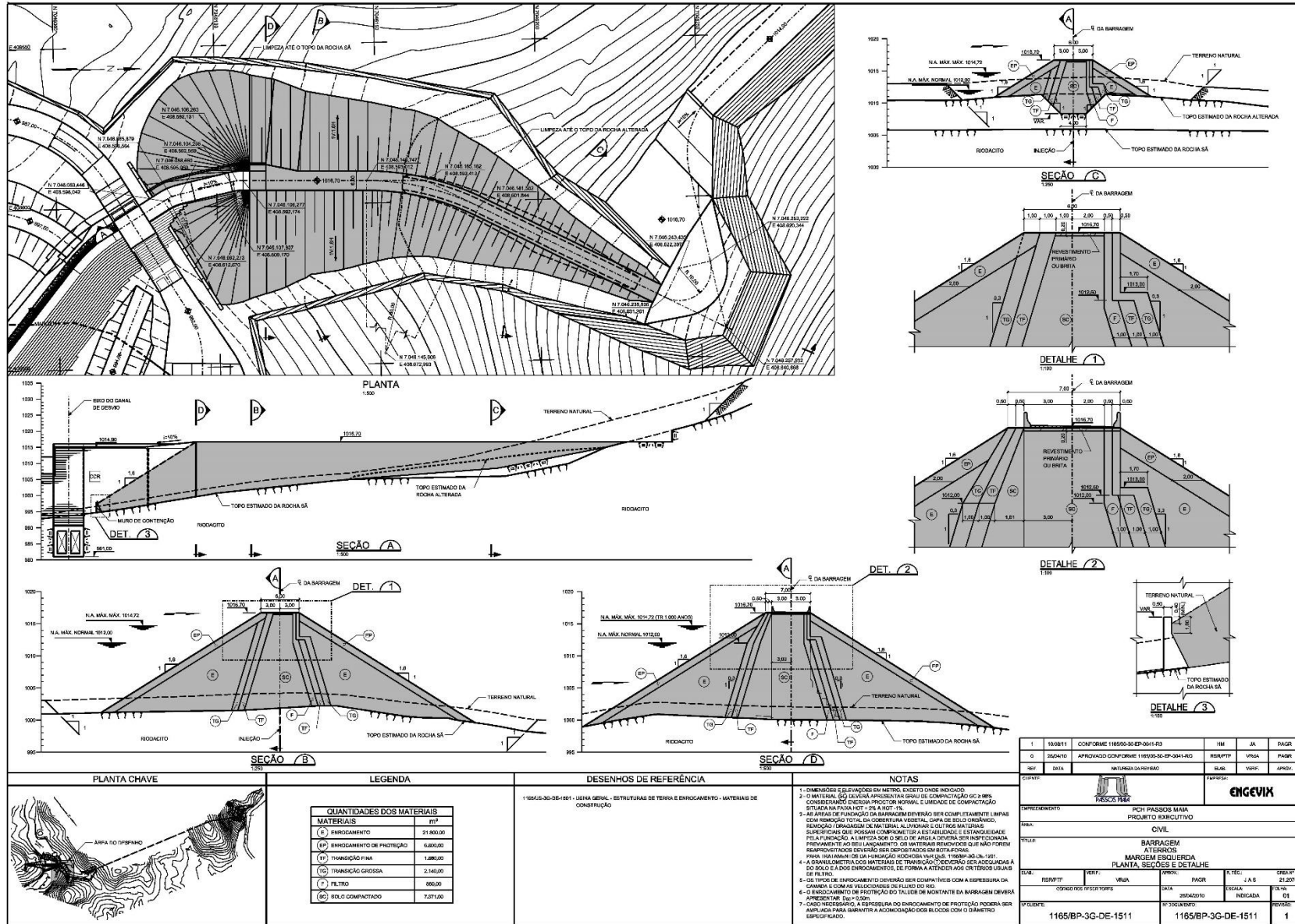


Figura 10 – Barragem – Seções Enrocamento

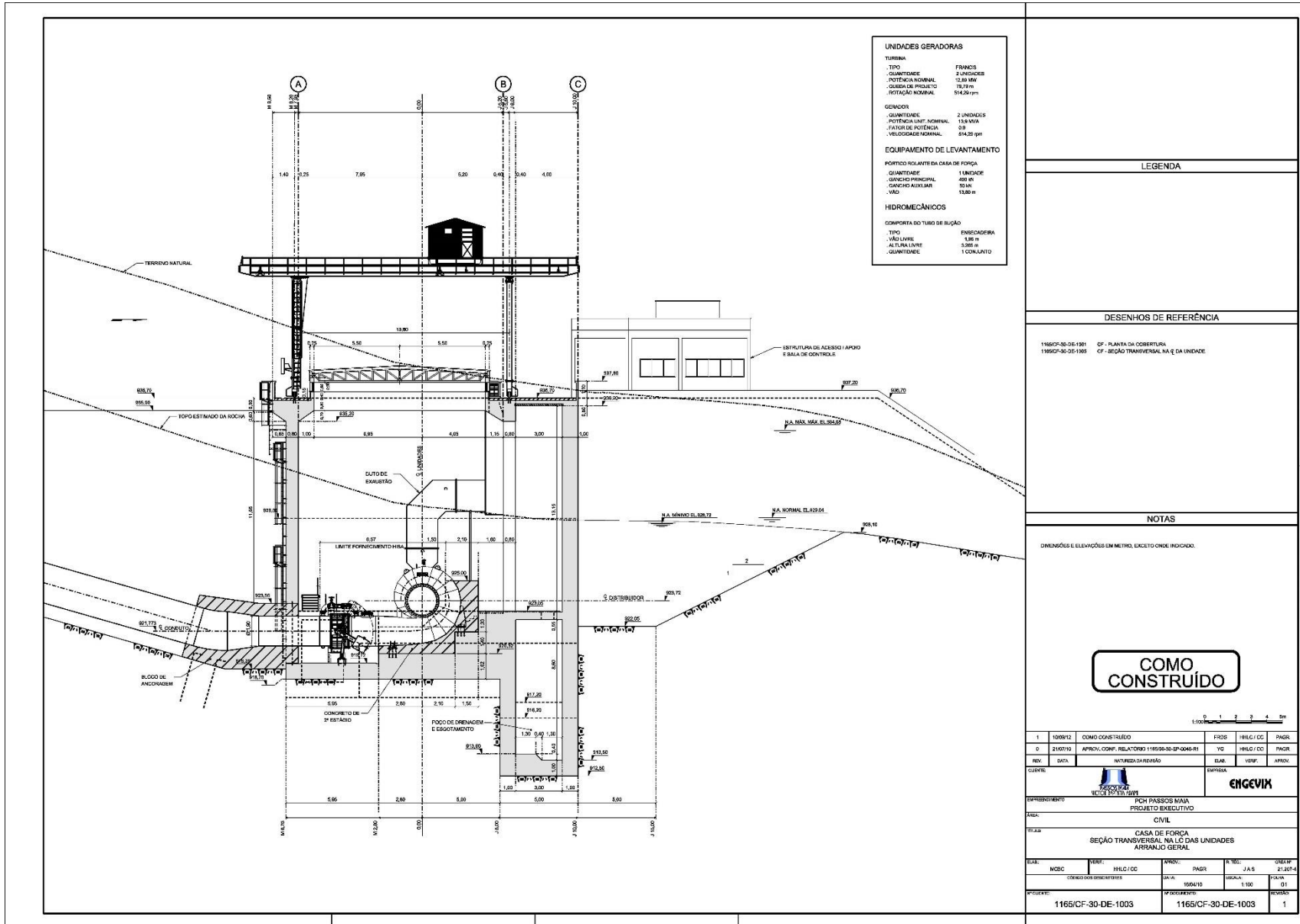


Figura 11 – Casa de Força – Seção

4 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

4.1 Avaliação do Risco

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

4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Victor Baptista Adami tem área de drenagem total de 893,18 Km². O reservatório possui um volume total de 13,82 hm³ e uma extensão de 7,4 km formado por um barramento de concreto e fechamento nas ombreiras por barragens de enrocamento com núcleo em argila com altura máxima de 33,90 m na região da adufa de desvio.

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

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

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

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

Portanto, o risco adotado pelo projeto da obra hidráulica da PCH Victor Baptista Adami pode ser analisado pela Tabela a seguir:

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

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

É importante ressaltar que os riscos assumidos pelo projeto são significativamente pequenos, ou seja, para um tempo de retorno adotado no projeto (TR=1.000 anos) os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto variam de **0,10% a 4,88%** considerando os diferentes períodos de vida útil do empreendimento.

4.1.2 Risco de Colapso Estrutural

4.1.2.1 Barragem de Concreto - Vertedouro

O Vertedouro da PCH Victor Baptista Adami está construído de acordo com os critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com os fatores segurança superiores aos preconizados nas normas. Este situa-se no leito do rio, a superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta perfil tipo USBR (perfil *creager*) com 132 m de comprimento, com paramento de montante vertical até EL. 1.000,00 e com inclinação 1:03 abaixo desta elevação até fundação. A calha do vertedouro possui degraus e inclinação 1 V: 0,80 H. A capacidade de vazão do vertedouro é de 1.322 m³/s, correspondente à cheia milenar. A soleira da ogiva encontra-se na EL. 1.012,00 m com o núcleo em CCR e em concreto convencional nas suas faces externas e junto à sua fundação em rocha sã.

A memória de cálculo 1165/BP-3F-MC-1001-01 (Barragem/Vertedouro/Desvio – Análise da Estabilidade – Memória de Cálculo), elaborada pela responsável pelo projeto executivo Engevix obteve os seguintes coeficientes de segurança para estabilidade da seção do vertedouro conforme **Erro! Autoreferência de indicador não válida.**, sendo esta verificada no estudo de revisão periódica.

Tabela 3 – Resultado Análise de Estabilidade - Vertedouro - Projeto Executivo Engevix (1165/BP-3F-MC-1001-01)

Fatores de Segurança							Tensão Fundação		
Caso de Carregamento		FSF	FSF Limite	FSD	FSD Limite	FST	FST Limite	σ_1	σ_2
Sigla	Descrição							(kN/m ²)	(kN/m ²)
CCN	Caso de Carregamento Normal – NA Mont 1012,00 m e NAJust 929,04 m	2,81	>1,30	2,22	>1,0	1,71	>1,50	-84,07	-311,55
CCE1	Caso de Carregamento Excepcional 1 - Níveis Normais e Esforços Sísmicos	2,59	>1,10	3,14		1,53	>1,20	-23,99	-353,21
CCE2	Caso de Carregamento Excepcional – TR=1.000 anos	2,08		1,33		0 (*)	-360,12		
CCL	Caso de Carregamento Excepcional – TR=10.000 anos	1,88		1,25		>1,10	0 (*)	-372,42	

(*) Justificado na memória que: “No caso CCE2 o trecho descomprimido da fundação é de 9,56% da base, e no caso CCL é de 20,75% da base, em ambos os casos, dentro do limite máximo de 1/3 da base”.

4.1.2.2 Barragem de Enrocamento

Não foi elaborado memória de cálculo no projeto executivo da barragem de enrocamento com núcleo de argila.








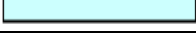
Nesta revisão periódica de segurança da Usina PMA-BA-3C-RPS-001, foi elaborada pela Prosenge Projetos e Engenharia a verificação da estabilidade da estrutura conforme os valores

preconizados nos critérios Eletrobrás e obteve-se as seguintes análises da barragem enrocamento.

4.1.2.2.1 Parâmetros Geotécnicos Empregados nas Análises

Nos estudos de estabilidade de talude das barragens de enrocamento das ombreiras direita e esquerda, foram adotados parâmetros geotécnicos conforme constantes no documento 1165-US-3G-RL-1003-0. Os parâmetros de resistência e permeabilidade utilizados nas análises estão listados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Parâmetros de resistência e permeabilidade

MATERIAL	LEGENDA	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS			
		PESO ESPECÍFICO (kN/m ³)	COESÃO kPa	ÂNGULO DE ATRITO (°)	COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE (m/s)
Núcleo de solo compac.		18	15	26	3 x 10 ⁻⁷
Enrocamento compac.		21	0	42	1 x 10 ⁻²
Solo Residual		15	15	22	1 x 10 ⁻³
Rocha Sã		–	–	–	–
Filtro de areia		20	0	40	1 x 10 ⁻²
Transição Grossa		21	0	40	1 x 10 ⁻²
Transição Fina		21	0	40	1 x 10 ⁻²
Enrocamento de Protec.		21	0	42	1 x 10 ⁻²

4.1.2.2.2 Metodologia de Cálculo Estabilidade

As análises de estabilidade serão realizadas em termos de tensões efetivas considerando-se superfícies potenciais de ruptura circulares e não circulares. Os métodos de cálculo empregados nas análises são baseados na Teoria de Equilíbrio Limite. São eles: Bishop Simplificado, Janbu Modificado e Morgenster-Price. Para auxiliar nas análises será empregado o programa computacional Slope/W desenvolvido pela GEO-SLOPE International Ltda.

Os regimes de operação da barragem serão introduzidos individualmente nas análises de estabilidade, através dos valores de poropressão correspondes a cada regime. Tais valores serão obtidos a partir do traçado de rede de fluxo estacionárias.

As redes de fluxo correspondentes aos regimes de operação da barragem serão obtidas através de modelagem de elementos finitos, sendo as análises numéricas realizadas com o auxílio do programa SEEP/W, também desenvolvido pela GEO-SLOPE International Ltda.

4.1.2.2.3 Seções de Análise Adotadas

As seções de análise de estabilidade foram selecionadas de modo que representassem as condições mais críticas de operação da barragem, que correspondem às duas seções

instrumentadas apresentadas no item .**Erro! Fonte de referência não encontrada.**– Seções B-B e D-D:

4.1.2.2.4 Análises de Realizadas

A seguir, são apresentadas as análises de percolação e estabilidade de taludes realizadas para o regime de operação: normal e para simulação de obstrução de colmatação do sistema de drenagem interna.

- Seção B-B- Seção Representativa da Barragem da Ombreira Direita.

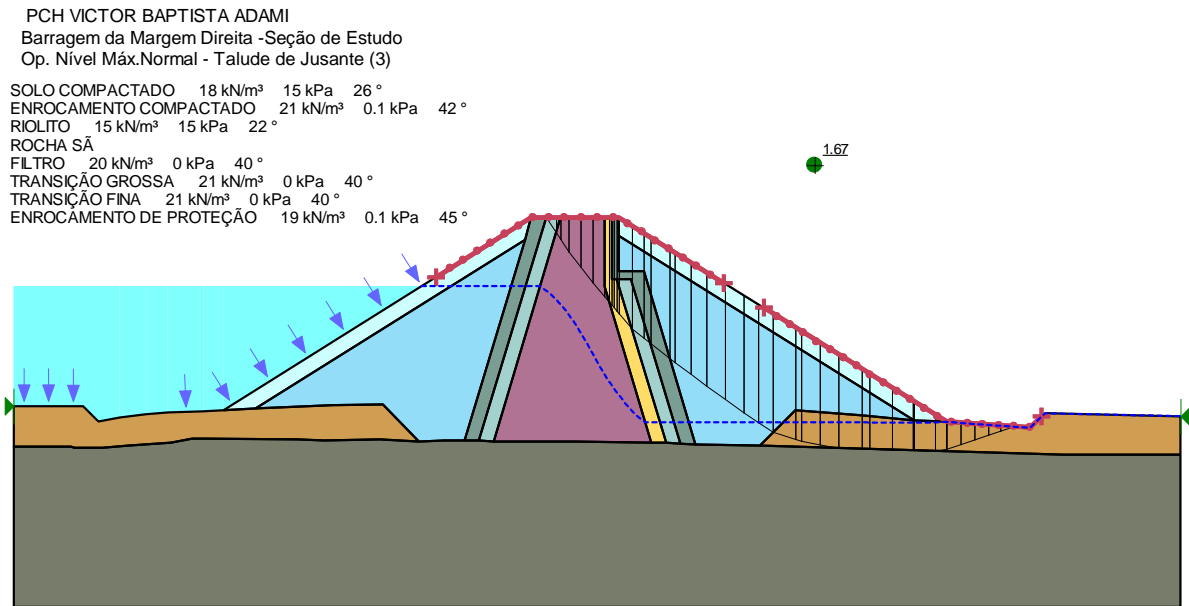


Figura 12 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção B-B – Barragem da Ombreira Direita – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem operando normalmente

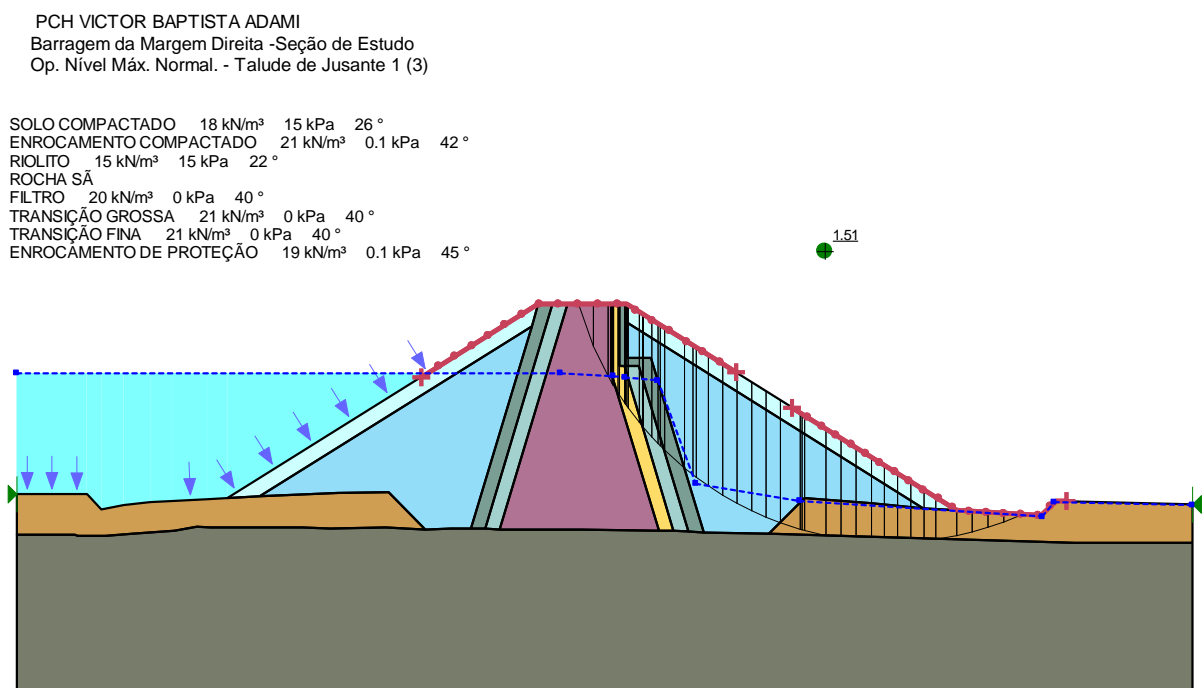


Figura 13 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção B-B – Barragem da Ombreira Direita – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem inoperante

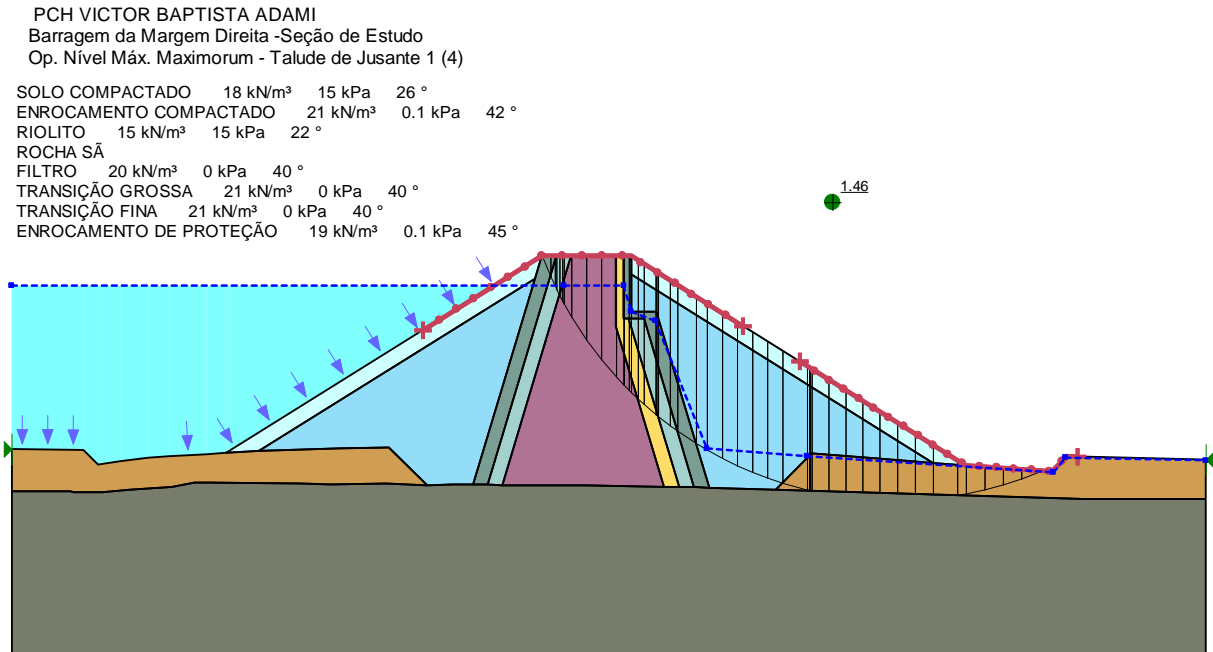


Figura 14 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção B-B – Barragem da Ombreira Direita – Reservatório no nível máximo maximorum e sistema de drenagem inoperante

▪ Seção D-D- Seção Representativa da Barragem da Ombreira Esquerda

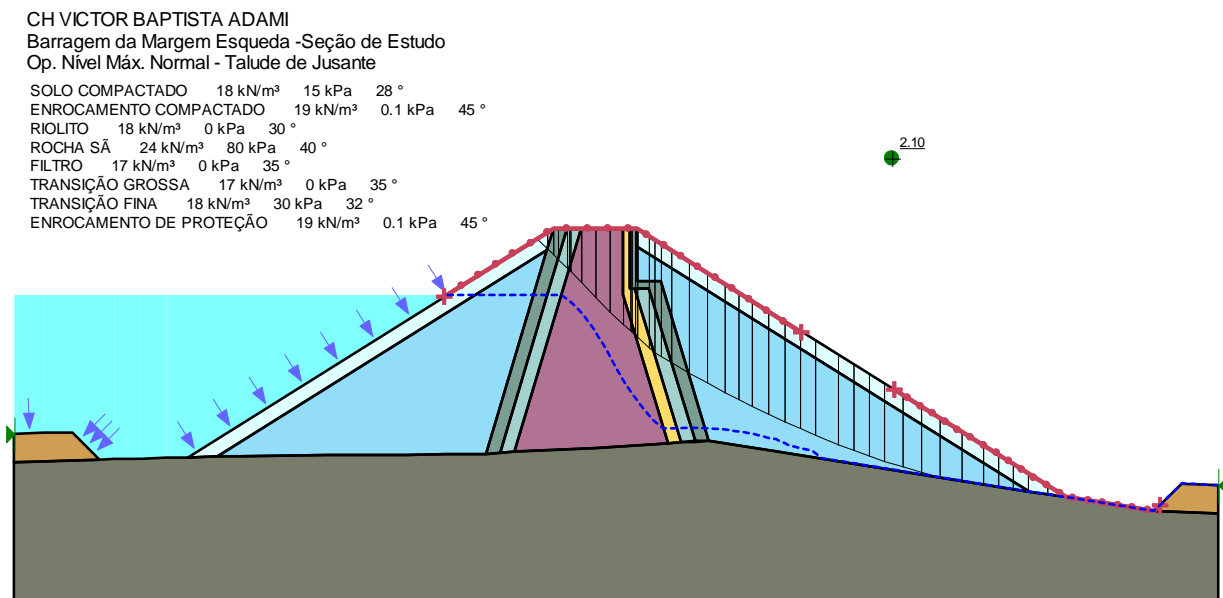


Figura 15 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção D-D – Barragem da Ombreira Esquerda – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem operando normalmente

PCH VICTOR BAPTISTA ADAMI
Barragem da Margem Esquada - Seção de Estudo
Op. Nível Máx. Normal - Talude de Jusante 1 (2)

SOLO COMPACTADO	18 kN/m ³	15 kPa	28°
ENROCAMENTO COMPACTADO	19 kN/m ³	0.1 kPa	45°
RIOLITO	18 kN/m ³	0 kPa	30°
ROCHASÃ	24 kN/m ³	80 kPa	40°
FILTRO	17 kN/m ³	0 kPa	35°
TRANSIÇÃO GROSSA	17 kN/m ³	0 kPa	35°
TRANSIÇÃO FINA	18 kN/m ³	30 kPa	32°
ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO	19 kN/m ³	0.1 kPa	45°

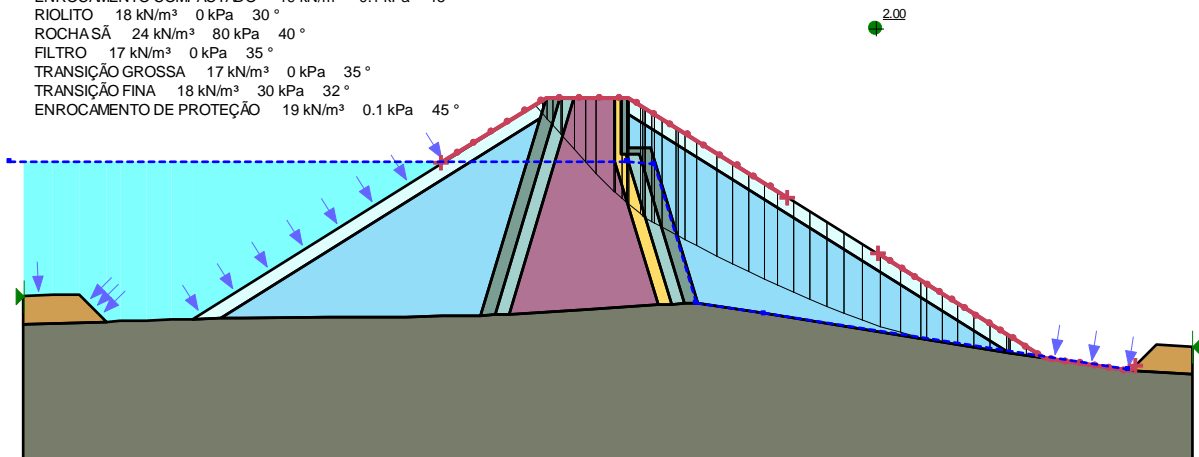


Figura 16 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção D-D – Barragem da Ombreira Esquerda – Reservatório no nível máximo normal e sistema de drenagem inoperante

PCH VICTOR BAPTISTA ADAMI
Barragem da Margem Esquada - Seção de Estudo
Op. Nível Máx. Maximorum - Talude de Jusante 1

SOLO COMPACTADO	18 kN/m ³	15 kPa	28°
ENROCAMENTO COMPACTADO	19 kN/m ³	0.1 kPa	45°
RIOLITO	18 kN/m ³	0 kPa	30°
ROCHASÃ	24 kN/m ³	80 kPa	40°
FILTRO	17 kN/m ³	0 kPa	35°
TRANSIÇÃO GROSSA	17 kN/m ³	0 kPa	35°
TRANSIÇÃO FINA	18 kN/m ³	30 kPa	32°
ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO	19 kN/m ³	0.1 kPa	45°

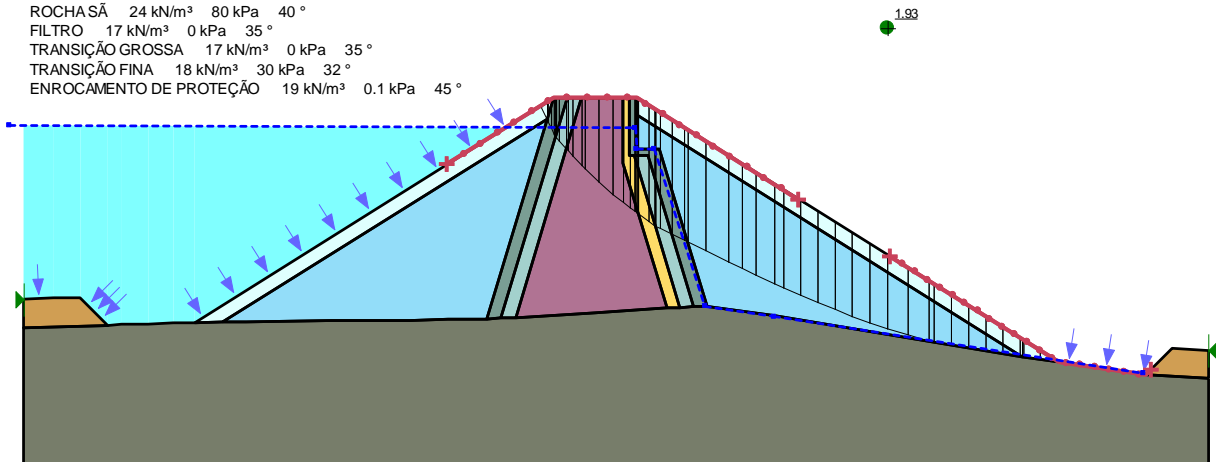


Figura 17 - Resultado do estudo de estabilidade para a seção D-D – Barragem da Ombreira Esquerda – Reservatório no nível máximo maximorum e sistema de drenagem inoperante

4.1.2.3 Conclusão

Além disso, como prevenção de risco de colapso estrutural, o Plano de Segurança da Barragem (PMA-BA-3C-PSB-0001), tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

Conforme observado na vistoria e os relatos das equipes de campo não ocorrem problemas estruturais no barramento da PCH Victor Baptista Adami, sendo assim o risco de colapso estrutural é praticamente nulo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural.



Figura 18 – Vista Geral do Barramento

4.2 Identificação das Emergências Potenciais

Para identificação das emergências foram determinados níveis de água ao longo do rio a jusante da PCH Victor Baptista Adami 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 pratica 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, e com estes identificados e classificados as emergências potenciais:

a) Situação Normal – Ruptura em dia de sol

Correspondem à condição natural de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 100 anos de recorrência.

b) Situação Enchentes – Ruptura com enchentes

Correspondem à condição enchente extrema de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 1.000 anos de recorrência, 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, conforme o artigo 9º, parágrafo 2º, item VI da Resolução Normativa N° 696 da ANEEL a convenção a ser utilizada é:

- **Normal** - Não ocorrem anomalias ou as anomalias que existem não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser monitoradas;
- **Atenção** - Anomalias não comprometem estrutura, mas exigem controle ou reparo;
- **Alerta** - Anomalia representa risco à segurança da barragem, exige providências para manutenção das condições de segurança;
- **Emergência** - Anomalia representa risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais a jusante.

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 Victor Baptista Adami 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.

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, ocorrem problemas que impedem o dispositivo 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 19 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.

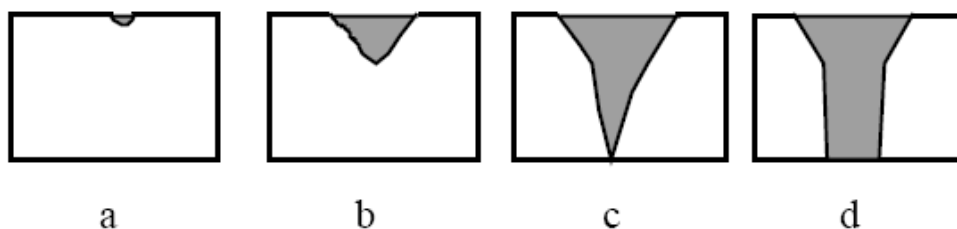


Figura 19 – Formação de brecha por galgamento

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 20 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que também ocorre conforme a sequência abaixo.

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

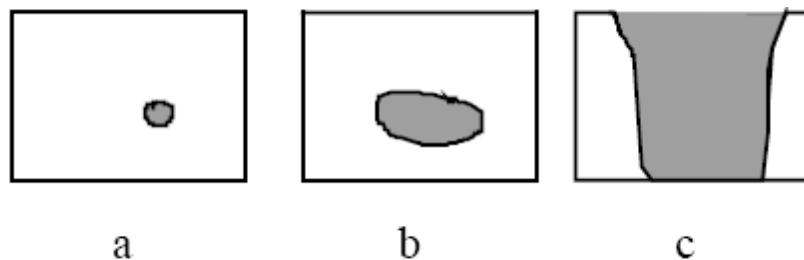


Figura 20 – Formação da brecha por infiltração

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 21 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).

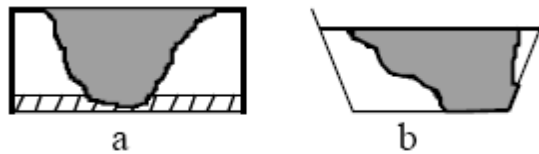


Figura 21 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

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 2014), 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 22 – 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 (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 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 23 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

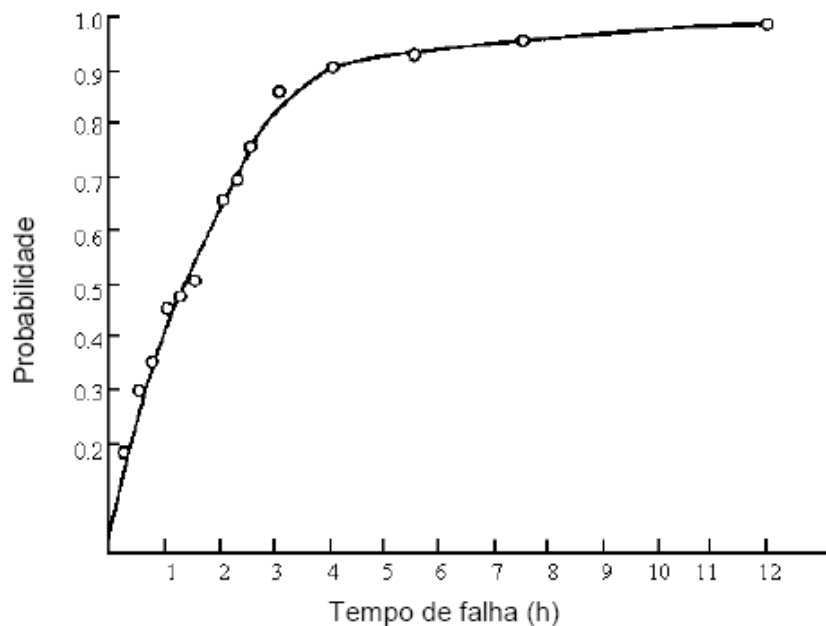


Figura 23 – Tempo de formação da brecha

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 22 para Barragens de terra o tempo de formação da brecha é entre 6 minutos a 4 horas e Barragens de Concreto de 6 minutos a 1 hora.

5.1.5 Trecho do Cálculo

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

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

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

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

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

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

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

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

ocorreram a menos de 4,8 km da seção da barragem acidentada e 99% nos primeiros 24 km a jusante da mesma, num universo total de 318 vítimas mortais. ”

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

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

5.1.6 Modelagem Matemática

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

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

O escoamento em rios ocorre em uma direção longitudinal, podendo ser 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;

S_0 = declividade do leito;

S_f = declividade da linha de energia.

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

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

5.1.7 Identificação das áreas atingidas

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

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas.

5.1.8 Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

Os valores de altura da onda ao longo do tempo são utilizados para a identificação da profundidade 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 a 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 Comparativo de altura x velocidade

O comparativo entre a velocidade e a altura da onda define formas de classificar as áreas de perigo entre baixo, alto e de julgamento (UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR,

1988). É realizado com base em uma tabela que apresenta os resultados de acordo com intervalos de tempo.

Caso o cruzamento entre velocidade e altura se situe na área de perigo baixo o número de vidas em risco é assumido como zero. Caso este cruzamento se situe em área de perigo alto é assumido que existem vidas em risco.

Entre as zonas de perigo alto e baixo existe a zona de julgamento onde, devido ao grande número de variáveis incluídas na inundação é impossível determinar se existe risco de perda de vidas, desta forma é executado um levantamento baseado na engenharia através da análise dos resultados obtidos nas simulações.

No levantamento baseado na engenharia são avaliadas as condições físicas da região, das construções ou qualquer característica que influencie no risco, por exemplo, um determinado acampamento, monumento ou atração pode receber um número muito pequeno de visitas durante o ano (ex. 100 pessoas por hora). Se o cruzamento entre velocidade e altura se situar na zona de julgamento, o risco de perda de vidas é considerado como zero em instalações com estas características.

O *United States Department of the Interior* estabelece gráficos para determinação das zonas de perigo. São apresentados aqui os gráficos de uso neste trabalho.

A Figura 24 apresenta o nível de perigo relacionado a residências.

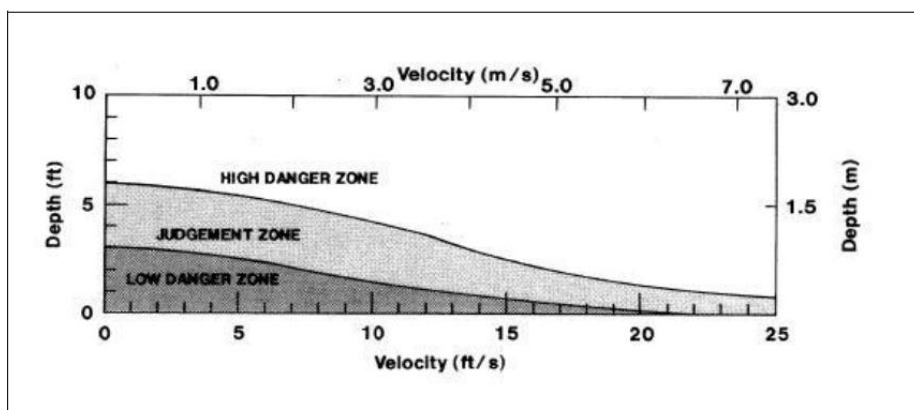


Figura 24 – Nível de perigo relacionado a residências

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 25

A Figura 25 apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.

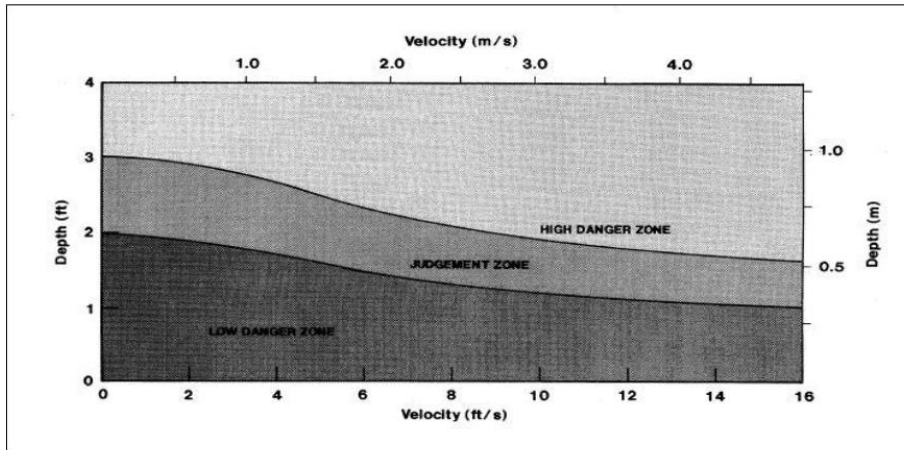


Figura 25 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 29

A Figura 26 apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

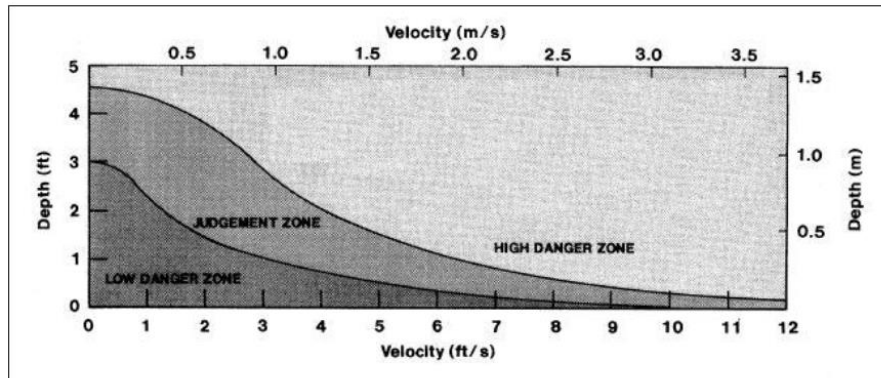


Figura 26 – Nível de perigo relacionado a adultos

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 31

A Figura 27 apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.

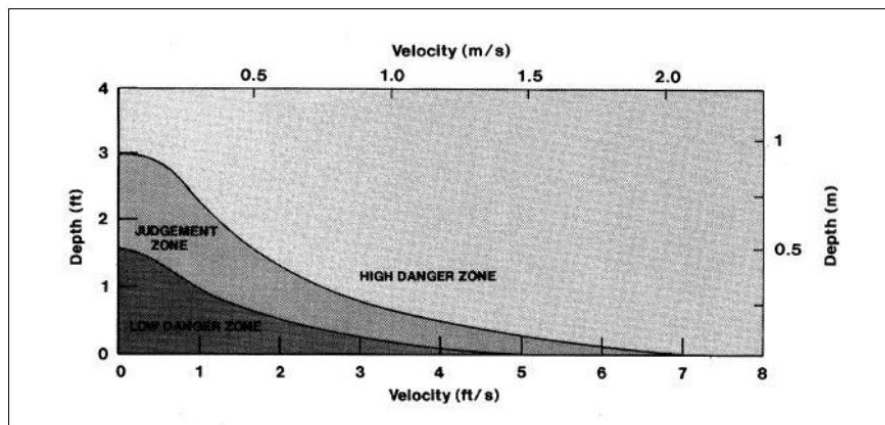


Figura 27 – Nível de perigo relacionado a crianças

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 32

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 - análise da simulação do rompimento da Barragem no trecho a jusante até máximo 25 km.

A informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que 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 Victor Baptista Adami como o volume do reservatório está entre 3 – 50 hm³ a extensão do trecho de modelagem seria de máximo de 25 km. Porém o trecho definido para o estudo foi um pouco além dos 25 km. Trecho total foi de cerca de 38,00 km ao longo do eixo do rio Chapecó, incluindo o reservatório e 29,00 km a jusante do barramento, passando pelo parque das araucárias e Barramento da PCH Rondinha atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de média altura (33,90 m), volume do reservatório baixo (13,82 hm³) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise se encontram estão de acordo com a bibliografia.

5.2.2 Geografia da região e geometria do rio

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

O desenho PMA-C-SER-003-00-18 – Seções Restituição – Folha 01 a 6 presente no Volume II apresenta a localização das seções transversais obtidas pela restituição.

5.2.2.1 Cartografia

A restituição utilizada foi em SAD 69 (Anexo I – Dados), está dividida em 3 partes:

- Região das estruturas – curvas de 5 em 5 m do Projeto Básico da PCH Victor Baptista Adami;
- Região Jusante – curvas de 10 em 10 m do Inventário – região da Casa de Força da PCH Victor Baptista Adami até Reservatório da PCH Rondinha.
- Região Jusante – curvas de 1 em 1 m do Inventário – Projeto Básico da PCH Rondinha.

A restituição completa do trecho foi obtida de acordo com desenhos de restituição existentes acima, ajustadas com curvas do google nos trechos sem informações com uso de plataforma de desenho digital CAD em SAD 69, resultando em um arquivo com a topografia das margens do trecho do Rio Chapecó desde a montante do lago da PCH Victor Baptista Adami até término da PCH Rondinha em curvas equidistantes variáveis em cota.

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

Tabela 5 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados)

Item	Nº Documentos	Elaboração	Descrição/Legenda
1	2400-IH-CH-A3-018	RTK Consultoria Ltda.	Inventário do Rio Chapecó
2	Relatório Projeto Básico	RTK Consultoria Ltda.	Projeto Básico da PCH Passos Maia
3	Parque das Araucárias	Estelar Engenheiros	Projeto Básico PCH Goiabeiras – Área do parque das araucárias
4	1165-00-30-DE-0008-1	ENGEVIX	Projeto Executivo – Planta e Perfil do Rio Chapecó
5	1165-00-30-DE-0001-1	ENGEVIX	Como construído – Arranjo Geral

5.2.2.2 Topografia

Os dados topográficos foram utilizados para calibração do fundo do rio no trecho estudado, variando o coeficiente de manning fundo do rio. Estes levantamentos topográficos foram obtidos em 2008, 2011 e 2018 conforme descrito abaixo:

- Existentes – 8 seções topobatimétricas no reservatório da PCH Rondinha e 6 seções topobatimétricas trecho PCH Rondinha até PCH Victor Baptista Adami a juntamente com 6 níveis de água;
- 2018 – 2 seções topobatimétricas juntamente com 2 níveis de água, cota da ponte a jusante da Barragem PCH Rondinha e mais 6 níveis de água.

Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados.

5.2.3 Geometria das barragens

5.2.3.1 Barragem Victor Baptista Adami

A barragem com altura máxima de 35,50 m no bloco da adufa de desvio tem comprimento total de 475,6 m. A barragem de concreto da margem direita tem comprimento de 40,00 m e a barragem de enrocamento com núcleo de argila também da margem direita tem comprimento de

124,70 m ambas com a cota de proteção na EL. 1016,70 m, a barragem de concreto da margem esquerda tem comprimento de 49,40 m e a barragem de enrocamento com núcleo de argila da margem esquerda tem comprimento de 129,50 m ambas com cota de proteção na EL. 1016,70. O vertedouro de soleira livre tem 132 m de comprimento e crista na El. 1012,00 m. Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos da Tabela 6.

Tabela 6 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados)

Item	Nº Documentos	Elaboração	Descrição/Legenda
1	1165-00-30-DE-0001-1	ENGEVIX	Como construído – Arranjo Geral
2	1165-BP-30-DE-0001-1	ENGEVIX	Como construído – Barragem - Planta
3	1165-BP-30-DE-0002-1	ENGEVIX	Projeto Executivo – Barragem– Seções e Detalhes
4	1165-BP-3G-DE-1601-0	ENGEVIX	Projeto Executivo – Barragem Instrumentação - Planta
5	1165-BP-3G-DE-1602-0	ENGEVIX	Projeto Executivo – Barragem Instrumentação – Seções e Detalhes

5.2.3.2 Barragem Jusante

A jusante da PCH Victor Baptista Adami está implantada uma usina em Operação, PCH Rondinha com as seguintes características:

- **PCH Rondinha** - Barragem de Enrocamento c/ Núcleo de argila e Concreto protegida para elevação 887,00 m, vertedouro de soleira livre de 135,00 m de comprimento e crista na elevação 881,90 m.

5.2.4 Definição do Hidrograma de Cheias

Este item 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 Victor Baptista Adami, localizada no Rio Chapecó e apresentar o resultado da atualização da vazão máxima e capacidade de vazão do vertedouro para as novas vazões definidas na Revisão Periódica de Segurança.

5.2.4.1 Cálculo da Vazão Máxima Anual

5.2.4.1.1 Dados de Operação Disponíveis

Em pesquisa com equipe de operação da PCH Victor Baptista Adami foram disponibilizados dados de vazão máxima do sistema supervisório da usina a partir de fevereiro de 2012. Foram selecionadas as 14 maiores vazões máximas mensais ao longo do período disponível e comparadas com os dados obtidos dos estudos hidrológicos. Na

Tabela 7 abaixo estão indicados os dados de vazão selecionadas. A máxima vazão observada corresponde a uma cheia com tempo de recorrência de 18,77 anos. Importante salientar que os dados do supervisório tiveram o cálculo da vazão vertida refeitos com base nos dados obtidos no RPS.

Tabela 7 – Vazões Máximas Anuais obtidas da equipe de Operação

PCH Victor B Adami - Dados Operação			PCH Victor B Adami - Dados Operação		
Ano	Vazão (m³/s)	TR (anos)	Ano	Vazão (m³/s)	TR (anos)
jun-14	546.54	18.77	jun-13	258.07	1.33
out-14	535.84	17.02	ago-16	240.74	1.14
set-14	397.97	4.81	jun-17	237.57	1.11
out-15	325.85	2.48	set-15	198.05	0.77
mai-14	289.59	1.78	mai-16	196.26	0.76
set-13	282.32	1.67	mai-17	196.09	0.76
jun-15	260.80	1.37	Mar-13	188.64	0.71

5.2.4.1.2 Vazões na PCH Victor Baptista Adami – Dados Estatísticos

Na Revisão Periódica de Segurança foram revisados os estudos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Chapecó no local da barragem da PCH Victor Baptista Adami. Desses estudos foram atualizadas as vazões máximas de cheia nos diversos tempos de recorrência bem como as vazões médias diárias para o período de dezembro 1945 até maio de 2018.

Com esses dados foi possível obter a vazão máxima diária em cada mês do período de dados conforme indica a Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 – Vazões Máximas Mensais

Vazão Máxima Diária Mensal - PCH Victor Baptista Adami (m³/s)

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máximo
1945												67.66	67.66
1946	197.02	265.35	129.62	95.34	79.47	195.09	124.43	98.64	31.28	153.34	37.03	177.68	265.35
1947	26.68	95.34	37.03	30.13	28.98	218.92	90.54	105.49	258.63	103.78	60.48	51.93	258.63
1948	49.18	102.07	53.35	49.18	212.81	46.43	100.36	76.52	25.68	164.34	46.43	23.68	212.81
1949	87.34	12.78	12.78	59.06	23.68	93.74	10.43	16.70	23.68	50.55	63.33	25.68	93.74
1950	80.95	59.06	102.07	30.13	82.55	15.13	42.31	32.43	43.68	334.79	82.55	54.78	334.79
1951	45.06	67.66	95.34	32.43	9.64	45.06	24.68	4.73	15.91	386.08	406.76	16.39	406.76
1952	8.94	13.35	5.19	6.91	6.45	98.02	84.56	17.21	70.79	270.02	98.02	15.59	270.02
1953	35.32	119.83	13.35	37.98	119.83	37.98	52.73	48.59	70.79	145.22	73.22	37.64	145.22
1954	81.98	40.75	74.44	67.23	212.09	254.96	246.52	26.42	287.71	336.49	25.57	72.00	336.49
1955	44.60	22.33	38.66	150.22	185.47	422.58	346.16	112.34	29.04	27.28	27.28	15.84	422.58
1956	151.91	69.60	12.71	312.84	112.34	30.85	34.65	51.68	210.13	36.63	8.91	9.41	312.84
1957	30.85	73.22	23.92	60.35	29.04	135.45	324.57	552.71	236.15	52.73	21.03	31.00	552.71
1958	15.76	14.54	61.47	33.55	10.13	33.55	50.64	55.94	122.89	75.68	140.30	99.41	140.30
1959	61.47	21.03	70.79	396.36	75.68	37.07	18.31	63.75	48.59	18.97	7.30	22.45	396.36
1960	5.64	14.54	9.14	14.54	52.73	54.86	55.94	130.67	68.41	132.26	46.57	12.25	132.26
1961	18.31	91.18	250.72	91.18	80.70	26.96	9.14	28.55	422.58	246.52	58.12	36.18	422.58
1962	28.55	75.68	31.00	14.54	263.52	37.98	57.03	15.76	176.35	125.97	60.35	21.03	263.52
1963	88.51	63.75	61.47	23.91	52.73	9.63	18.31	15.76	155.30	196.68	299.01	68.41	299.01
1964	12.25	35.29	59.23	88.51	115.31	13.38	23.18	116.81	44.60	47.58	17.65	24.66	116.81
1965	15.14	37.07	19.65	31.84	160.45	40.76	289.95	289.95	187.32	192.91	66.06	242.35	289.95

Vazão Máxima Diária Mensal - PCH Victor Baptista Adami (m³/s)

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máximo
1966	107.95	230.03	80.70	21.73	15.14	187.32	52.73	61.47	141.93	281.02	57.03	110.87	281.02
1967	48.59	105.07	73.22	13.38	29.36	18.31	85.87	312.84	83.27	37.07	67.23	95.25	312.84
1968	18.31	6.45	15.76	137.06	35.29	14.54	54.86	8.20	30.17	68.41	54.86	221.97	221.97
1969	122.89	115.31	55.94	99.41	96.63	165.68	53.79	18.31	59.23	59.23	250.72	30.17	250.72
1970	74.44	28.55	33.55	15.14	63.75	153.60	194.79	34.41	59.23	99.41	17.65	138.67	194.79
1971	158.72	93.89	35.29	358.43	106.51	287.71	204.32	93.89	29.91	70.79	12.11	10.20	358.43
1972	22.31	25.34	113.82	59.23	14.37	310.51	35.60	505.69	278.80	106.51	122.89	55.94	505.69
1973	93.89	51.68	102.22	26.61	172.76	221.97	135.45	238.21	145.22	74.44	68.41	26.61	238.21
1974	41.70	66.06	42.66	46.57	119.83	107.95	27.25	289.95	151.91	95.25	88.51	33.41	289.95
1975	106.51	118.32	23.50	11.68	24.10	80.70	27.25	81.98	116.81	480.06	200.48	393.77	480.06
1976	115.31	30.59	27.91	22.90	179.97	71.99	192.24	62.95	71.99	93.03	144.09	133.06	192.24
1977	68.54	58.65	79.13	39.25	10.82	98.35	27.84	102.42	70.83	94.35	183.17	90.43	183.17
1978	20.80	10.20	26.36	5.22	4.27	7.30	107.97	12.57	66.28	56.55	107.97	34.14	107.97
1979	22.13	10.82	12.09	33.32	228.53	24.91	64.05	38.38	15.86	186.77	82.82	66.28	228.53
1980	46.58	18.88	90.43	24.91	91.73	15.86	150.57	157.19	134.61	274.15	58.65	128.45	274.15
1981	77.92	38.38	94.35	99.70	19.51	31.71	8.42	14.17	18.88	29.36	26.36	81.58	99.70
1982	14.73	15.86	20.80	6.76	16.45	224.57	195.92	103.79	27.84	128.45	269.84	68.54	269.84
1983	41.03	280.67	224.57	157.19	349.71	195.92	755.47	298.39	203.38	52.45	35.81	30.91	755.47
1984	18.26	30.13	27.09	39.25	44.69	265.57	60.78	330.62	261.33	91.73	60.78	27.09	330.62
1985	13.63	85.32	12.57	30.13	52.45	14.73	22.13	25.63	34.14	60.78	118.01	13.63	118.01
1986	24.20	14.17	34.14	113.65	250.86	106.57	17.04	43.76	101.05	116.55	22.13	9.00	250.86
1987	30.91	27.84	11.45	107.97	274.15	69.68	37.51	53.46	15.86	101.05	24.91	27.84	274.15
1988	15.86	17.04	12.09	110.79	222.61	127.47	23.93	9.04	8.14	67.11	16.79	12.03	222.61
1989	170.50	76.86	47.24	44.22	184.79	23.93	28.72	80.67	304.71	115.30	31.25	15.49	304.71
1990	248.77	44.22	22.42	254.98	475.68	539.65	89.84	190.27	161.82	259.16	112.34	170.50	539.65
1991	280.46	133.74	13.11	34.76	11.50	348.59	119.80	78.12	13.67	135.33	39.37	47.24	348.59
1992	49.30	51.40	74.37	27.89	389.93	278.30	382.49	113.82	125.92	59.03	110.87	129.03	389.93
1993	79.39	42.25	27.89	33.87	112.34	112.34	55.71	33.87	172.26	40.32	20.95	41.28	172.26
1994	8.59	29.55	13.67	141.77	115.30	93.89	177.59	30.39	47.24	236.54	160.11	65.93	236.54
1995	168.75	24.70	19.52	49.30	10.99	41.28	50.34	38.43	298.02	151.65	41.28	9.04	298.02
1996	55.71	99.42	216.75	80.67	17.46	57.91	190.27	412.60	153.33	309.21	155.01	149.99	412.60
1997	42.25	278.30	59.03	12.56	30.39	232.53	207.13	210.96	226.56	336.80	309.21	45.21	336.80
1998	514.21	404.98	145.03	360.54	210.70	20.23	102.89	311.82	262.48	281.39	26.58	26.58	514.21
1999	81.48	72.80	52.03	240.04	14.75	40.83	539.99	13.52	30.08	77.08	15.39	19.50	539.99
2000	19.50	28.30	42.96	116.25	90.17	47.39	165.13	92.94	246.08	260.40	30.08	29.18	260.40
2001	27.43	119.30	52.03	125.50	135.01	136.63	111.73	30.08	165.13	260.40	56.90	52.03	260.40
2002	12.33	9.62	6.81	14.75	67.28	31.91	47.39	40.83	107.27	116.25	107.27	105.81	116.25
2003	61.98	54.44	138.25	95.74	16.70	26.58	38.75	10.67	13.52	55.66	105.81	242.05	242.05
2004	190.13	45.15	9.62	38.75	27.43	11.21	153.33	23.17	212.88	95.26	80.67	14.77	212.88
2005	110.87	14.77	10.20	149.99	209.04	282.63	56.81	226.56	420.28	438.42	60.16	11.45	438.42
2006	14.08	6.76	45.21	20.23	5.22	9.00	7.85	78.12	25.49	32.11	87.17	89.84	89.84
2007	35.66	20.95	23.17	127.47	186.61	32.11	62.44	20.23	56.11	161.91	394.92	47.24	394.92
2008	24.70	10.20	10.82	109.41	56.81	95.26	73.14	38.43	39.37	276.14	146.68	14.08	276.14
2009	35.66	22.42	41.28	18.13	32.11	32.11	23.93	203.33	309.21	51.40	69.49	61.29	309.21
2010	27.89	48.26	127.47	394.92	325.19	27.89	29.55	49.30	29.55	37.50	26.28	148.33	394.92
2011	12.74	195.83	81.95	143.40	21.68	311.48	353.35	289.18	372.67	146.68	41.28	33.87	372.67
2012	50.34	14.08	12.09	64.76	21.68	74.37	91.18	71.92	9.00	23.93	19.52	47.24	91.18
2013	55.71	27.89	143.40	63.59	32.98	127.47	60.16	195.83	238.56	133.74	44.22	39.37	238.56
2014	44.22	15.47	92.53	382.49	339.14	719.02	179.38	30.39	448.94	367.80	45.21	71.92	719.02

Vazão Máxima Diária Mensal - PCH Victor Baptista Adami (m³/s)

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máximo
2015	159.87	91.79	42.12	41.64	86.69	305.47	400.96	51.15	236.50	152.99	184.80	152.22	400.96
2016	43.58	58.65	95.36	47.45	83.12	27.64	103.90	165.99	54.36	126.22	31.11	19.48	165.99
2017	15.91	31.11	54.90	15.55	390.63	216.29	8.32	32.45	22.59	67.83	28.06	78.02	390.63
2018	106.45	37.35	59.50	59.50	23.80								106.45
Media	70.40	66.91	57.43	89.27	110.44	124.38	117.39	110.04	131.39	147.62	87.77	67.72	755.47

Importante observar a grande variação na data de ocorrência de vazões de cheias onde não há um período definido de ocorrência de cheias com praticamente todas as cheias entre abril e novembro com indicado na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Meses de Ocorrência das Máximas Cheias Anuais

Mês	Cheias	Mês	Cheias
jan	2	jul	6
fev	1	ago	10
mar	0	set	9
abr	5	out	15
mai	8	nov	9
jun	5	dez	3

Na Tabela 10 abaixo temos os valores das cheias anuais e o mês de ocorrência ao longo de todo o período estudado.

Tabela 10 – Vazões Máximas Anuais e Mês de Ocorrência

Q Máx Anual	Victor B Adami Q (m³/s)	Q Máx Anual	Victor B Adami Q (m³/s)	Q Máx Anual	Victor B Adami Q (m³/s)
1945	68	1970	195	1995	298
1946	265	1971	358	1996	413
1947	259	1972	506	1997	337
1948	213	1973	238	1998	514
1949	94	1974	290	1999	540
1950	335	1975	480	2000	260
1951	407	1976	192	2001	260
1952	270	1977	183	2002	116
1953	145	1978	108	2003	242
1954	336	1979	229	2004	213
1955	423	1980	274	2005	438
1956	313	1981	100	2006	90
1957	553	1982	270	2007	395
1958	140	1983	755	2008	276
1959	396	1984	331	2009	309
1960	132	1985	118	2010	395
1961	423	1986	251	2011	373
1962	264	1987	274	2012	91
1963	299	1988	223	2013	239
1964	117	1989	305	2014	719
1965	290	1990	540	2015	401
1966	281	1991	349	2016	166
1967	313	1992	390	2017	391
1968	222	1993	172	2018	106
1969	251	1994	237		

5.2.4.2 Vazões de Cheia para os Diversos Tempos Recorrência

Definidos os valores das vazões máximas anuais, foi utilizado o programa Qmáximas disponível no site da Eletrobrás e indicado para uso nas diretrizes de projetos básicos de UHE's para a análise estatística dos eventos de cheia e o cálculo das vazões máximas para os diversos tempos de recorrência. A análise estatística dos dados realizada pelo programa demonstrou que a melhor distribuição estatística para os dados disponíveis é a de Gumbel, pois a assimetria dos dados é menor que 1,5. Os valores de cálculo e das cheias obtidos para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos estão indicados na Tabela 11 abaixo.

Tabela 11 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR)

Vazão Máx TR anos	Victor B Adami Q (m ³ /s)
5	397
10	478
20	556
50	657
100	732
500	906
1.000	981
10.000	1.230

Distribuição Gumbel	
Parametros	Victor B Adami
Média	297,14
Assimetria	0,91
Desvio Padrão	138,59
alfa	108,10
mi	234,76

A dren km² 880

Para a obtenção da vazão instantânea de pico foi utilizado a equação de Füller onde a correção da vazão máxima se dá pela área da bacia hidrográfica. O coeficiente de Füller obtido para a área da bacia na barragem da PCH Victor Baptista Adami foi 1,348 sendo então as vazões máximas instantâneas obtidas com a utilização da vazão máxima normal multiplicado pelo valor do coeficiente de Füller para todos os tempos de recorrência. Importante observar que aqui o efeito de regularização do reservatório é considerado. Os dados de vazão máxima instantânea estão apresentados na Tabela 12 abaixo.

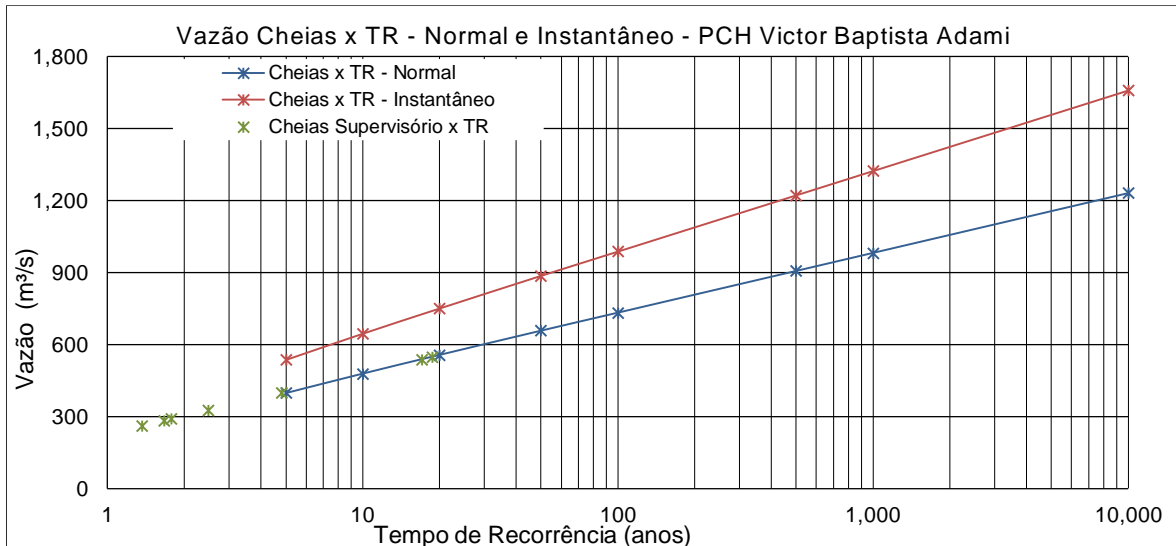
Tabela 12 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR

Vazão Máx inst TR anos	Victor B Adami Q (m ³ /s)
5	535
10	644
20	749
50	886
100	987
500	1.221
1.000	1.322
10.000	1.658

Coef. Fuller 1,348

Plotando os dados obtidos pela operação da usina, vazão máxima para os tempos de recorrência e vazão máxima instantânea para os tempos de recorrência no mesmo gráfico pode-se observar que no local da barragem observa-se registro de cheias com recorrência de até 18,77 anos (546,54 m³/s) conforme os dados do sistema supervisorio. Abaixo no Gráfico abaixo em escala logarítmica de tempo tem-se as duas retas de vazão máximas normal e instantânea e os dados de cheias máximas obtidas na operação.

Gráfico 1 – Vazões de Cheia x Tempo de Recorrência



5.2.4.3 Hidrograma de cheias

Para calcular o efeito das cheias e da ruptura da barragem na topografia da área de influência da PCH Victor Baptista Adami foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário adimensional baseado nas 18 maiores cheias da bacia. Para a bacia do Rio Chapecó foi estimado o tempo de concentração da cheia em 108 horas com a dissipação em 120 horas. Assim sendo o período de estudo se inicia em 12 hs e segue de 24 em 24 horas até 228 horas. Na Tabela 13 abaixo tem-se os valores das 18 maiores cheias na bacia do Rio Chapecó na PCH Victor Baptista Adami e o ano em que a cheia ocorreu, segundo os dados hidrológicos obtidos.

Tabela 13 – 18 maiores cheias no local da PCH Victor Baptista Adami

Ano	Q (m³/s)	Ano	Q (m³/s)
1983	755,47	2005	422,58
2014	719,02	1979	422,58
1957	552,71	2000	412,60
1999	539,99	1992	406,76
1990	539,65	1980	400,96
1998	514,21	1955	396,36
1972	505,69	1971	394,92
1975	480,06	1947	394,92
2005	438,42	1937	390,63

O processo de obtenção do hidrograma consiste em selecionar as 18 maiores cheias, selecionar os dados considerando o pico da cheia em 108 hs e utilizando os dados de vazão diária recuar até o momento 12 horas e avançar até o momento 228 horas lançando os valores de vazão de 24 em 24 horas. Na Tabela abaixo estão os valores obtidos da tabela de vazão média diária.

Tabela 14 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228
Q (m ³ /s)	607,53	525,96	460,79	687,88	755,47	431,03	364,36	287,26	172,56	188,59
	32,11	41,28	263,36	586,14	719,02	652,70	459,56	278,30	179,38	124,38
	83,27	57,03	107,95	289,95	552,71	373,39	234,10	160,45	122,89	93,89
	20,98	30,08	30,99	154,84	539,99	334,27	218,38	143,15	100,01	72,80
	276,14	265,47	226,56	402,46	539,65	402,46	248,77	168,75	121,32	92,53
	28,72	24,70	16,79	167,01	514,21	367,80	257,06	132,16	31,25	27,89
	33,41	25,97	331,70	494,23	505,69	455,03	278,80	183,63	125,97	96,63
	33,41	29,23	61,47	44,60	480,06	263,52	185,47	127,53	89,84	63,75
	25,49	23,93	22,42	181,17	438,42	209,04	158,40	153,33	130,59	92,53
	20,79	19,31	15,84	13,92	422,58	176,35	127,53	93,89	228,00	176,35
	38,90	68,41	98,02	122,89	422,58	250,72	225,99	138,67	118,32	110,87
	52,46	42,25	38,43	91,18	412,60	261,26	179,38	124,38	89,84	63,59
	10,70	66,06	38,90	44,60	406,76	238,21	174,55	127,53	99,41	76,92
	57,04	50,61	46,00	37,35	400,96	326,89	227,06	159,87	135,78	90,77
	18,97	49,61	30,17	18,31	396,36	100,81	59,23	33,55	26,96	21,73
	55,71	47,24	42,25	295,80	394,92	280,46	188,44	127,47	84,55	61,29
	116,79	302,48	224,58	329,81	394,92	257,06	163,54	124,38	95,26	74,37
	61,20	215,46	232,93	205,52	390,63	216,29	148,40	109,64	98,42	124,94

Os valores da vazão do momento entre 12 e 228 horas são divididos pelo valor da cheia correspondente ao pico, 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 15 abaixo apresenta os valores da distribuição adimensional para as 18 maiores cheias na bacia e a média das distribuições para um mesmo período de horas.

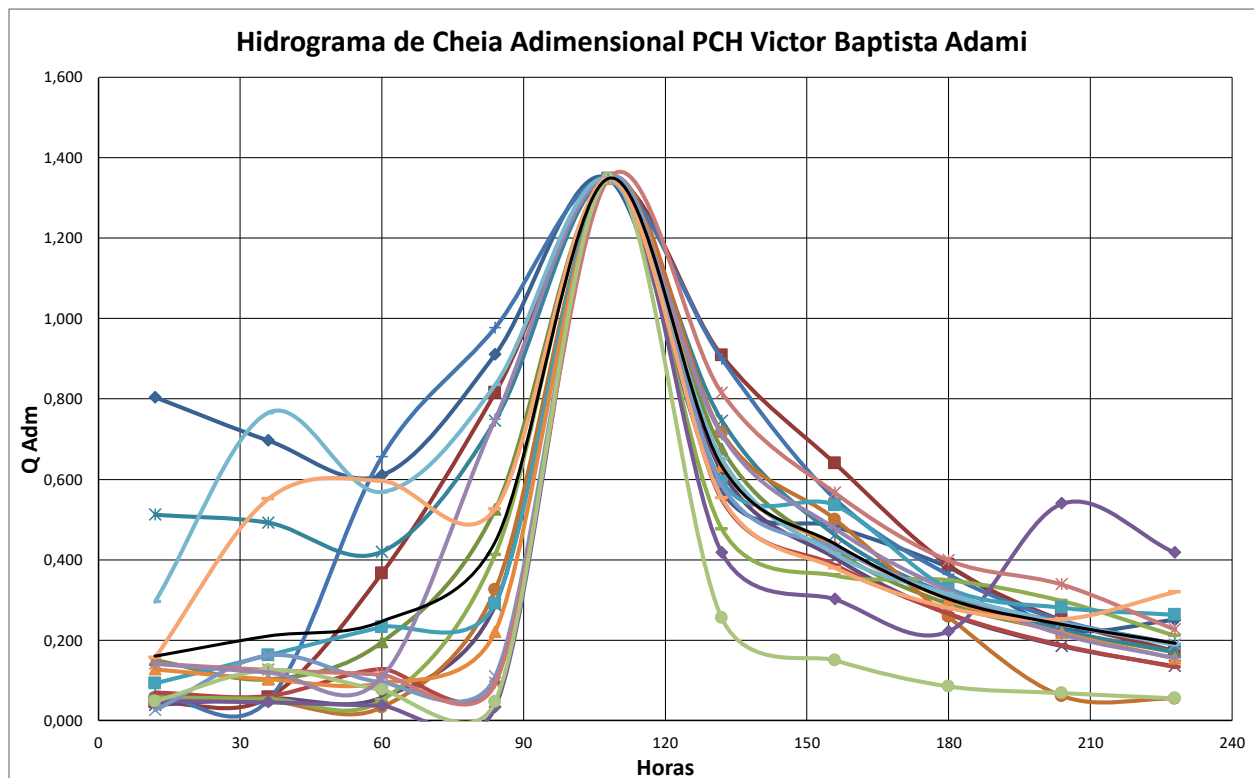
Tabela 15 – Distribuição adimensional de vazões

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228
Q ADM	0,8042	0,6962	0,6099	0,9105	1,3480	0,5705	0,4823	0,3802	0,2284	0,2496
	0,0447	0,0574	0,3663	0,8152	1,3480	0,9078	0,6391	0,3871	0,2495	0,1730
	0,1507	0,1032	0,1953	0,5246	1,3480	0,6756	0,4236	0,2903	0,2223	0,1699
	0,0388	0,0557	0,0574	0,2867	1,3480	0,6190	0,4044	0,2651	0,1852	0,1348
	0,5117	0,4919	0,4198	0,7458	1,3480	0,7458	0,4610	0,3127	0,2248	0,1715
	0,0558	0,0480	0,0327	0,3248	1,3480	0,7153	0,4999	0,2570	0,0608	0,0542
	0,0661	0,0514	0,6559	0,9773	1,3480	0,8998	0,5513	0,3631	0,2491	0,1911
	0,0696	0,0609	0,1280	0,0929	1,3480	0,5489	0,3863	0,2657	0,1871	0,1328
	0,0581	0,0546	0,0511	0,4132	1,3480	0,4768	0,3613	0,3497	0,2979	0,2111
	0,0492	0,0457	0,0375	0,0329	1,3480	0,4173	0,3018	0,2222	0,5396	0,4173
	0,0920	0,1619	0,2319	0,2908	1,3480	0,5933	0,5348	0,3282	0,2800	0,2624
	0,1271	0,1024	0,0931	0,2210	1,3480	0,6332	0,4347	0,3015	0,2177	0,1541
	0,0263	0,1624	0,0956	0,1096	1,3480	0,5856	0,4291	0,3135	0,2444	0,1891
	0,1423	0,1262	0,1147	0,0932	1,3480	0,8153	0,5663	0,3987	0,3386	0,2264
	0,0479	0,1252	0,0761	0,0462	1,3480	0,2543	0,1494	0,0846	0,0680	0,0548
	0,1411	0,1196	0,1070	0,7490	1,3480	0,7102	0,4772	0,3228	0,2141	0,1552
	0,2957	0,7659	0,5687	0,8351	1,3480	0,6509	0,4141	0,3149	0,2412	0,1883
0,1567	0,5516	0,5963	0,5261	1,3480	0,5537	0,3799	0,2807	0,2520	0,3198	
Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228
Média	0,1599	0,2100	0,2465	0,4442	1,3480	0,6319	0,4387	0,3021	0,2389	0,1920

O Gráfico 2 mostra a distribuição adimensional das vazões ao longo das 324 horas do hidrograma e o hidrograma médio (em preto) 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.

Para a obtenção do hidrograma final de cheia nos diferentes tempos de recorrência se utiliza os valores de cheia normal nos seus respectivos tempos de recorrência multiplicado pelo valor do hidrograma médio no correspondente período com interpolação 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.

Gráfico 2 – Hidrograma de Cheias adimensionais



A Tabela 16 apresenta o hidrograma de cheias para o Rio Chapecó no local da barragem da PCH Victor Baptista Adami para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 16 – Hidrograma de Cheias PCH Victor Baptista Adami

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Passos Maia										
Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			397,00	478,00	556,00	657,00	732,00	906,00	981,00	1230,00
Dia 01	12	0,160	63,47	76,43	88,90	105,04	117,04	144,86	156,85	196,66
	13	0,162	64,30	77,42	90,06	106,42	118,57	146,75	158,90	199,23
	14	0,164	65,13	78,42	91,22	107,79	120,09	148,64	160,95	201,80
	15	0,166	65,96	79,42	92,38	109,16	121,62	150,53	162,99	204,37
	16	0,168	66,79	80,42	93,54	110,53	123,15	152,43	165,04	206,93
	17	0,170	67,62	81,42	94,70	111,91	124,68	154,32	167,09	209,50
	18	0,172	68,45	82,42	95,86	113,28	126,21	156,21	169,14	212,07
	19	0,175	69,28	83,41	97,02	114,65	127,74	158,10	171,19	214,64
	20	0,177	70,11	84,41	98,19	116,02	129,27	159,99	173,24	217,21
	21	0,179	70,94	85,41	99,35	117,39	130,80	161,89	175,29	219,78
	22	0,181	71,77	86,41	100,51	118,77	132,32	163,78	177,34	222,35
	23	0,183	72,60	87,41	101,67	120,14	133,85	165,67	179,39	224,92
	24	0,185	73,42	88,41	102,83	121,51	135,38	167,56	181,43	227,49
	1	0,187	74,25	89,40	103,99	122,88	136,91	169,45	183,48	230,05
	2	0,189	75,08	90,40	105,15	124,26	138,44	171,35	185,53	232,62
	3	0,191	75,91	91,40	106,31	125,63	139,97	173,24	187,58	235,19
	4	0,193	76,74	92,40	107,48	127,00	141,50	175,13	189,63	237,76
	5	0,195	77,57	93,40	108,64	128,37	143,03	177,02	191,68	240,33
	6	0,197	78,40	94,39	109,80	129,74	144,55	178,92	193,73	242,90
	7	0,200	79,23	95,39	110,96	131,12	146,08	180,81	195,78	245,47
	8	0,202	80,06	96,39	112,12	132,49	147,61	182,70	197,82	248,04
	9	0,204	80,89	97,39	113,28	133,86	149,14	184,59	199,87	250,61
	10	0,206	81,72	98,39	114,44	135,23	150,67	186,48	201,92	253,17
	11	0,208	82,54	99,39	115,60	136,60	152,20	188,38	203,97	255,74
12	0,210	83,37	100,38	116,77	137,98	153,73	190,27	206,02	258,31	
13	0,212	83,98	101,11	117,61	138,98	154,84	191,65	207,51	260,18	
14	0,213	84,58	101,84	118,46	139,98	155,95	193,03	209,00	262,06	
15	0,215	85,19	102,57	119,30	140,98	157,07	194,40	210,50	263,93	
16	0,216	85,79	103,29	120,15	141,98	158,18	195,78	211,99	265,80	
17	0,218	86,39	104,02	121,00	142,97	159,30	197,16	213,48	267,67	
18	0,219	87,00	104,75	121,84	143,97	160,41	198,54	214,98	269,54	
19	0,221	87,60	105,48	122,69	144,97	161,52	199,92	216,47	271,41	
20	0,222	88,21	106,20	123,53	145,97	162,64	201,30	217,96	273,28	
21	0,224	88,81	106,93	124,38	146,97	163,75	202,68	219,45	275,16	
22	0,225	89,41	107,66	125,23	147,97	164,86	204,05	220,95	277,03	
23	0,227	90,02	108,38	126,07	148,97	165,98	205,43	222,44	278,90	
24	0,228	90,62	109,11	126,92	149,97	167,09	206,81	223,93	280,77	
1	0,230	91,23	109,84	127,76	150,97	168,21	208,19	225,42	282,64	
2	0,231	91,83	110,57	128,61	151,97	169,32	209,57	226,92	284,51	
3	0,233	92,43	111,29	129,45	152,97	170,43	210,95	228,41	286,38	
4	0,234	93,04	112,02	130,30	153,97	171,55	212,32	229,90	288,26	
5	0,236	93,64	112,75	131,15	154,97	172,66	213,70	231,39	290,13	
6	0,237	94,25	113,48	131,99	155,97	173,77	215,08	232,89	292,00	
7	0,239	94,85	114,20	132,84	156,97	174,89	216,46	234,38	293,87	
8	0,240	95,45	114,93	133,68	157,97	176,00	217,84	235,87	295,74	

	9	0,242	96,06	115,66	134,53	158,97	177,12	219,22	237,36	297,61
	10	0,243	96,66	116,38	135,38	159,97	178,23	220,60	238,86	299,48
	11	0,245	97,27	117,11	136,22	160,97	179,34	221,97	240,35	301,36
	12	0,247	97,87	117,84	137,07	161,97	180,46	223,35	241,84	303,23
	13	0,255	101,14	121,78	141,65	167,38	186,48	230,81	249,92	313,36
	14	0,263	104,41	125,71	146,23	172,79	192,51	238,27	258,00	323,49
	15	0,271	107,68	129,65	150,80	178,20	198,54	245,74	266,08	333,61
	16	0,279	110,95	133,58	155,38	183,61	204,57	253,20	274,16	343,74
	17	0,288	114,22	137,52	159,96	189,02	210,60	260,66	282,24	353,87
	18	0,296	117,49	141,46	164,54	194,43	216,63	268,12	290,31	364,00
	19	0,304	120,76	145,39	169,12	199,84	222,65	275,58	298,39	374,13
	20	0,312	124,03	149,33	173,70	205,25	228,68	283,04	306,47	384,26
	21	0,321	127,30	153,27	178,28	210,66	234,71	290,50	314,55	394,39
	22	0,329	130,56	157,20	182,86	216,07	240,74	297,96	322,63	404,52
	23	0,337	133,83	161,14	187,43	221,48	246,77	305,42	330,71	414,65
	24	0,345	137,10	165,08	192,01	226,89	252,79	312,89	338,79	424,78
Dia 03	1	0,354	140,37	169,01	196,59	232,30	258,82	320,35	346,87	434,91
	2	0,362	143,64	172,95	201,17	237,71	264,85	327,81	354,94	445,04
	3	0,370	146,91	176,89	205,75	243,13	270,88	335,27	363,02	455,17
	4	0,378	150,18	180,82	210,33	248,54	276,91	342,73	371,10	465,30
	5	0,387	153,45	184,76	214,91	253,95	282,94	350,19	379,18	475,42
	6	0,395	156,72	188,69	219,49	259,36	288,96	357,65	387,26	485,55
	7	0,403	159,99	192,63	224,06	264,77	294,99	365,11	395,34	495,68
	8	0,411	163,26	196,57	228,64	270,18	301,02	372,57	403,42	505,81
	9	0,419	166,53	200,50	233,22	275,59	307,05	380,04	411,50	515,94
	10	0,428	169,80	204,44	237,80	281,00	313,08	387,50	419,57	526,07
	11	0,436	173,07	208,38	242,38	286,41	319,10	394,96	427,65	536,20
Dia 04	12	0,444	176,34	212,31	246,96	291,82	325,13	402,42	435,73	546,33
	13	0,482	191,29	230,31	267,90	316,56	352,70	436,54	472,67	592,65
	14	0,519	206,24	248,31	288,83	341,30	380,26	470,66	509,62	638,97
	15	0,557	221,19	266,32	309,77	366,04	407,83	504,77	546,56	685,29
	16	0,595	236,14	284,32	330,71	390,79	435,40	538,89	583,50	731,61
	17	0,632	251,09	302,32	351,65	415,53	462,96	573,01	620,44	777,93
	18	0,670	266,04	320,32	372,59	440,27	490,53	607,13	657,39	824,25
	19	0,708	280,99	338,32	393,52	465,01	518,09	641,25	694,33	870,57
	20	0,745	295,94	356,32	414,46	489,75	545,66	675,36	731,27	916,89
	21	0,783	310,89	374,32	435,40	514,49	573,22	709,48	768,22	963,21
	22	0,821	325,84	392,32	456,34	539,23	600,79	743,60	805,16	1009,52
	23	0,858	340,79	410,32	477,28	563,98	628,36	777,72	842,10	1055,84
	24	0,896	355,74	428,32	498,21	588,72	655,92	811,84	879,04	1102,16
	1	0,934	370,69	446,32	519,15	613,46	683,49	845,96	915,99	1148,48
	2	0,971	385,64	464,32	540,09	638,20	711,05	880,07	952,93	1194,80
	3	1,009	400,59	482,32	561,03	662,94	738,62	914,19	989,87	1241,12
	4	1,047	415,54	500,32	581,97	687,68	766,19	948,31	1026,81	1287,44
	5	1,084	430,49	518,32	602,90	712,42	793,75	982,43	1063,76	1333,76
	6	1,122	445,44	536,32	623,84	737,17	821,32	1016,55	1100,70	1380,08
	7	1,160	460,39	554,32	644,78	761,91	848,88	1050,67	1137,64	1426,40
	8	1,197	475,34	572,33	665,72	786,65	876,45	1084,78	1174,58	1472,72
	9	1,235	490,29	590,33	686,66	811,39	904,01	1118,90	1211,53	1519,04
	10	1,273	505,24	608,33	707,59	836,13	931,58	1153,02	1248,47	1565,36
	11	1,310	520,19	626,33	728,53	860,87	959,15	1187,14	1285,41	1611,68

Dia 05	12	1,348	535,14	644,33	749,47	885,61	986,71	1221,26	1322,35	1658,00
	13	1,318	523,30	630,07	732,88	866,01	964,87	1194,22	1293,08	1621,30
	14	1,288	511,45	615,80	716,29	846,41	943,03	1167,19	1263,81	1584,60
	15	1,258	499,61	601,54	699,70	826,80	921,19	1140,16	1234,54	1547,90
	16	1,229	487,76	587,28	683,11	807,20	899,35	1113,12	1205,27	1511,19
	17	1,199	475,91	573,01	666,52	787,60	877,50	1086,09	1176,00	1474,49
	18	1,169	464,07	558,75	649,93	767,99	855,66	1059,06	1146,73	1437,79
	19	1,139	452,22	544,49	633,34	748,39	833,82	1032,02	1117,46	1401,09
	20	1,109	440,38	530,23	616,75	728,78	811,98	1004,99	1088,19	1364,39
	21	1,079	428,53	515,96	600,16	709,18	790,14	977,96	1058,91	1327,69
	22	1,050	416,69	501,70	583,57	689,58	768,30	950,92	1029,64	1290,99
	23	1,020	404,84	487,44	566,98	669,97	746,45	923,89	1000,37	1254,29
	24	0,990	392,99	473,18	550,39	650,37	724,61	896,86	971,10	1217,59
	1	0,960	381,15	458,91	533,80	630,77	702,77	869,82	941,83	1180,89
	2	0,930	369,30	444,65	517,21	611,16	680,93	842,79	912,56	1144,19
	3	0,900	357,46	430,39	500,62	591,56	659,09	815,76	883,29	1107,49
	4	0,871	345,61	416,13	484,03	571,96	637,25	788,72	854,02	1070,78
	5	0,841	333,77	401,86	467,44	552,35	615,41	761,69	824,74	1034,08
	6	0,811	321,92	387,60	450,85	532,75	593,56	734,66	795,47	997,38
	7	0,781	310,07	373,34	434,26	513,14	571,72	707,62	766,20	960,68
	8	0,751	298,23	359,08	417,67	493,54	549,88	680,59	736,93	923,98
	9	0,721	286,38	344,81	401,08	473,94	528,04	653,56	707,66	887,28
	10	0,692	274,54	330,55	384,49	454,33	506,20	626,52	678,39	850,58
	11	0,662	262,69	316,29	367,90	434,73	484,36	599,49	649,12	813,88
Dia 06	12	0,632	250,85	302,02	351,31	415,13	462,52	572,46	619,85	777,18
	13	0,624	247,65	298,18	346,83	409,84	456,62	565,17	611,95	767,28
	14	0,616	244,45	294,33	342,36	404,55	450,73	557,87	604,06	757,38
	15	0,608	241,26	290,48	337,89	399,26	444,84	550,58	596,16	747,48
	16	0,600	238,06	286,64	333,41	393,98	438,95	543,29	588,27	737,58
	17	0,592	234,87	282,79	328,94	388,69	433,06	536,00	580,37	727,68
	18	0,584	231,67	278,94	324,46	383,40	427,17	528,71	572,48	717,78
	19	0,576	228,48	275,10	319,99	378,11	421,28	521,42	564,58	707,88
	20	0,567	225,28	271,25	315,51	372,83	415,39	514,13	556,69	697,99
	21	0,559	222,09	267,40	311,04	367,54	409,50	506,83	548,79	688,09
	22	0,551	218,89	263,56	306,56	362,25	403,60	499,54	540,90	678,19
	23	0,543	215,70	259,71	302,09	356,96	397,71	492,25	533,00	668,29
	24	0,535	212,50	255,86	297,61	351,68	391,82	484,96	525,11	658,39
	1	0,527	209,31	252,02	293,14	346,39	385,93	477,67	517,21	648,49
	2	0,519	206,11	248,17	288,66	341,10	380,04	470,38	509,32	638,59
	3	0,511	202,92	244,32	284,19	335,81	374,15	463,09	501,42	628,69
	4	0,503	199,72	240,47	279,72	330,53	368,26	455,79	493,53	618,79
	5	0,495	196,53	236,63	275,24	325,24	362,37	448,50	485,63	608,90
	6	0,487	193,33	232,78	270,77	319,95	356,48	441,21	477,74	599,00
	7	0,479	190,14	228,93	266,29	314,66	350,58	433,92	469,84	589,10
	8	0,471	186,94	225,09	261,82	309,38	344,69	426,63	461,95	579,20
	9	0,463	183,75	221,24	257,34	304,09	338,80	419,34	454,05	569,30
	10	0,455	180,55	217,39	252,87	298,80	332,91	412,05	446,16	559,40
	11	0,447	177,36	213,55	248,39	293,51	327,02	404,75	438,26	549,50
Dia 07	12	0,439	174,16	209,70	243,92	288,23	321,13	397,46	430,37	539,60
	13	0,433	171,91	206,98	240,75	284,49	316,96	392,31	424,78	532,60
	14	0,427	169,65	204,26	237,59	280,75	312,80	387,15	419,20	525,60

	15	0,422	167,39	201,54	234,42	277,01	308,63	381,99	413,62	518,60
	16	0,416	165,13	198,82	231,26	273,27	304,47	376,84	408,03	511,60
	17	0,410	162,87	196,10	228,10	269,53	300,30	371,68	402,45	504,60
	18	0,405	160,61	193,38	224,93	265,79	296,13	366,53	396,87	497,60
	19	0,399	158,35	190,66	221,77	262,05	291,97	361,37	391,28	490,60
	20	0,393	156,09	187,94	218,60	258,31	287,80	356,21	385,70	483,60
	21	0,387	153,83	185,22	215,44	254,57	283,64	351,06	380,12	476,60
	22	0,382	151,57	182,49	212,27	250,84	279,47	345,90	374,53	469,60
	23	0,376	149,31	179,77	209,11	247,10	275,30	340,74	368,95	462,60
	24	0,370	147,05	177,05	205,95	243,36	271,14	335,59	363,37	455,60
	1	0,365	144,79	174,33	202,78	239,62	266,97	330,43	357,79	448,60
	2	0,359	142,53	171,61	199,62	235,88	262,81	325,28	352,20	441,60
	3	0,353	140,27	168,89	196,45	232,14	258,64	320,12	346,62	434,60
	4	0,348	138,01	166,17	193,29	228,40	254,47	314,96	341,04	427,60
	5	0,342	135,75	163,45	190,12	224,66	250,31	309,81	335,45	420,60
	6	0,336	133,49	160,73	186,96	220,92	246,14	304,65	329,87	413,60
	7	0,331	131,24	158,01	183,80	217,18	241,97	299,49	324,29	406,60
	8	0,325	128,98	155,29	180,63	213,44	237,81	294,34	318,70	399,60
	9	0,319	126,72	152,57	177,47	209,70	233,64	289,18	313,12	392,60
	10	0,313	124,46	149,85	174,30	205,96	229,48	284,02	307,54	385,60
	11	0,308	122,20	147,13	171,14	202,23	225,31	278,87	301,95	378,60
	12	0,302	119,94	144,41	167,97	198,49	221,14	273,71	296,37	371,60
	13	0,299	118,89	143,15	166,51	196,76	219,22	271,33	293,79	368,36
	14	0,297	117,85	141,89	165,05	195,03	217,29	268,94	291,21	365,12
	15	0,294	116,80	140,63	163,58	193,30	215,36	266,56	288,62	361,88
	16	0,292	115,76	139,38	162,12	191,57	213,44	264,17	286,04	358,64
	17	0,289	114,71	138,12	160,65	189,84	211,51	261,79	283,46	355,41
	18	0,286	113,67	136,86	159,19	188,11	209,58	259,40	280,87	352,17
	19	0,284	112,62	135,60	157,73	186,38	207,66	257,02	278,29	348,93
	20	0,281	111,58	134,34	156,26	184,65	205,73	254,63	275,71	345,69
	21	0,278	110,53	133,08	154,80	182,92	203,80	252,25	273,13	342,45
	22	0,276	109,49	131,82	153,34	181,19	201,87	249,86	270,54	339,21
	23	0,273	108,44	130,57	151,87	179,46	199,95	247,48	267,96	335,98
	24	0,271	107,40	129,31	150,41	177,73	198,02	245,09	265,38	332,74
	1	0,268	106,35	128,05	148,95	176,00	196,09	242,71	262,80	329,50
	2	0,265	105,31	126,79	147,48	174,27	194,17	240,32	260,21	326,26
	3	0,263	104,26	125,53	146,02	172,54	192,24	237,94	257,63	323,02
	4	0,260	103,22	124,27	144,55	170,81	190,31	235,55	255,05	319,79
	5	0,257	102,17	123,02	143,09	169,08	188,38	233,16	252,47	316,55
	6	0,255	101,13	121,76	141,63	167,35	186,46	230,78	249,88	313,31
	7	0,252	100,08	120,50	140,16	165,62	184,53	228,39	247,30	310,07
	8	0,249	99,04	119,24	138,70	163,89	182,60	226,01	244,72	306,83
	9	0,247	97,99	117,98	137,24	162,16	180,68	223,62	242,14	303,60
	10	0,244	96,94	116,72	135,77	160,44	178,75	221,24	239,55	300,36
	11	0,242	95,90	115,47	134,31	158,71	176,82	218,85	236,97	297,12
	12	0,239	94,85	114,21	132,84	156,98	174,90	216,47	234,39	293,88
	13	0,237	94,08	113,27	131,76	155,69	173,46	214,70	232,47	291,48
	14	0,235	93,30	112,34	130,67	154,40	172,03	212,92	230,55	289,07
	15	0,233	92,52	111,40	129,58	153,12	170,60	211,15	228,63	286,66
	16	0,231	91,75	110,47	128,49	151,83	169,17	209,38	226,71	284,25
	17	0,229	90,97	109,53	127,40	150,55	167,73	207,61	224,79	281,85

	18	0,227	90,19	108,60	126,32	149,26	166,30	205,83	222,87	279,44
	19	0,225	89,42	107,66	125,23	147,98	164,87	204,06	220,95	277,03
	20	0,223	88,64	106,73	124,14	146,69	163,44	202,29	219,03	274,63
	21	0,221	87,86	105,79	123,05	145,41	162,01	200,51	217,11	272,22
	22	0,219	87,09	104,85	121,97	144,12	160,57	198,74	215,19	269,81
	23	0,217	86,31	103,92	120,88	142,84	159,14	196,97	213,27	267,41
	24	0,215	85,53	102,98	119,79	141,55	157,71	195,20	211,35	265,00
	1	0,213	84,76	102,05	118,70	140,26	156,28	193,42	209,44	262,59
	2	0,212	83,98	101,11	117,61	138,98	154,84	191,65	207,52	260,19
	3	0,210	83,20	100,18	116,53	137,69	153,41	189,88	205,60	257,78
	4	0,208	82,43	99,24	115,44	136,41	151,98	188,11	203,68	255,37
	5	0,206	81,65	98,31	114,35	135,12	150,55	186,33	201,76	252,97
	6	0,204	80,87	97,37	113,26	133,84	149,11	184,56	199,84	250,56
	7	0,202	80,10	96,44	112,17	132,55	147,68	182,79	197,92	248,15
	8	0,200	79,32	95,50	111,09	131,27	146,25	181,01	196,00	245,75
	9	0,198	78,54	94,57	110,00	129,98	144,82	179,24	194,08	243,34
	10	0,196	77,77	93,63	108,91	128,69	143,39	177,47	192,16	240,93
	11	0,194	76,99	92,70	107,82	127,41	141,95	175,70	190,24	238,53
Dia 10	12	0,192	76,21	91,76	106,73	126,12	140,52	173,92	188,32	236,12

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

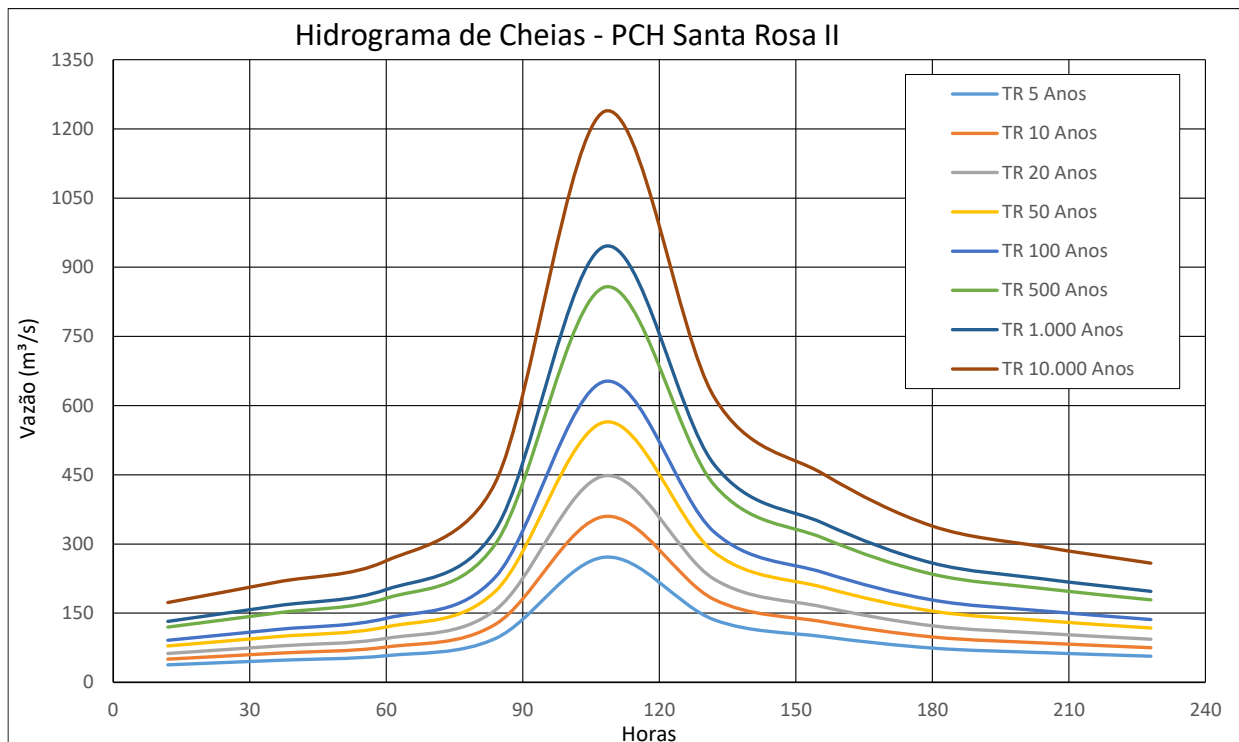


Gráfico 3 – Hidrograma de Cheias PCH Victor Baptista Adami para diversos Tempos de Recorrência

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 Victor Baptista Adami.

5.2.4.4 Capacidade de descarga do vertedouro

Conforme a Revisão periódica de Segurança da PCH Victor Baptista Adami o vertedouro está dimensionado para a vazão de projeto com recorrência de 1.000 anos de 1.322 m³/s com nível máximo do reservatório na elevação 1014,72 m.

A vazão com recorrência decamilenar resultou em 1.658 m³/s onde o nível do reservatório passaria a 1015,12 m, bastante abaixo da cota de proteção da barragem que está na elevação 1016,70 m.

O limite físico para vazões extremas no caso do vertedouro da PCH Victor Baptista Adami é a cota da base das vigas da ponte sobre o vertedouro, que estão na elevação 1015,20 m. Nessa elevação é possível passagem de uma vazão máxima de 1.730 m³/s, ou seja, acima da vazão de recorrência decamilenar, indicando que o vertedouro possui condições de operação segura sem risco de galgamento.

No Gráfico 4 estão apresentadas as curvas de descarga do vertedouro conforme o manual de operação do reservatório, conforme a atualização no RPS e indicada a elevação da base da ponte sobre o vertedouro. Pode-se observar que os níveis de água definidos no RPS estão ligeiramente acima daqueles definidos no manual de operação, porém, sem riscos para a segurança da estrutura.

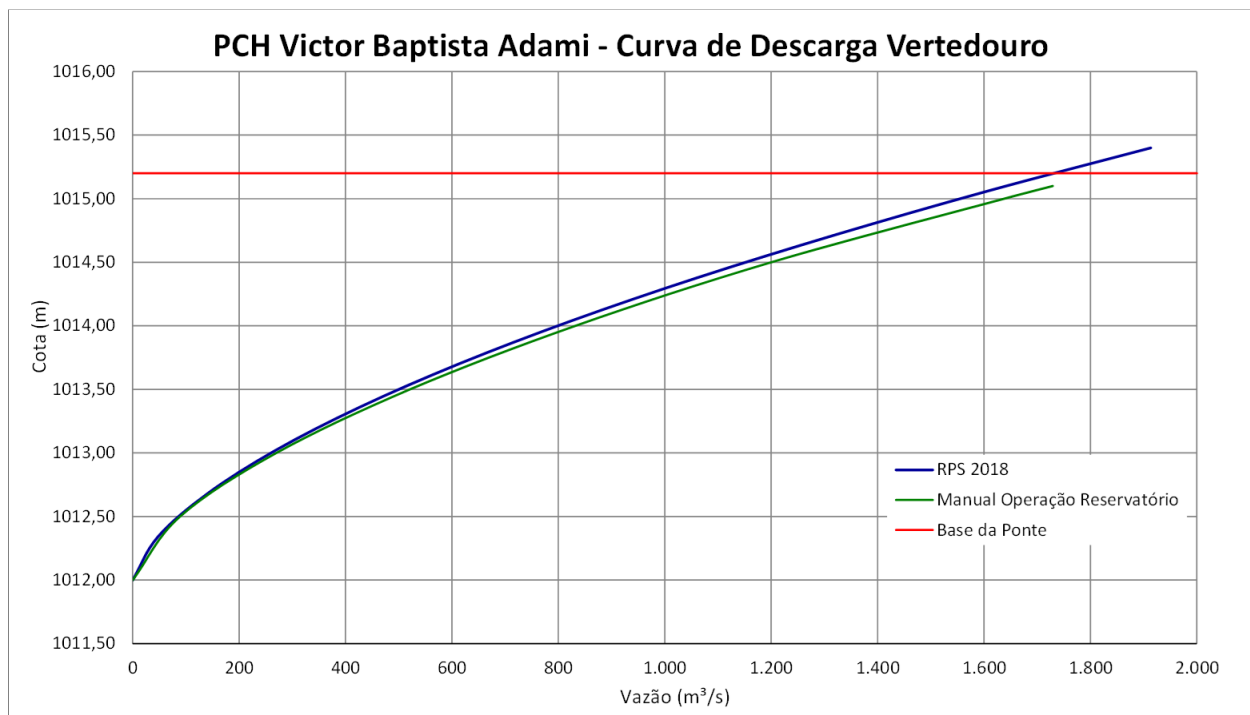


Gráfico 4 – Curva de Descarga Vertedouro PCH Victor Baptista Adami II

5.2.5 Calibração do modelo matemático

Com os dados da restituição - curvas de níveis, seções topobatimétricas e níveis de água (dados do item 5.2.2), foi calibrada a calha do rio Chapecó no trecho estudado no programa Hec-Ras. A

Figura 28 apresenta as 199 seções lançadas no programa e a Figura 29 apresenta o perfil do rio com os níveis de água obtidos para a calibração do modelo com dados topográficos de 2018. O desenho PMA-C-SER-003-00-18, no Volume II, apresenta a localização das seções.

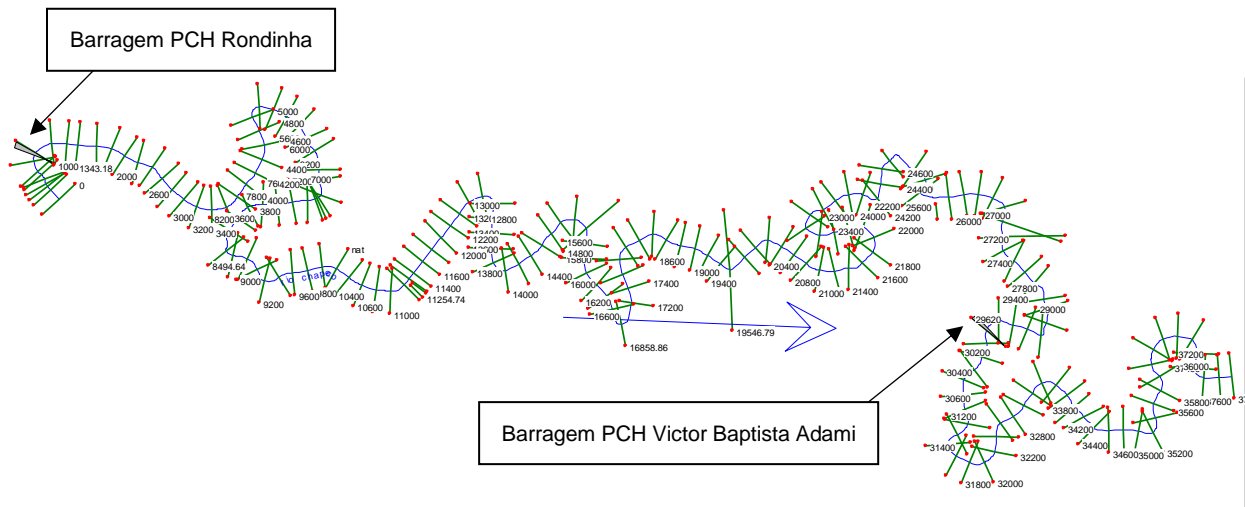


Figura 28 - Seções lançadas no Hec-Ras

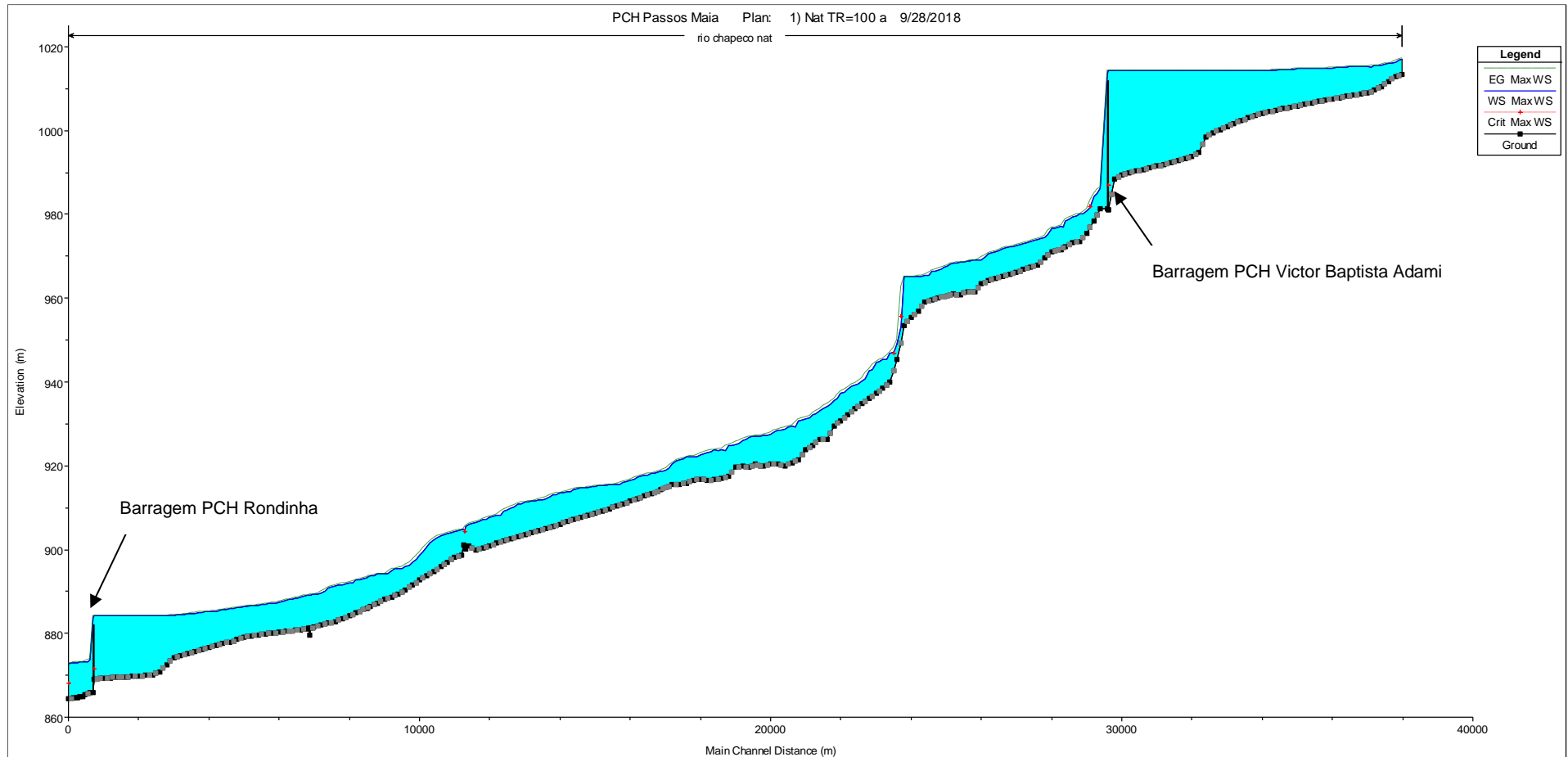


Figura 29 - Perfil do Rio Chapecó com Barramento

5.3 Causa considerada para o rompimento

Para as simulações das cheias naturais sem o rompimento da barragem verifica-se que não há galgamento em nenhuma parte da seção da barragem, conforme a Tabela 18.

Para determinar o rompimento, devido às características da barragem, a hipótese considerada foi **vazamento (piping) no ponto mais baixo do barramento de enrocamento com núcleo de argila.**

5.3.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento da Barragem Principal, maior altura, foi adotada uma brecha com geometria trapezoidal, localizada no ponto mais profundo da seção, com altura de 24 metros e largura de 30,00 m, dentro do limite de $0,5H < B < 3H$ estabelecido pelos critérios científicos de tamanho da brecha, de forma que a simulação apresente resultados conservativos. A inclinação do talude esquerdo e do talude direito é de 1 H:1 V.

A Figura 30 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

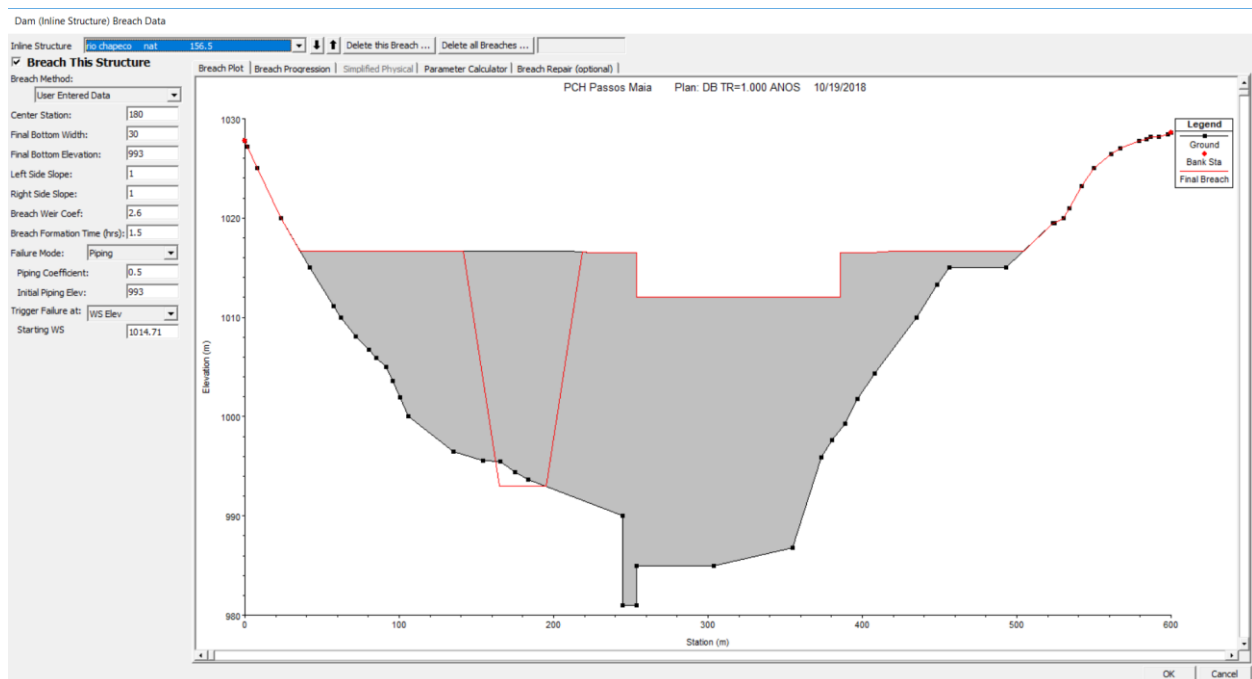


Figura 30 – Dados do Barramento enrocamento Victor Baptista Adami – Hec-Ras

O tempo adotado de formação da brecha de rompimento foi de 90 minutos de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha, conforme descrito apresentado na Figura 23 e definido no item 5.1.4.2 Tempo de rompimento.

5.4 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Chapecó na situação natural para as duas vazões (TR=100 e TR=1.000 anos), para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Victor Baptista Adami.

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 Victor Baptista Adami (Dam Break);

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da PCH Victor Baptista Adami.

Tabela 17 – Hidrogramas para PCH Victor Baptista Adami

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
100	987
1.000	1322

5.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 18 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Ponte de jusante somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Victor Baptista Adami nos diferentes tempos de recorrência considerados.

Nenhuma estrutura sofre alagamento com condição de enchente.

Tabela 18 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Victor Baptista Adami sem rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Enchente (m)	
		TR 100	TR 1.000
Barragem Victor Baptista Adami	1016,70	1014,23	1014,72
Casa de Força Victor Baptista Adami	936,70	933,07	934,02
Barragem Rondinha	887,00	884,08	884,55
Ponte de Jusante	875,92	872,78	874,00

5.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

Todas as simulações de rompimento foram efetuadas para o tempo de recorrência de 100 e 1000 anos, com o rompimento ocorrendo no pico máximo do hidrograma de enchentes para cada tempo de recorrência considerado.

A Tabela 19 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Ponte de jusante com a consideração do rompimento da Barragem de Victor Baptista Adami.

A Casa de Força e ponte de jusante é galgável a partir da enchente de TR=100 anos mais rompimento da barragem.

Tabela 19 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Victor Baptista Adami com rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Rompimento (m)
-----------	----------------------	------------------------------

		TR 100	TR 1.000
Barragem Victor Baptista Adami	1016,70	1014,22	1014,71
Casa de Força Victor Baptista Adami	936,70	939,65	940,25
Barragem Rondinha	887,00	886,59	886,82
Ponte de Jusante	875,92	878,24	878,67

5.5 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Victor Baptista Adami, Barragem da PCH Rondinha e ponte de jusante, para as condições de ocorrência de enchentes naturais e com rompimento da barragem. A Tabela 20 apresenta os níveis com condições de enchentes e rompimento da Barragem na Casa de Força, Barragem Rondinha e ponte, onde ocorre inundação com rompimento da barragem na própria casa de força e na ponte de jusante.

Tabela 20 - Níveis obtidos na Casa de Força e Ponte– Natural e com rompimento Barragem Victor Baptista Adami

Estrutura	Condição	Cota de Proteção (m)	NA Máximo (m)	
			TR 100	TR 1.000
Casa de Força Victor Baptista Adami	Natural sem rompimento	936,70	933,07	934,02
	Com rompimento barragem		939,65	940,25
Barragem Rondinha	Natural sem rompimento	887,00	884,08	884,55
	Com rompimento barragem		886,59	886,82
Ponte de Jusante	Natural sem rompimento	875,92	872,78	874,00
	Com rompimento barragem		878,24	878,67

A Tabela 21 apresenta os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda (Δ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção. Os pontos dos barramentos a jusante estão selecionados junto com outras seções de interesse que estão definidas nas descrições.

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

Tabela 21 –Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Victor Baptista Adami

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
199		168,22	37968,19	1013,37	1017,15	1017,15	0,00	2,45	986,71	1017,72	1017,72	0,00	2,66	1322,35
198		200,00	37799,97	1012,96	1016,40	1016,40	0,00	2,98	986,03	1017,01	1017,01	0,00	3,14	1320,03
197		200,00	37599,97	1011,79	1016,13	1016,13	0,00	1,29	984,95	1016,82	1016,82	0,00	1,25	1319,03
196		200,00	37399,97	1010,58	1015,65	1015,65	0,00	1,45	982,46	1016,50	1016,50	0,00	1,37	1316,36
195		200,00	37199,97	1009,63	1015,56	1015,56	0,00	1,21	981,83	1016,38	1016,38	0,00	1,35	1315,11
194		200,00	36999,97	1008,99	1015,32	1015,32	0,00	0,76	980,02	1016,12	1016,12	0,00	0,89	1312,65
193		200,00	36799,97	1008,76	1015,31	1015,31	0,00	0,60	979,69	1016,12	1016,12	0,00	0,66	1312,59
192		200,00	36599,97	1008,46	1015,24	1015,24	0,00	0,98	979,64	1016,05	1016,05	0,00	1,06	1312,23
191		200,00	36399,97	1008,17	1015,16	1015,16	0,00	1,01	978,57	1015,99	1015,99	0,00	1,01	1311,87
190		200,00	36199,97	1007,89	1015,06	1015,06	0,00	1,19	978,31	1015,88	1015,88	0,00	1,31	1310,85
189		200,00	35999,97	1007,59	1014,86	1014,86	0,00	1,78	977,35	1015,63	1015,63	0,00	2,03	1307,98
188		200,00	35799,97	1007,24	1014,81	1014,81	0,00	1,40	977,35	1015,58	1015,58	0,00	1,60	1307,61
187		200,00	35599,97	1006,95	1014,80	1014,80	0,00	0,89	977,48	1015,58	1015,58	0,00	1,00	1307,21
186		200,00	35399,97	1006,67	1014,73	1014,73	0,00	1,09	977,56	1015,49	1015,49	0,00	1,22	1306,84
185		200,00	35199,97	1006,24	1014,73	1014,73	0,00	0,45	977,46	1015,49	1015,49	0,00	0,52	1307,14
184		200,00	34999,97	1005,89	1014,72	1014,72	0,00	0,45	977,31	1015,47	1015,47	0,00	0,53	1306,79
183		200,00	34799,97	1005,59	1014,59	1014,59	0,00	1,18	977,25	1015,22	1015,22	0,00	1,44	1305,28
182		200,00	34599,97	1005,28	1014,51	1014,50	0,00	0,77	977,07	1015,12	1015,12	0,00	0,87	1305,06
181		200,00	34399,97	1004,87	1014,43	1014,42	0,00	1,00	976,99	1015,01	1015,01	0,00	1,21	1305,17
180		200,00	34199,97	1004,55	1014,39	1014,38	0,00	0,85	976,72	1014,96	1014,96	0,00	1,03	1305,11
179		200,00	33999,97	1004,19	1014,34	1014,33	0,00	0,92	976,63	1014,87	1014,87	0,00	1,14	1305,15
178		200,00	33799,97	1003,64	1014,34	1014,33	0,00	0,42	976,53	1014,87	1014,87	0,00	0,51	1305,01
177		200,00	33599,97	1003,02	1014,30	1014,29	0,00	0,71	975,92	1014,82	1014,82	0,00	0,86	1304,81
176		200,00	33399,97	1002,42	1014,29	1014,28	0,00	0,53	975,75	1014,80	1014,80	0,00	0,66	1304,67
175		200,00	33199,97	1001,77	1014,27	1014,27	0,00	0,59	975,67	1014,78	1014,78	0,00	0,74	1304,61
174		200,00	32999,97	1001,02	1014,25	1014,24	0,00	0,69	974,88	1014,74	1014,74	0,00	0,86	1304,31
173		200,00	32799,97	1000,24	1014,24	1014,23	0,00	0,58	974,76	1014,73	1014,73	0,00	0,74	1304,21

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
172		200,00	32599,97	999,52	1014,24	1014,23	0,00	0,43	973,96	1014,73	1014,72	0,00	0,54	1304,11
171		200,00	32399,97	998,47	1014,24	1014,23	0,00	0,23	974,61	1014,73	1014,73	0,00	0,29	1303,49
170		200,00	32199,97	994,86	1014,24	1014,23	0,00	0,13	973,07	1014,73	1014,73	0,00	0,17	1303,11
169		200,00	31999,97	993,82	1014,24	1014,23	0,00	0,16	972,68	1014,73	1014,73	0,00	0,21	1302,79
168		200,00	31799,97	993,35	1014,24	1014,23	0,00	0,14	972,37	1014,73	1014,73	0,00	0,19	1302,50
167		200,00	31599,97	992,92	1014,24	1014,23	0,00	0,16	972,05	1014,73	1014,72	0,00	0,21	1302,22
166		200,00	31399,97	992,39	1014,24	1014,23	0,00	0,22	971,91	1014,73	1014,72	0,00	0,28	1302,00
165		200,00	31199,97	991,91	1014,24	1014,23	0,00	0,16	971,81	1014,73	1014,72	0,00	0,20	1300,58
164		200,00	30999,97	991,52	1014,24	1014,23	0,00	0,17	968,77	1014,72	1014,72	0,00	0,22	1300,13
163		200,00	30799,97	991,19	1014,24	1014,22	0,00	0,28	968,52	1014,72	1014,71	0,00	0,36	1299,82
162		200,00	30599,97	990,73	1014,23	1014,22	0,00	0,29	968,45	1014,72	1014,71	0,00	0,37	1299,66
161		200,00	30399,97	990,28	1014,24	1014,22	0,00	0,12	965,75	1014,72	1014,71	0,00	0,16	1299,47
160		200,00	30199,97	989,80	1014,23	1014,22	0,00	0,23	965,35	1014,71	1014,71	0,00	0,30	1297,84
159		200,00	29999,97	989,36	1014,23	1014,22	0,00	0,15	965,13	1014,72	1014,71	0,00	0,19	1297,46
158		180,00	29799,97	988,56	1014,23	1014,22	0,00	0,15	964,99	1014,72	1014,71	0,00	0,20	1297,08
157		220,00	29619,97	986,64	1014,23	1014,22	0,00	0,13	961,84	1014,72	1014,71	0,00	0,17	1296,80
Barragem Victor Baptista Adami														
156		200,00	29399,97	981,44	986,63	994,83	8,20	3,26	5278,47	987,67	995,24	7,57	3,38	5663,94
155		200,00	29199,97	978,38	984,12	990,50	6,38	7,35	5273,47	984,72	990,93	6,21	7,40	5659,94
154		200,00	28999,97	975,44	981,40	988,90	7,50	5,31	5246,63	982,33	989,33	7,00	5,47	5635,99
153		200,00	28799,97	973,55	980,70	989,19	8,49	2,12	5255,83	981,75	989,71	7,96	2,17	5634,13
152		200,00	28599,97	973,30	980,00	988,42	8,42	3,10	5249,70	981,04	988,95	7,91	3,18	5632,12
151		120,00	28399,97	972,38	978,67	984,13	5,46	7,75	5246,59	979,48	984,37	4,89	8,09	5628,39
150	NA-1	279,99	28279,97	971,66	977,70	983,90	6,20	4,91	5239,66	978,51	984,27	5,76	5,06	5615,72
149		200,00	27999,98	971,09	977,00	983,04	6,04	3,53	5226,50	977,78	983,41	5,63	3,64	5599,86
148		200,00	27799,98	969,50	975,34	981,21	5,87	4,34	5102,41	976,12	981,58	5,46	4,47	5490,40
147		200,00	27599,98	967,96	974,70	980,86	6,16	2,61	5020,01	975,53	981,26	5,73	2,64	5406,16
146		200,00	27399,98	967,37	974,24	980,54	6,30	1,82	4975,28	975,07	980,98	5,91	1,83	5401,43

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
145		200,00	27199,98	966,79	973,69	979,96	6,27	2,44	4893,99	974,51	980,41	5,90	2,47	5312,53
144		200,00	26999,98	966,21	973,35	979,79	6,44	1,43	4890,55	974,17	980,25	6,08	1,41	5304,56
143		200,00	26799,98	965,69	972,98	979,43	6,45	1,89	4856,82	973,78	979,89	6,11	1,94	5260,28
142		200,00	26599,98	965,17	972,58	979,14	6,56	2,04	4853,67	973,35	979,60	6,25	2,07	5220,30
141		200,00	26399,98	964,65	972,10	978,82	6,72	2,14	4825,21	972,86	979,28	6,42	2,19	5217,00
140		200,00	26199,98	964,10	971,59	977,88	6,29	3,49	4762,91	972,21	978,34	6,13	3,56	5143,36
139		180,00	25999,98	963,55	970,33	977,04	6,71	2,44	4564,37	971,13	977,59	6,46	2,45	4929,03
138	STP-2	219,99	25819,98	961,51	969,74	976,85	7,11	2,21	4561,68	970,76	977,37	6,61	2,29	4926,48
137		200,00	25599,99	961,55	969,40	976,83	7,43	1,48	4554,95	970,44	977,37	6,93	1,51	4920,21
136		200,00	25399,99	960,84	969,15	976,61	7,46	1,40	4504,43	970,12	977,16	7,04	1,43	4865,25
135		440,00	25199,99	960,93	968,94	976,39	7,45	1,91	4498,94	969,91	976,94	7,03	1,94	4817,77
134	NA-2	160,00	24759,99	960,08	967,17	975,35	8,18	2,30	4423,23	968,12	976,07	7,95	2,17	4769,94
133		200,00	24599,99	959,58	966,64	974,92	8,28	2,44	4393,83	967,58	975,67	8,09	2,41	4738,43
132	Limite Montante Parque Araucarias	200,00	24399,99	959,03	964,85	973,90	9,05	3,39	4367,36	965,75	974,70	8,95	3,38	4712,24
131		200,00	24199,99	956,95	963,68	974,04	10,36	1,34	4364,84	964,90	974,84	9,94	1,32	4724,88
130		200,00	23999,99	955,29	963,31	973,69	10,38	2,25	4362,14	964,49	974,51	10,02	2,23	4711,48
129		200,00	23799,99	953,42	962,65	973,54	10,89	1,99	4360,51	964,06	974,35	10,29	2,04	4708,93
128		200,00	23599,99	945,38	949,77	955,83	6,06	5,07	4359,59	950,64	956,28	5,64	5,17	4710,44
127		200,00	23399,99	939,92	947,57	954,50	6,93	3,02	4355,11	948,60	954,99	6,39	3,08	4705,71
126		200,00	23199,99	938,48	945,46	952,08	6,62	4,86	4350,83	946,43	952,54	6,11	4,97	4704,03
125		200,00	22999,99	937,29	944,64	951,19	6,55	4,25	4350,47	945,64	951,63	5,99	4,37	4701,07
124		200,00	22799,99	936,06	942,69	949,25	6,56	5,05	4349,85	943,66	949,70	6,04	5,16	4700,81
123		200,00	22599,99	934,80	940,28	946,34	6,06	6,05	4346,63	941,15	946,77	5,62	6,16	4696,98
122		200,00	22399,99	933,52	939,39	945,44	6,05	4,91	4341,24	940,27	945,87	5,60	5,04	4690,92
121		200,00	22199,99	932,17	938,27	944,34	6,07	4,94	4334,36	939,14	944,78	5,64	5,02	4683,24
120		200,00	21999,99	930,78	937,30	943,47	6,17	4,41	4333,47	938,13	943,95	5,82	4,46	4682,57
119		200,00	21799,99	929,43	935,54	941,71	6,17	5,44	4326,76	936,38	942,20	5,82	5,51	4674,91
118	NA-3	200,00	21599,99	926,21	934,23	940,98	6,75	4,67	4325,47	935,24	941,47	6,23	4,74	4665,46

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
117	Casa de Força Victor Baptista Adami	200,00	21399,99	926,21	933,07	939,65	6,58	5,28	4318,88	934,02	940,25	6,23	4,60	4071,51
116		200,00	21199,99	924,83	932,10	939,18	7,08	4,27	4310,29	933,17	939,98	6,81	3,57	3939,11
115		200,00	20999,99	923,86	931,30	938,61	7,31	3,57	3828,57	932,46	939,64	7,18	3,26	3851,44
114		200,00	20799,99	921,52	930,74	938,10	7,36	3,63	3616,64	931,83	939,28	7,45	3,35	3766,72
113		200,00	20599,99	920,62	929,40	937,56	8,16	3,36	3488,68	930,38	938,87	8,49	3,14	3644,04
112		200,00	20399,99	920,00	928,80	937,30	8,50	3,20	3447,15	929,68	938,69	9,01	2,94	3643,23
111		200,00	20199,99	920,36	928,46	937,44	8,98	1,85	3445,51	929,37	938,82	9,45	1,72	3642,31
110		200,00	19999,99	920,34	927,58	937,14	9,56	2,55	3410,18	928,40	938,57	10,17	2,41	3641,15
109		253,20	19799,99	919,88	927,22	937,30	10,08	0,89	3439,78	928,10	938,72	10,62	0,82	3639,19
108		146,78	19546,79	920,34	927,06	937,28	10,22	0,86	3431,84	927,94	938,71	10,77	0,77	3636,10
107		200,00	19400,01	919,66	926,68	937,26	10,58	0,99	3427,95	927,57	938,69	11,12	0,91	3634,68
106		200,00	19200,01	919,83	925,96	937,15	11,19	1,61	3424,98	926,88	938,60	11,72	1,49	3633,64
105		200,00	19000,01	919,61	925,17	937,03	11,86	1,95	3423,10	926,06	938,50	12,44	1,83	3633,05
104		200,00	18800,01	917,55	924,79	936,99	12,20	1,89	3421,71	925,65	938,47	12,82	1,79	3632,72
103		200,00	18600,01	917,03	923,74	927,65	3,91	5,18	3421,79	924,48	927,93	3,45	5,28	3631,91
102	NA-4	200,00	18400,01	916,72	923,77	928,29	4,52	2,36	3421,58	924,59	928,61	4,02	2,39	3633,41
101		200,00	18200,01	916,52	923,13	927,01	3,88	4,79	3421,39	923,80	927,34	3,54	4,82	3632,99
100		200,00	18000,01	916,81	922,59	926,55	3,96	4,26	3421,14	923,20	926,94	3,74	4,23	3632,53
99		200,00	17800,01	916,59	922,24	924,96	2,72	2,55	3420,64	922,74	925,11	2,37	2,63	3632,18
98		200,00	17600,01	915,83	922,06	924,57	2,51	2,72	3420,37	922,52	924,72	2,20	2,80	3631,75
97		200,00	17400,01	915,60	921,48	923,50	2,02	3,90	3417,52	921,82	923,61	1,79	4,01	3628,34
96		341,16	17200,01	915,41	920,46	922,56	2,10	2,72	3394,83	921,12	922,72	1,60	2,73	3602,22
95		258,87	16858,85	914,21	918,78	922,22	3,44	1,57	3381,49	919,46	922,43	2,97	1,57	3581,73
94		200,00	16599,98	913,28	918,11	921,74	3,63	2,36	3363,70	918,78	921,97	3,19	2,36	3568,44
93		200,00	16399,98	912,72	917,69	921,21	3,52	2,24	3324,72	918,35	921,46	3,11	2,25	3528,62
92		200,00	16199,98	912,15	917,15	920,98	3,83	2,05	3306,37	917,81	921,26	3,45	1,99	3510,27
91		200,00	15999,98	911,54	916,62	920,62	4,00	2,32	3287,51	917,30	920,92	3,62	2,31	3491,78
90		200,00	15799,98	910,94	916,07	920,38	4,31	2,34	3268,70	916,83	920,70	3,87	2,34	3482,40

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
89		200,00	15599,98	910,35	915,57	920,30	4,73	1,71	3267,95	916,48	920,63	4,15	1,68	3481,23
88		200,00	15399,98	909,77	915,45	920,27	4,82	1,29	3266,90	916,39	920,60	4,21	1,26	3479,52
87		200,00	15199,98	909,24	915,29	920,12	4,83	1,70	3260,51	916,25	920,45	4,20	1,71	3473,15
86		200,00	14999,98	908,72	915,12	919,99	4,87	1,73	3260,28	916,09	920,33	4,24	1,74	3472,66
85		200,00	14799,98	908,20	914,85	919,71	4,86	2,18	3255,76	915,83	920,05	4,22	2,21	3468,37
84		200,00	14599,98	907,69	914,73	919,64	4,91	1,62	3255,60	915,72	919,98	4,26	1,64	3468,10
83		200,00	14399,98	907,16	914,21	919,08	4,87	3,00	3252,26	915,19	919,41	4,22	3,04	3465,13
82		200,00	14199,98	906,64	913,82	918,85	5,03	2,46	3251,93	914,83	919,19	4,36	2,47	3464,85
81		200,00	13999,98	906,11	913,46	918,45	4,99	2,70	3249,10	914,47	918,79	4,32	2,74	3462,52
80		200,00	13799,98	905,51	912,96	917,69	4,73	3,77	3246,43	913,94	917,99	4,05	3,86	3460,35
79		200,00	13599,98	904,98	912,20	916,69	4,49	4,39	3236,45	913,13	916,98	3,85	4,48	3454,88
78		200,00	13399,98	904,46	911,78	916,39	4,61	3,42	3236,16	912,71	916,69	3,98	3,47	3451,49
77		200,00	13199,98	903,95	911,55	916,47	4,92	1,60	3235,54	912,53	916,79	4,26	1,61	3453,80
76		200,00	12999,98	903,43	911,32	916,40	5,08	1,27	3234,66	912,36	916,72	4,36	1,29	3452,76
75		200,00	12799,98	903,00	910,80	915,34	4,54	3,58	3233,06	911,81	915,59	3,78	3,70	3451,25
74		200,00	12599,98	902,49	909,87	914,52	4,65	3,53	3231,47	910,78	914,78	4,00	3,56	3448,28
73		200,00	12399,98	901,99	909,25	913,86	4,61	2,65	3229,45	910,09	914,17	4,08	2,60	3447,61
72		200,00	12199,98	901,48	908,26	912,67	4,41	3,74	3227,65	909,10	912,99	3,89	3,80	3444,41
71		200,00	11999,98	900,95	907,70	912,06	4,36	3,56	3225,87	908,53	912,38	3,85	3,62	3442,48
70		200,00	11799,98	900,44	907,13	911,51	4,38	3,11	3223,96	907,94	911,83	3,89	3,16	3442,21
69		200,00	11599,98	899,92	906,52	910,73	4,21	3,45	3222,01	907,27	911,05	3,78	3,53	3440,32
68		94,87	11399,98	900,79	905,88	909,98	4,10	3,75	3219,94	906,54	910,30	3,76	3,80	3438,31
67	SB-3	25,63	11305,11	900,05	905,40	909,52	4,12	3,89	3219,82	905,98	909,86	3,88	3,92	3436,21
66	SB-2	24,76	11279,48	900,88	904,47	909,49	5,02	3,67	3219,76	905,37	909,85	4,48	3,66	3436,19
65	SB-1	54,74	11254,72	900,98	904,74	909,74	5,00	2,60	3219,70	905,67	910,09	4,42	2,63	3437,90
64	NA-5	200,00	11199,98	898,65	904,78	909,91	5,13	1,27	3219,60	905,77	910,27	4,50	1,30	3437,69
63		200,00	10999,98	898,14	904,27	909,12	4,85	3,25	3219,18	905,21	909,48	4,27	3,31	3436,19
62		200,00	10799,98	897,03	903,70	908,30	4,60	3,96	3218,18	904,59	908,64	4,05	4,05	3436,03

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
61		200,00	10599,98	895,91	903,22	907,65	4,43	3,93	3218,10	904,06	907,98	3,92	4,02	3435,78
60		200,00	10399,98	894,79	902,23	906,24	4,01	4,98	3217,91	902,96	906,55	3,59	5,08	3435,17
59		200,00	10199,98	893,70	900,62	905,35	4,73	4,38	3217,61	901,53	905,70	4,17	4,45	3435,06
58		200,00	9999,98	892,67	898,54	902,90	4,36	5,77	3217,31	899,39	903,21	3,82	5,86	3434,89
57		200,00	9799,98	891,57	896,91	900,62	3,71	6,19	3214,29	897,70	900,85	3,15	6,37	3432,48
56		200,00	9599,98	890,45	895,95	900,10	4,15	4,02	3212,11	896,81	900,40	3,59	4,08	3428,23
55		200,00	9399,98	889,43	895,56	899,63	4,07	3,09	3206,97	896,42	899,91	3,49	3,20	3425,46
54		200,00	9199,98	888,59	895,08	899,23	4,15	2,91	3203,98	895,93	899,53	3,60	2,96	3422,47
53		200,00	8999,98	888,03	894,25	898,64	4,39	1,42	3197,06	895,17	898,97	3,80	1,45	3415,47
52		200,00	8799,98	887,23	894,17	898,54	4,37	1,50	3196,61	895,09	898,87	3,78	1,54	3414,95
51		105,36	8599,98	886,40	893,71	898,19	4,48	1,57	3193,55	894,60	898,52	3,92	1,58	3411,84
50		294,63	8494,62	886,02	893,34	897,85	4,51	2,43	3191,08	894,21	898,18	3,97	2,46	3409,28
49		200,00	8199,99	884,93	892,68	897,38	4,70	2,41	3190,80	893,65	897,71	4,06	2,46	3408,98
48		200,00	7999,99	884,15	892,14	896,53	4,39	3,22	3186,80	893,03	896,86	3,83	3,31	3406,90
47		200,00	7799,99	883,41	891,67	895,50	3,83	4,17	3181,68	892,46	895,79	3,33	4,29	3399,44
46		200,00	7599,99	882,83	891,28	895,08	3,80	3,42	3175,22	892,04	895,39	3,35	3,49	3396,08
45		200,00	7399,99	882,43	890,80	894,71	3,91	2,71	3171,56	891,58	895,04	3,46	2,75	3392,39
44		200,00	7199,99	882,02	889,57	894,24	4,67	2,82	3167,80	890,65	894,59	3,94	2,85	3388,65
43		102,66	6999,99	881,60	889,32	893,81	4,49	2,01	3159,65	890,19	894,16	3,97	2,05	3380,80
42	SB-4	25,36	6897,33	881,18	889,00	893,08	4,08	3,89	3150,56	889,81	893,39	3,58	4,01	3367,54
41	SB-5	26,06	6871,97	879,55	889,01	893,17	4,16	3,46	3150,52	889,83	893,49	3,66	3,56	3367,53
40	SB-6	45,91	6845,91	881,28	889,11	893,54	4,43	1,69	3155,17	889,97	893,88	3,91	1,72	3376,50
39		200,00	6800,00	881,16	889,06	893,53	4,47	1,55	3155,11	889,93	893,88	3,95	1,56	3376,39
38		138,34	6600,00	880,87	888,64	893,02	4,38	2,72	3150,80	889,51	893,36	3,85	2,77	3368,29
37	STP-1	261,66	6461,66	880,68	888,42	892,84	4,42	2,23	3146,27	889,30	893,19	3,89	2,29	3368,00
36		200,00	6200,00	880,47	887,95	892,31	4,36	2,56	3136,75	888,81	892,66	3,85	2,62	3359,36
35		200,00	6000,00	880,27	887,46	891,79	4,33	3,06	3125,98	888,32	892,13	3,81	3,13	3350,21
34	Casa de Força Taborda	200,00	5800,00	880,06	887,22	891,84	4,62	1,08	3130,51	888,17	892,20	4,03	1,10	3349,66

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
33	Limite Jusante Parque Araucarias	200,00	5600,00	879,86	886,96	891,54	4,58	2,03	3125,33	887,91	891,89	3,98	2,08	3345,25
32		200,00	5400,00	879,66	886,64	891,14	4,50	2,50	3115,71	887,58	891,49	3,91	2,54	3337,06
31		200,00	5200,00	879,44	886,55	891,14	4,59	1,41	3115,52	887,50	891,50	4,00	1,43	3340,41
30		200,00	5000,00	879,07	886,44	890,99	4,55	1,64	3115,20	887,39	891,34	3,95	1,68	3336,93
29		200,00	4800,00	878,49	886,09	890,58	4,49	2,38	3111,63	887,04	890,93	3,89	2,44	3333,92
28		200,00	4600,00	877,90	885,86	890,21	4,35	2,56	3108,09	886,78	890,55	3,77	2,61	3330,89
27		200,00	4400,00	877,61	885,54	889,58	4,04	3,22	3104,40	886,38	889,91	3,53	3,27	3324,64
26		200,00	4200,00	877,16	885,26	889,38	4,12	2,35	3100,38	886,08	889,72	3,64	2,40	3324,50
25		200,00	4000,00	876,66	885,15	889,13	3,98	2,39	3100,11	885,95	889,46	3,51	2,46	3321,35
24		200,00	3800,00	876,18	885,02	889,02	4,00	1,94	3096,49	885,81	889,36	3,55	1,97	3321,18
23		200,00	3600,00	875,67	884,76	888,57	3,81	2,55	3096,12	885,48	888,90	3,42	2,59	3318,38
22		200,00	3400,00	875,17	884,53	887,95	3,42	3,19	3089,34	885,18	888,25	3,07	3,29	3312,72
21		200,00	3200,00	874,66	884,37	887,41	3,04	3,38	3080,56	884,95	887,68	2,73	3,50	3305,96
20		200,00	3000,00	874,15	884,26	887,21	2,95	2,52	3075,06	884,81	887,49	2,68	2,60	3301,99
19		200,00	2800,00	872,59	884,23	887,20	2,97	1,63	3069,42	884,78	887,48	2,70	1,70	3301,71
18		200,00	2600,00	870,89	884,22	887,17	2,95	1,30	3069,29	884,77	887,45	2,68	1,36	3301,33
17		200,00	2400,00	870,13	884,19	887,06	2,87	1,39	3068,91	884,72	887,33	2,61	1,45	3297,99
16		200,00	2200,00	869,91	884,18	887,02	2,84	1,18	3068,36	884,70	887,29	2,59	1,23	3297,72
15		200,00	2000,00	869,81	884,15	886,89	2,74	1,56	3064,65	884,65	887,15	2,50	1,63	3297,38
14		200,00	1800,00	869,70	884,13	886,79	2,66	1,65	3064,47	884,62	887,04	2,42	1,73	3295,01
13		256,83	1600,00	869,59	884,12	886,79	2,67	1,15	3064,15	884,62	887,04	2,42	1,20	3294,88
12	NA-6	143,18	1343,17	869,46	884,11	886,72	2,61	1,22	3063,58	884,60	886,96	2,36	1,28	3294,61
11		200,00	1199,99	869,39	884,10	886,66	2,56	1,43	3063,27	884,58	886,89	2,31	1,51	3294,43
10		260,97	999,99	869,28	884,09	886,60	2,51	1,43	3062,85	884,56	886,83	2,27	1,51	3294,18
9		118,27	739,02	869,08	884,08	886,59	2,51	0,99	3061,88	884,55	886,82	2,27	1,04	3293,68
Barragem Rondinha														
8	SR-1C	150,30	620,75	865,96	873,62	879,00	5,38	2,66	3059,71	874,84	879,41	4,57	2,67	3291,13
7	SR-1B	65,45	470,45	865,27	873,17	878,69	5,52	2,37	3059,02	874,40	879,12	4,72	2,40	3290,79

PERFIL					TR 100 ANOS					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) *	NA (m)			Velocidade Máx (m/s) *	Vazão Máx. (m³/s) *
					Natural	Dam Break	Δ			Natural	Dam Break	Δ		
6	SR-1A	73,43	405,00	864,99	873,19	878,74	5,55	1,80	3058,71	874,44	879,17	4,73	1,84	3290,64
5	SR-1	65,43	331,57	864,88	873,16	878,70	5,54	1,80	3058,36	874,41	879,13	4,72	1,85	3290,49
4	SR-2	37,03	266,14	864,76	873,06	878,52	5,46	2,41	3057,09	874,29	878,94	4,65	2,46	3290,36
3	SR-3	69,11	229,11	864,69	873,01	878,40	5,39	2,66	3057,08	874,23	878,82	4,59	2,72	3290,30
2	SR-4	160,00	160,00	864,58	872,93	878,39	5,46	2,34	3057,04	874,14	878,82	4,68	2,37	3290,15
1	Ponte	0,00	0,00	864,31	872,78	878,24	5,46	2,15	3056,94	874,00	878,67	4,67	2,18	3289,80

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

As seções topobatimétricas SR e SB são referentes aos dados existentes e seções topobatimétricas STP e os níveis de água são referentes aos levantamentos topográficos 2018. Todos os dados estão apresentados no Anexo I – 2 Topografia.

5.6 Limite Físico a Jusante da PCH Victor Baptista Adami

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da PCH Victor Baptista Adami até a jusante da PCH Rondinha, compreendendo cerca de 38 km. Este trecho compreende:

- 25 km – segundo Guia da ANA Volume V, esse é o trecho onde, historicamente no mundo, ocorrem acidentes com vítimas fatais a jusante dos barramentos existentes;
- 3 horas após rompimento da barragem Victor Baptista Adami.

5.7 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

No trecho de jusante da Barragem Victor Baptista Adami não existe benfeitoras tipo edificações que possam ser afetadas com possível rompimento da barragem, somente o parque das Araucárias e PCH Rondinha, este fato foi confirmado pelo *Google Earth/Restituição* e verificadas em campo na realização da inspeção civil 2018.

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 Victor Baptista Adami (km)
157	Barragem PCH Victor Baptista Adami	29.620	0
132	Limite Montante Parque Araucarias	24.400	5,22
117	Casa de Força Victor Baptista Adami	21.400	8,22
34	Casa de Força Taborda	5.800	23,82
33	Limite Jusante Parque Araucarias	5.600	24,02
9	Barragem Rondinha	739	28,88
1	Ponte	-	29,62

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. Nos cotogramas o eixo X corresponde ao tempo a partir do rompimento e o eixo Y o nível em metros atingido pela onda de cheia.

As linhas de água traçadas nos cotogramas abaixo representam diferentes vazões estudadas, tempo de recorrência de 100 anos e 1.000 anos. A Figura 31 indica a legenda dos traçados utilizados para cada simulação, linha contínua para vazão de cheia natural e tracejada para cheia juntamente com o rompimento dam break sendo a mesma cor para o mesmo hidrograma de entrada com a mesma vazão de enchente no mesmo tempo de recorrência.

Linhas com grande variação nos cotogramas, como um serrilhado, indicam trechos onde ocorrem grandes variações de níveis. Nesses trechos o escoamento se comporta como em uma corredeira ocorrendo flutuação rápida nos níveis de água indicando grande velocidade e variação

do fluxo de fluvial para torrencial. Em alguns casos a variação de nível é tão acentuada que impossibilita ao programa reproduzir o cotograma de maneira consistente.



Figura 31 - Legenda dos Cotogramas

Na sequência estão descritos os resultados em todas as seções de interesse definidas, com a figura do local, indicação dos níveis máximos de água para as condições naturais e dam break, a altura máxima da onda, o tempo de início de chegada da onda de cheia e o tempo para o pico máximo da onda de cheia com o rompimento da barragem.

5.7.1 SL-132 – Montante do Parque das Araucárias

O início do parque das araucárias, a jusante da Barragem PCH Victor Baptista Adami, identificada pela seção SL-132, está localizada cerca de 5,22 km da barragem PCH Victor Baptista Adami (Figura 32).



Figura 32 – Localização – Início do Parque das araucárias - SL-132

Tabela 23 - Detalhe das simulações - SL-132 – Início do Parque das araucárias

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				
100 ANOS	964,85	973,9	9,05	00:15	01:45	04:45
1.000 ANOS	965,75	974,7	8,95	00:15	01:55	04:55

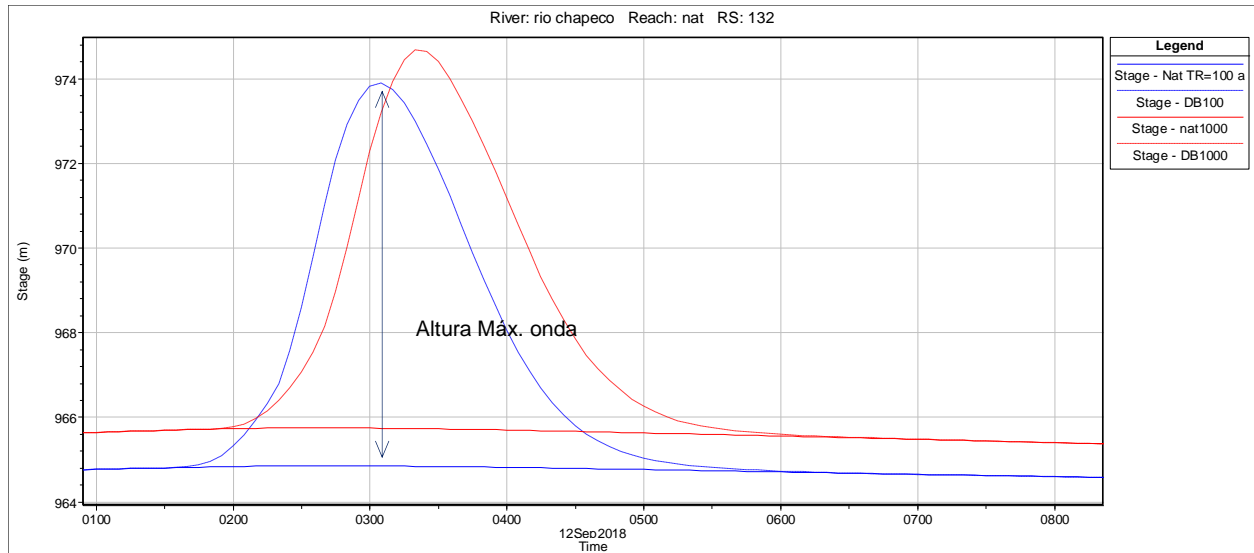


Figura 33 - Cotagrama - SL-132 – Início do Parque das araucárias

5.7.2 SL-117 – Casa de Força

A Casa de Força a jusante da Barragem PCH Victor Baptista Adami, identificada pela seção SL-117, está localizada cerca de 8,22 km da barragem PCH Victor Baptista Adami (Figura 34).



Figura 34 Localização Casa de Força Victor Baptista Adami - SL-117



Figura 35 – Casa de Força da PCH Victor Baptista Adami

Tabela 24 - Detalhe das simulações - SL-117 – Casa de Força

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				
100 ANOS	933,07	939,65	6,58	00:15	01:55	05:00
1.000 ANOS	934,02	940,25	6,23	00:20	02:15	05:05

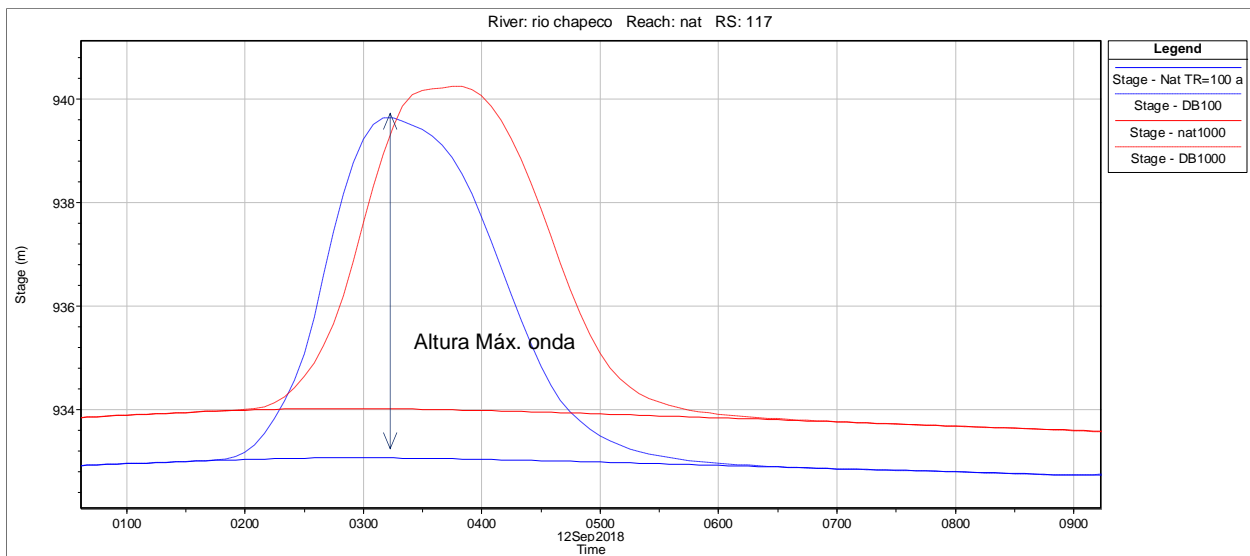


Figura 36 - Cotograma – SL-117 – Casa de Força

5.7.3 SL-34 – Casa de Força – CGH Taborda

A Casa de Força da CGH Taborda, no rio afluente, a jusante da Barragem PCH Victor Baptista Adami, identificada pela seção SL-34, está localizada cerca de 23,82 km da barragem PCH Victor Baptista Adami (Figura 39).

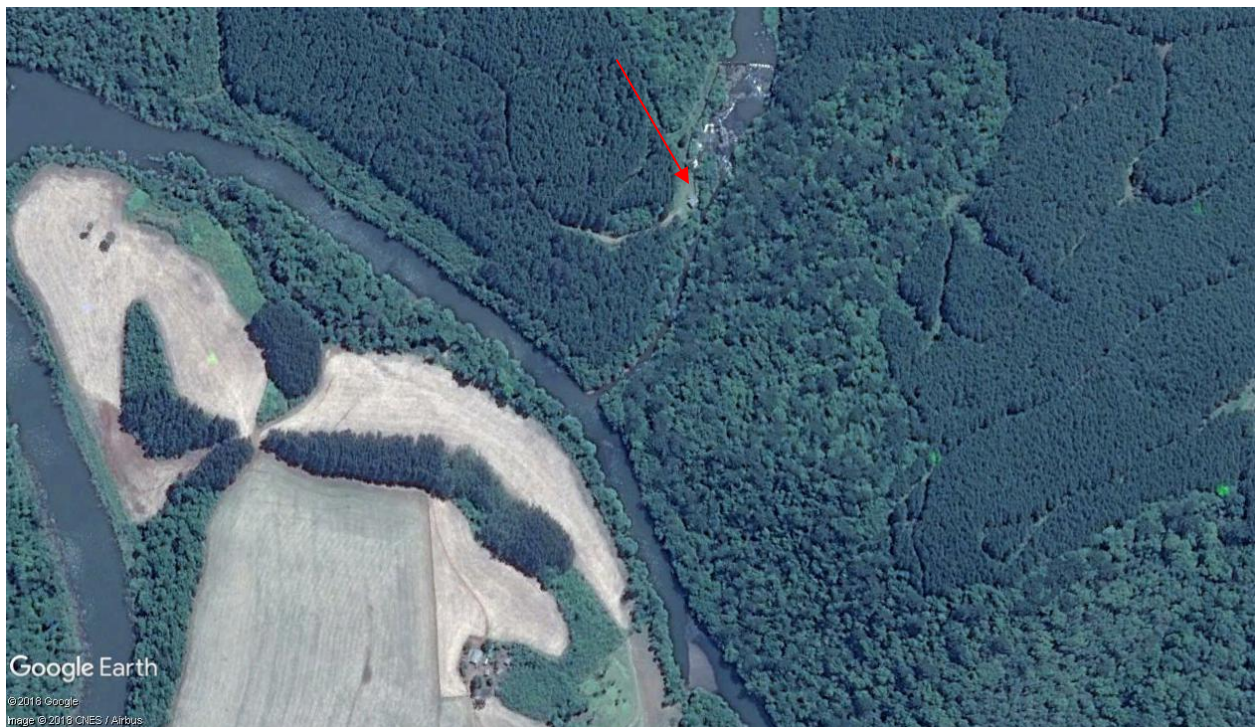


Figura 37 – Localização Casa de Força Taborda - SL-34

Tabela 25 - Detalhe das simulações - SL-34 – Casa de Força Taborda

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				
100 ANOS	887,22	891,84	4,62	01:10	03:40	06:30
1.000 ANOS	888,17	892,2	4,03	01:15	03:50	06:40

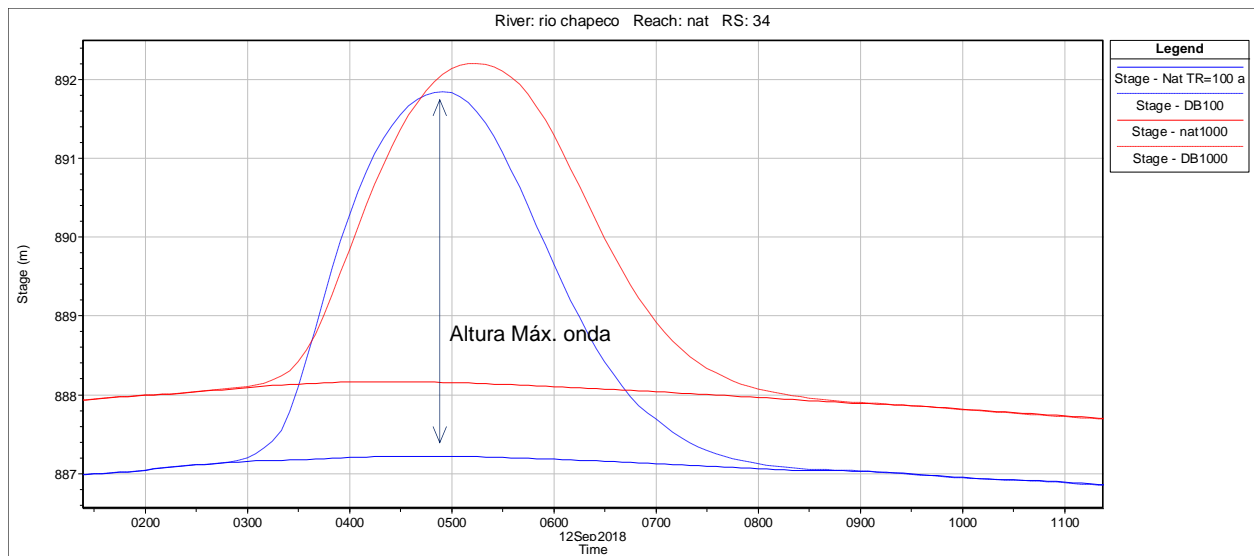


Figura 38 - Cotograma - SL-34 – Casa de Força Taborda

5.7.4 SL-33 – Final do Parque das Araucárias

O final do parque das araucárias, a jusante da Barragem PCH Victor Baptista Adami, identificada pela seção SL-33, está localizada cerca de 24,02 km da barragem PCH Victor Baptista Adami (Figura 39).



Figura 39 – Localização Final do Parque das araucárias - SL-33

Tabela 26 - Detalhe das simulações - SL-33 – Final do Parque das araucárias

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				
100 ANOS	886,96	891,54	4,58	01:25	03:45	06:15
1.000 ANOS	887,91	891,89	3,98	01:25	03:55	06:30

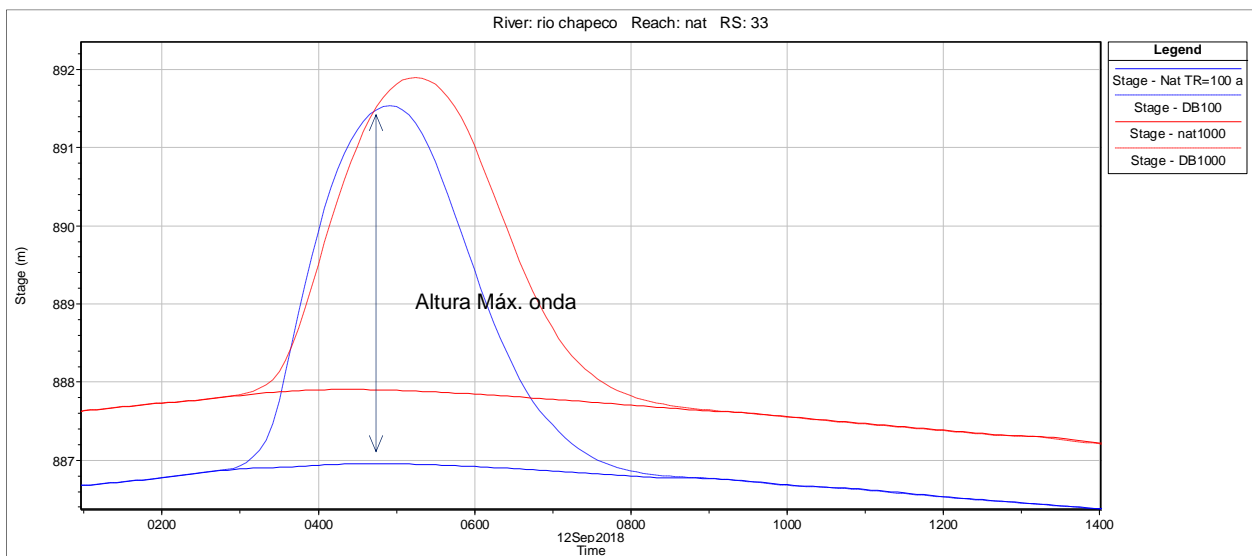


Figura 40 - Cotagrama - SL-33 – Final do Parque das araucárias

5.7.5 SL-9 – Barragem PCH Rondinha

A Barragem da PCH Rondinha, a jusante da Barragem PCH Victor Baptista Adami, identificada pela seção SL-9, está localizada cerca de 28,88 km da barragem PCH Victor Baptista Adami (Figura 41).



Figura 41 – Localização Barragem PCH Rondinha - SL-9

Tabela 27 - Detalhe das simulações - SL-9 – Barragem PCH Rondinha

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				
100 ANOS	884,08	886,59	2,51	01:30	03:55	06:40
1.000 ANOS	884,55	886,82	2,27	01:50	04:10	06:25

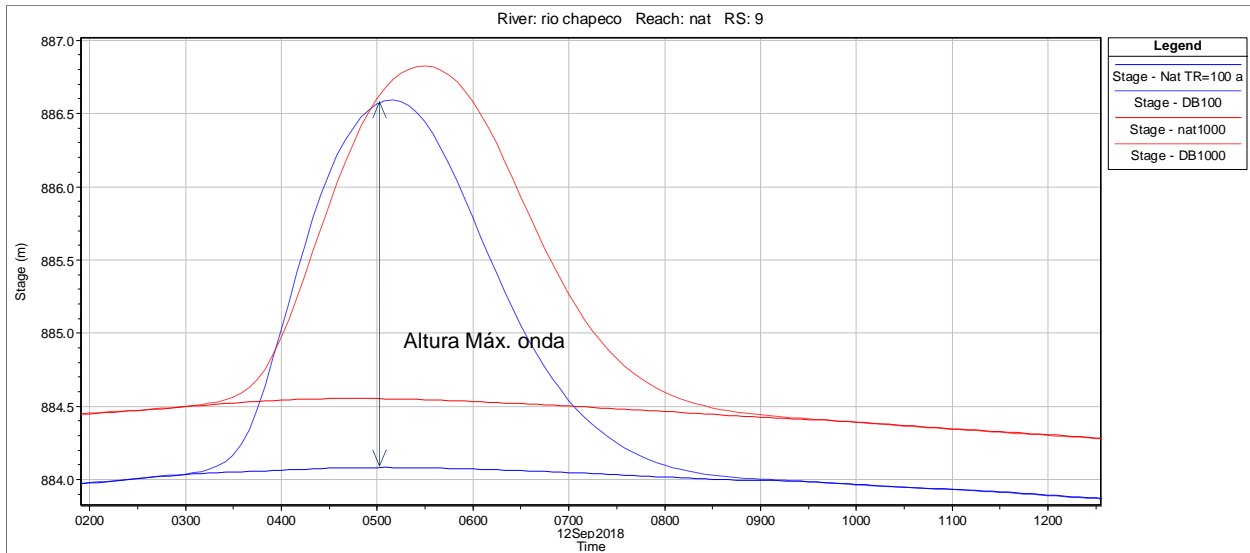


Figura 42 - Cotagrama - SL-9 – Barragem PCH Rondinha

5.7.6 SL-1 – Ponte

A ponte a jusante da Barragem PCH Victor Baptista Adami, identificada pela seção SL-1, está localizada cerca de 29,62 km da barragem PCH Victor Baptista Adami (Figura 43).



Figura 43 – Localização propriedades - SL-1

Tabela 28 - Detalhe das simulações - SL-1 – Ponte

HIDROGRAMA	Nível d' água (m)		Altura Máxima da Onda (m)	Tempo de Início da Onda (hh:mm)	Tempo de Pico Onda (hh:mm)	Duração (hh:mm)
	Natural	Dam Break				
100 ANOS	872,78	878,24	5,46	01:40	03:55	07:00
1.000 ANOS	874	878,67	4,67	01:50	04:10	07:00

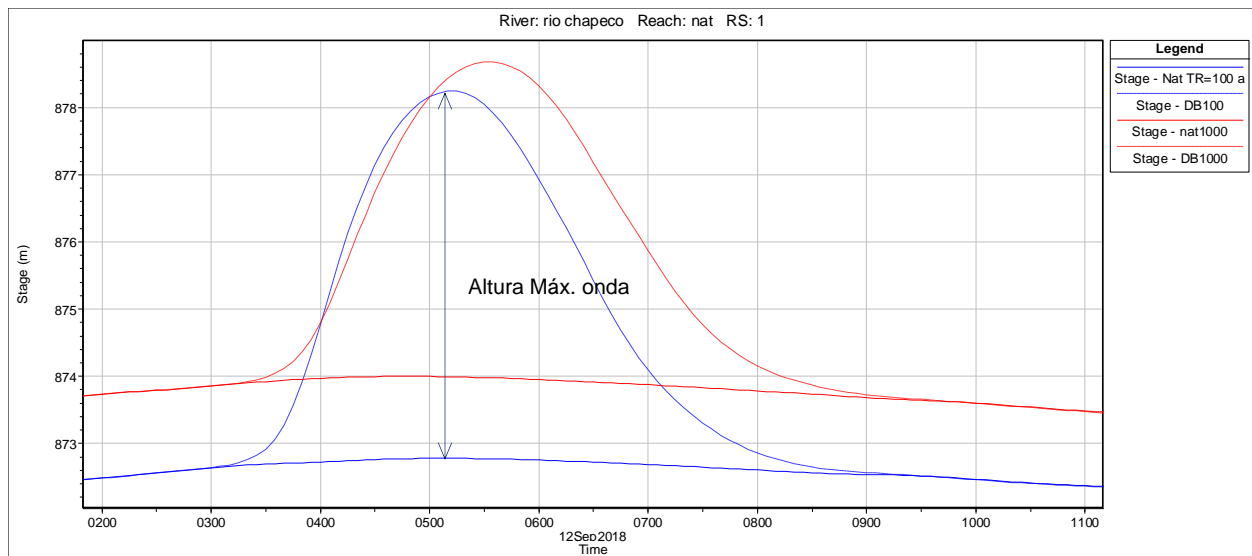


Figura 44 - Cotograma - SL-1 –Ponte

5.7.7 Resumo Geral das Seções de Interesse

A Tabela 29 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 TR-100 anos e TR-1.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no Volume II estão divididos por tempo de recorrência e possuem destaque para os locais próximos as seções indicadas na Tabela 29 onde 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 da mesma para cada seção, bem como uma imagem do local para facilitar a localização.

Tabela 29 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção

Seções de Interesse		Distância da Barragem PCH Victor Baptista Adami (km)	DB 100 anos								DB 1.000 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			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Victor Baptista Adami - Tempo após Rompimento																			
Rio Chapecó	132	Limite Montante Parque Araucárias	5,22	964,85	973,90	9,05	00:15	01:45	04:45	3,39	4367,36	965,75	974,70	8,95	00:15	01:55	04:55	3,38	4712,24
	117	Casa de Força Victor Baptista Adami	8,22	933,07	939,65	6,58	00:15	01:55	05:00	5,28	4318,88	934,02	940,25	6,23	00:20	02:15	05:05	4,6	4071,51
	34	Casa de Força Taborda	23,82	887,22	891,84	4,62	01:10	03:40	06:30	1,08	3130,51	888,17	892,20	4,03	01:15	03:50	06:40	1,1	3349,66
	33	Limite Jusante Parque Araucárias	24,02	886,96	891,54	4,58	01:25	03:45	06:15	2,03	3125,33	887,91	891,89	3,98	01:25	03:55	06:30	2,08	3345,25
	9	Barragem Rondinha	28,88	884,08	886,59	2,51	01:30	03:55	06:40	0,99	3061,88	884,55	886,82	2,27	01:50	04:10	06:25	1,04	3293,68
	1	Ponte	29,62	872,78	878,24	5,46	01:40	03:55	07:00	2,15	3056,94	874,00	878,67	4,67	01:50	04:10	07:00	2,18	3289,8

- A partir da Seção 34-Casa de Força CGH Taborda, cerca de 23,82 km a jusante da PCH Victor Baptista Adami, o tempo do pico da onda de inundação ultrapassa as três horas críticas para TR= 100 anos e TR=1.000 anos que é um dos limites tradicionais de modelagem indicando a zona de maior risco;
- Não existirá zona de auto salvamento, pois somente é atingido a própria Casa de Força da PCH Victor Baptista Adami.

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, **Passos Maia Energética S.A.**, centralizar a veiculação de informações.

6.1 Agentes Internos

Nome do Empreendedor: PASSOS MAIA ENERGÉTICA S.A.

PCH: Victor Baptista Adami

MATRIZ

CNPJ: 08.542.325/0001-08

Endereço: Rua Nereu Ramos, 184, Centro, Caçador / SC, CEP: 89.500-000

FILIAL

CNPJ: 08.542.325/0002-99

Endereço: Fazenda Rincão da Roça, s/nº, Interior, Passos Maia/SC, CEP: 89.687-000

Administrador – Statkraft Energias Renováveis S/A

Endereço: Rodovia José Carlos Daux, Nº 5500, Bloco Jurerê, A - 3º Andar - Saco Grande, Florianópolis - SC, 88032-005

Diretor Presidente (Country Head): Fernando De Lapuerta Montoya

Fone: (48) 3877-7100

E-mail: fernando.delapuerta@statkraft.com

Responsável Técnico da Segurança da Barragem: Vito Mandilovich

Telefone: (48) 3877-7100/8600

E-mail: vito.mandilovich@statkraft.com

Dam Safety Manager (Dam Safety Officer): Marcela Jeiss

Telefone: (48) 3877-2514/ (41) 98803-6520

E-mail: marcela.jeiss@statkraft.com

Engenheira Civil Sênior (Technical Person): Juliana da Silva

Telefone: (48) 3877-2514

E-mail: juliana.dasilva@statkraft.com

Diretor de Operação e Manutenção (PM): Vito Mandilovich

Fone: (48) 3877-7100/8600

E-mail: vito.mandilovich@statkraft.com

Gerente de Operação: Robson Guimaraes da Silva

Fone: (48) 3877-7154/7117 / (48) 991072849

E-mail: robson.guimaraes@statkraft.com

Gerente de Manutenção: Diego Bragé

Fone: (48) 3877-7154/ (51) 98424-3453

E-mail: diego.brage@statkraft.com

Coordenador Regional (Coordenador do PAE): Rodrigo Dutra

Fone: (54) 99970-2065

E-mail: rodrigo.dutra@statkraft.com

Gerente de Ativos: Thiago Tomazzoli

Fone: (48) 3877-7100

E-mail: thiago.tomazzoli@statkraft.com

Gerente de Sustentabilidade Cristiane Santana da Silva

Fone: (48) 3877-7100

E-mail: cristiane.silva@statkraft.com

Gerente de Meio Ambiente: Bianca Barros

Fone: (48) 3877-7100

E-mail: bianca.barros@statkraft.com

6.2 Agentes Externos

Tabela 30 - Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL FEDERAL (BRASÍLIA)	(61) 3414-5869
MINISTÉRIO DA DEFESA	(61) 3312-4000
COMANDO DO EXÉRCITO	(61) 3415-6514

COMANDO DA MARINHA

(61) 3429-1293 e (61) 99238-9790

COMANDO DA AERONÁUTICA

(61) 2023-9400

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL

191
(61) 2025-6607

Tabela 31 - Órgãos do Estado do Santa Catarina que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA E DEFESA DO CIDADÃO – SSPDC	(48) 3251-1000 (48) 3251.1112 Fax: (48) 3251-1120
CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES DOS RECURSOS AMBIENTAIS DE SANTA CATARINA – CIRAM	(48) 3665-5006 Fax: (48) 3665-5142
FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE – SANTA CATARINA – FATMA	(48) 3216-1770 Fax: (48) 3216-1753
POLÍCIA AMBIENTAL DE CHAPECÓ	(49) 3321-0159
CORPO DE BOMBEIRO MILITAR – SC	193 (48) 3251-9600
SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – SC	199 (48) 3664-7003 (48) 3664-7000
POLÍCIA MILITAR DE SANTA CATARINA – PMSC	Emergências: 190 (48) 3229-6302 (48) 3229-6307 Fax: (48) 3229-6305

Tabela 32 - Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
COORDENADORIA REGIONAL DE DEFESA CIVIL DE CHAPECÓ	(49) 2049-7430
PREFEITURA MUNICIPAL CHAPECÓ	(49) 3321-8400
COORDENADORIA REGIONAL DE DEFESA CIVIL XANXERÊ	(49)9966-9740 (49)9919-1023
PREFEITURA MUNICIPAL DE XANXERÊ	(49) 3441-8500
ICMBIO - PARQUE DAS ARAUCÁRIAS	(46)3662-5099

6.2.1 Outros Órgãos

Os municípios atingidos são Passos Maia e Abelardo Luz.

Órgãos municipais que possuem atribuições natas em relação aos desastres:

Município – Passos Maia

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	Avenida Padre João Botero, 485 – Centro Passos Maia – SC - CEP: 89687-000	(49) 3437 - 0010 administracao@passosmaia.sc.gov.br
Polícia Civil	R. Pedro Bresciani, 186 - Centro Passos Maia - SC, 89687-000	(49) 3437-0000
Polícia Militar	Avenida Padre João Botero, 1040 – Centro Passos Maia - SC, 89687-000	(49) 3437 - 0057
Secretária Municipal da Saúde	Rua Angelo Dalla Vechia, 49 – Centro Passos Maia - SC, 89687-000	(49) 3437-0003
Corpo de Bombeiros (48,8 Km de Passos Maia - SC)	Av Brasil, 2735 - Castelo Branco Xanxerê – SC – CEP: 89820-000	(49) 3433 - 9453

Município – Abelardo Luz

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	Av. Padre João Smedt, 1605 – Centro Abelardo Luz – SC – CEP: 89830-000	(49) 3445 - 4322 prefeitura@abelardoluz.sc.gov.br
Pelotão da Polícia Militar	Rua Nossa Senhora das Graças, 2590 - Alvorada Abelardo Luz – SC – CEP: 89830-000	(49) 3445 - 4190
Delegacia de Polícia Civil	Rua São Roque, 1772 - Centro Abelardo Luz – SC – CEP: 89830-000	(49) 3445 - 4142
Secretária Municipal da Saúde	Estrada ABL 040, 303 - Saída p/ Araçá Abelardo Luz – SC – CEP: 89830-000	(49) 3445 - 4208
Hospital Nossa Senhora Aparecida	Rua Levy Linhares da Silva, S/N – Santa Luzia Abelardo Luz – SC – CEP: 89830-000	(49) 3445 – 4147

Corpo de Bombeiros (35,6 Km de Abelardo Luz - SC)	Av Brasil, 2735 - Castelo Branco Xanxerê – SC – CEP: 89820-000	(49) 3433 - 9453
--	---	------------------

PCH Rondinha**Centro de operação****MCQ****Fone:** (41) 3022-0223**E-mail:** operacao@mcq.com.br**Usina****COTESA****Fone:** (49) 3435-6104/3435-6105**E-mail:** antonio.santin@cotesa.com.br**CGH Taborda**

Vlademir Stella

Fone: (49) 9 9989-7336**E-mail:** vlademir.st@hotmail.com

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 Victor Baptista Adami. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme o gráfico abaixo.

A **EMERGÊNCIA** poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento em conjunto com o rompimento da barragem. Em condições naturais de cheias sem rompimento da barragem ocorre inundação da população a jusante a partir da TR=100 anos.

7.2 Condição Estrutural

A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento das estruturas 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 Victor Baptista Adami garante a integridade da estrutura e reduzem drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.

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 junto com a leitura periódica da instrumentação da barragem. 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 de 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, bem como os dados da instrumentação da Barragem.

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

- Identificação do representante legal do empreendedor;
- Identificação do responsável técnico;
- Avaliação da instrumentação disponível na barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;
- Avaliação de anomalias que acarretem em 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 convocada. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente 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 (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 indica a sequência dos procedimentos para as inspeções nas estruturas de acordo com a periodicidade necessária.

O fluxograma de ações indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados observados nas inspeções e no relatório das inspeções.

Caso o fluxograma de ações entrar em **EMERGÊNCIA** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergências, 7 - Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, e concomitantemente acionar o documento PS-HSE-R-50-ERP-TIR 1 (Emergency Response Plan) e seus respectivos anexos, no caso da PCH Victor Baptista Adami / Anexo V.

PCH PASSOS MAIA - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO

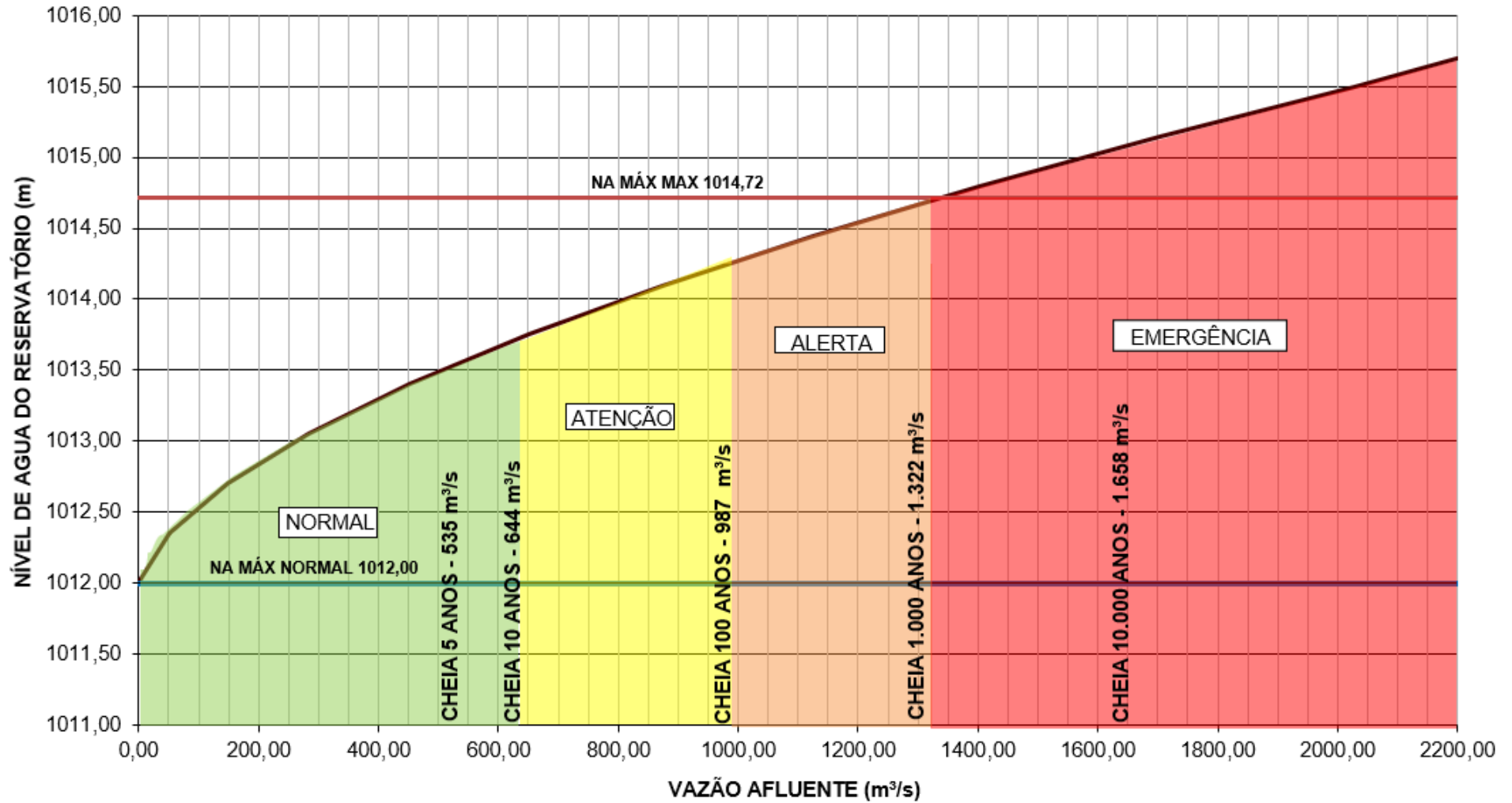


Figura 45 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 33 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

Nível de Segurança	Condições e Situações
<p>Nível Normal (Verde)</p> <p>a) Operação normal das estruturas de descarga</p>	<p>a) cheia até 644m³/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.</p>
<p>Nível Atenção (Amarelo)</p> <p>a) Aumento da condição hidrológica.</p>	<p>a) cheia de 644 até 987 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente.</p>
<p>Nível Alerta (Laranja)</p> <p>a) Localidades com possibilidade de alagamento parque das araucárias. b) Início Infiltração na Barragem com qualquer condição hidrológica</p>	<p>a) cheia de 987 até 1.322m³/s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento do parque das araucárias; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração.</p>
<p>Nível Emergência (Vermelho)</p> <p>b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.</p>	<p>a) cheia a partir de 1.322 m³/s (TR igual ou superior a 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de galgamento do barramento com alagamento em localidades do município → Retirada dos atingidos de jusante; b) rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Retirada dos atingidos de jusante</p>

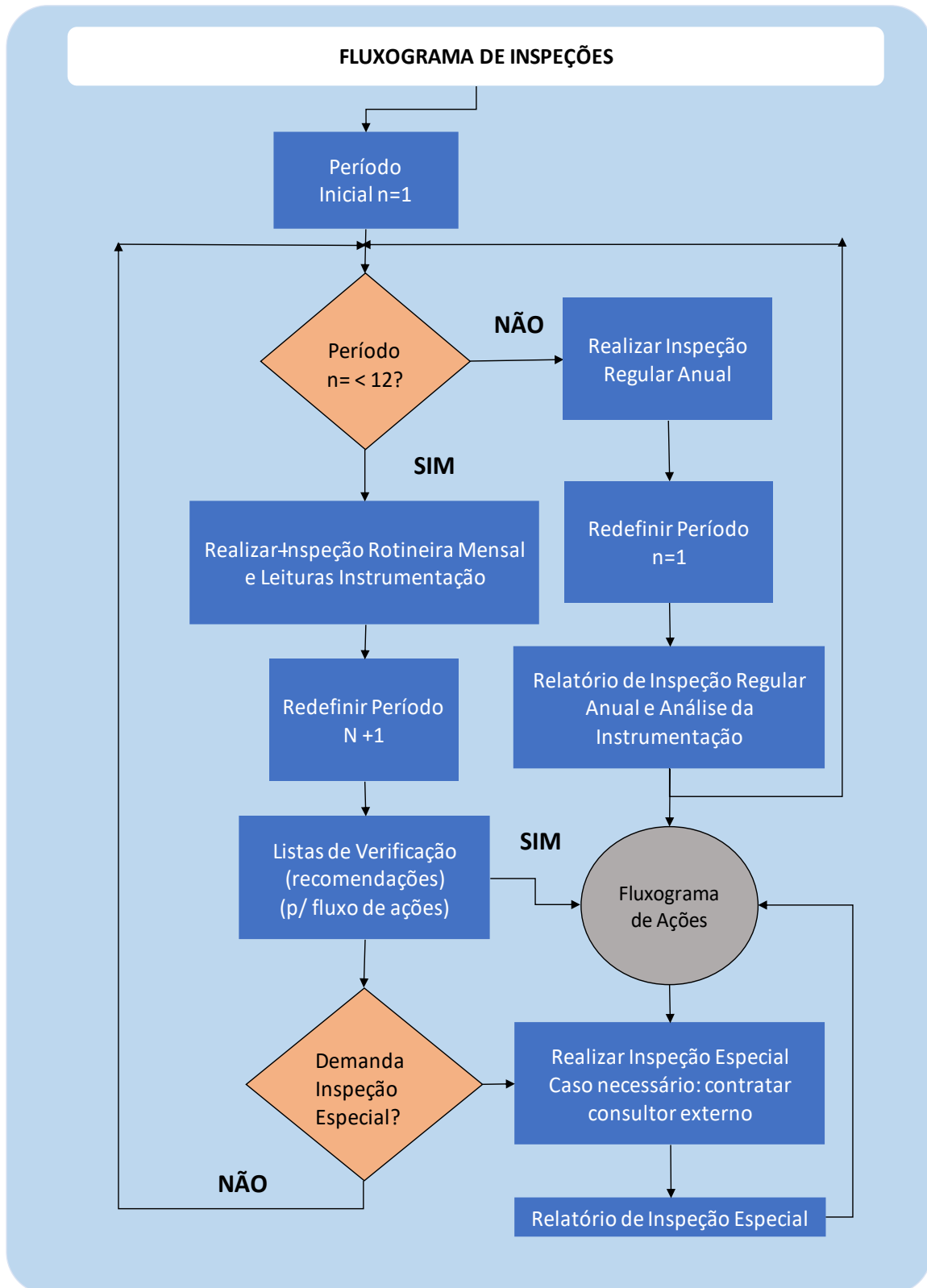
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

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

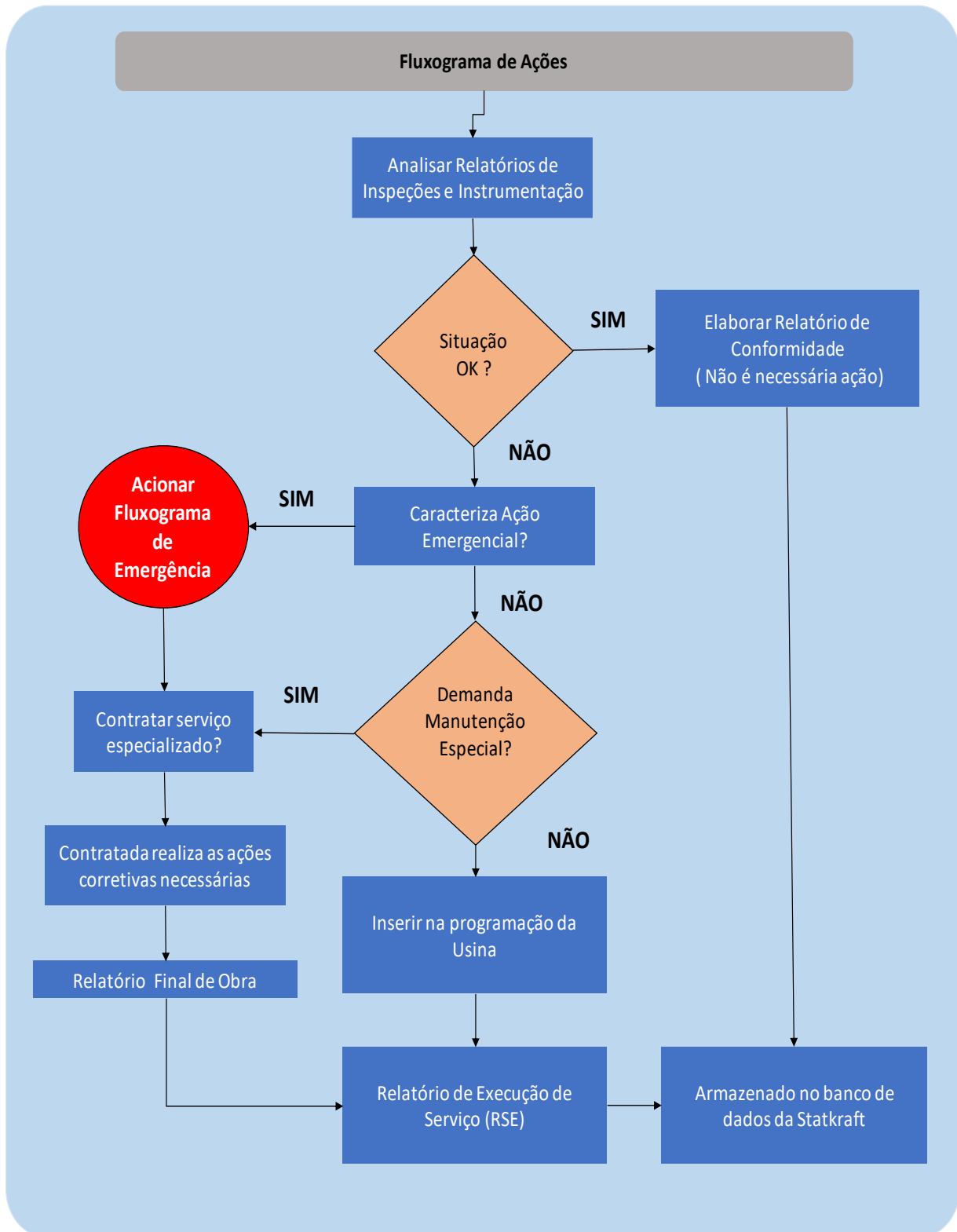
EMERGÊNCIA – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica formação de brecha ou em eventos extremos. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

IMPORTANTE – A observação em campo de surgências de água na barragem, deve ser imediatamente informado ao supervisor e responsável técnico pelo segurança da barragem.

Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das 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 Ações - manutenção das estruturas

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 para Emergências (PAE).

8.1 Agente Interno – PASSOS MAIA ENERGÉTICA S.A.

O proprietário da Usina é a PASSOS MAIA ENERGÉTICA S.A., e também controla a operação da Usina.

Será de responsabilidade da Operadora:

- Correção de qualquer deficiência constatada;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Usina e do reservatório;
- Inspeção e manutenção nas estruturas civis da Usina;
- Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos, disponibilidade de equipes preparadas bem como de equipamentos;
- Manutenção dos meios de comunicação prevendo sempre alternativas devido a possíveis falhas que são comuns em emergências;
- Manter observação sobre todas as estruturas da usina, principalmente nas mais distantes, contra possíveis ações predatórias de terceiros, incluindo animais;
- Providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de resposta;

- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Alertar a população potencialmente afetada na ZAS;
- Aviso ao órgão ambiental e Usina de Jusante;
- 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 a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina e dos municípios de Chapecó e Xanxerê, Corpo de Bombeiros do município de Xanxerê, Polícia Militar e Civil e, Secretaria da Saúde dos municípios de Passos Maia e Abelardo Luz.

Defesa Civil

As atribuições de Defesa Civil são:

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

- Sensibilizar e cadastrar organizações não governamentais dispostas a colaborar no desenvolvimento das campanhas de doações de alimentos e agasalhos;
- Desenvolver na sua área de competência, ações visando à preservação da ordem pública, da incolumidade das pessoas e do patrimônio nas áreas atingidas;
- Neutralizar qualquer indício de agitação da ordem pública quando da realização dos trabalhos de defesa civil nas áreas atingidas;
- Priorizar o emprego dos recursos materiais nas ações de Defesa Civil;
- Mover ações para implementação e supervisão para o suprimento de medicamentos e vacinas, o controle de qualidade da água e dos alimentos e a promoção da saúde nas áreas atingidas por desastres;
- Coordenar a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- Fiscalizar estabelecimentos comerciais e de atendimento ao público, visando evitar à manifestação de risco a saúde das populações das áreas atingidas;
- Orientação aos Distritos Rodoviários para que elaborem Plano preventivo para atuação em situações emergenciais;
- Disponibilizar escolas e ginásios de esportes, para abrigar a população desalojada;
- Na impossibilidade de restabelecimento rápido do fornecimento de água, providenciar o abastecimento através de caminhões pipa;
- Nos municípios não atendidos pela Empresa em que houver colapso do abastecimento de água, colaborar com o órgão municipal para solucionar rapidamente o problema de abastecimento a população, inclusive através de caminhões pipa.

Polícia Militar

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

Corpo de Bombeiros

- Difundir a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros.
- Atendimento imediato das emergências quando acionados;
- Desenvolver ações de socorro, em todos os municípios atingidos;

- Garantir a segurança, dentro e fora dos abrigos e acampamentos, assim como nas áreas atingidas;
- Promover a implantação de atendimento pré-hospitalar e de unidades de emergência, supervisionar a elaboração de planos de mobilização e de segurança dos hospitais, em situações de desastres;

Secretaria da Saúde

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

8.3 Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos

Após o término do Plano de Ação de Emergência, deverá ser prevista uma apresentação deste para os agentes externos.

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

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 mesma 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, e pela equipe do centro de operação de geração COS-Florianópolis através de controle remoto via satélite.

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

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição no trecho de jusante da Barragem, podendo ocorrer um erro nas elevações de até 2,50 m. Como sistema de prevenção aos atingidos de jusante os mesmos devem ser avisados somente em uma situação de problemas com Barragem.

Conforme a Figura 45 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, do item 7 as situações serão classificadas como:

9.1 Situação normal (Verde)

OPERACIONAL: Cheia até 644 m³/s – TR 10 Anos

- Observar a pluviometria da região e os dados de vertimento das usinas à montante;
- Aviso aos agentes externos da ocorrência de enchente;
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA**.

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS: Cheia até 644 m³/s – TR 10 Anos

- Realizar inspeção regular no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo.

9.2 Situação atenção (Amarelo)

OPERACIONAL: Cheia de 644 até 987 m³/s – TR entre 10 e 100 Anos

- Observar a pluviometria da região e os dados de vertimento das usinas à montante;
- Cheia - Aviso aos agentes externos da ocorrência de enchente com possibilidade de alagamento em localidades dos municípios (Mapas de Inundação TR 100 anos);
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e/ou seja detectado vazamento na barragem com potencial de ruptura, deverá ser acionado EMERGÊNCIA.

Após a condição de enchente (TR entre 10 e 100 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS: Cheia de 644 até 987 m³/s – TR entre 10 e 100 Anos

- Infiltração no barramento acima do normal com qualquer condição hidrológica;
- Infiltração - Manutenção imediata para reduzir as infiltrações.

Após a condição de enchente (TR entre 10 e 100 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro para verificar as condições gerais da estrutura civil.

9.3 Situação de alerta (Laranja)

OPERACIONAL: Cheia de 987 até 1658 m³/s – TR entre 100 e 1.000 anos

- Observar a pluviometria da região e os dados de vertimento das usinas à montante;
- Cheia - Aviso aos agentes externos da ocorrência de enchente com alagamento do parque das araucárias (Mapas de Inundação TR 100 anos);

Após a enchente (TR entre 100 e 1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro e verificar as condições gerais da estrutura civil.

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS: Cheia de 987 até 1322 m³/s – TR entre 100 e 1.000

- O Infiltração sem possibilidade de controle - realizar o rebaixamento imediato do reservatório reduzindo a pressão no barramento e os possíveis danos no rompimento;
- Caso não seja solucionado o problema de infiltração acionar **EMERGÊNCIA** e evacuar imediatamente os moradores das propriedades localizadas nas seções a partir do eixo do barramento até o limite da Zona de Autossalvamento (ZAS).

Após a enchente (TR entre 100 e 1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção completa no barramento e no vertedouro e verificar as condições gerais da estrutura civil.

9.4 Situação de emergência (Vermelha)

OPERACIONAL: Cheia de 1322 até 1658 m³/s – TR entre 1.000 e 10.000 anos
Cheia a partir de 1.658m³/s – TR igual ou superior a 10.000 anos

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS: Ruptura prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica operacional ou de conservação
Nível do reservatório chegando à cota 1014,72m

- Nestas situações a operadora deverá comunicar a defesa civil para a retirada da população atingida de jusante. Importante a comunicação da usina com os moradores nas áreas mais próximas. Os Mapas de Inundação com Dam Break para os diversos tempos de recorrência devem servir de orientação para a retirada da população.

NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA DEVERÃO SER AVISADOS E RETIRADOS TODOS OS ATINGIDOS DE JUSANTE BUSCANDO A SEGURANÇA DESTES. A RETIRADA DOS ATINGIDOS SE DARÁ PELOS AGENTES EXTERNOS (DEFESA CIVIL, POLÍCIA MILITAR, ETC)

10 MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS

O desenho PMA-C-AGE-001-00-18 apresenta localização e acessos a PCH Victor Baptista Adami e o desenho PMA-C-PRE-002-00-18 apresenta a área a ser resguardada na propriedade da empresa. Os desenhos estão no Volume II.

O estudo das áreas de risco de desastre permitiu a elaboração de 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 desastres.

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição na região mais próxima a usina, podendo ocorrer um erro nas elevações de até 2,5 m. Logo, como sistema de prevenção aos atingidos de jusante da barragem devem ser avisados somente com problemas com barragem e/ou em uma eventual ruptura da mesma.

10.1 Acessos

Nos mapas de inundação, não foram indicados os acessos atingidos, visto que para a PCH Victor Baptista Adami, não há delimitação de Zona de Autosalvamento (ZAS)

10.2 Propriedades Atingidas

As propriedades nas seções SL-117 e SL-34 são atingidas somente em caso de rompimento do barramento. Como estão muito próximas da barragem o tempo de chegada e de pico da onda nessas seções é bastante curto é necessário que em caso de emergência a evacuação desses locais seja realizado o mais breve possível, na ocorrência da **EMERGÊNCIA**.

Todas as seções indicadas se referem a pontos estratégicos de infraestrutura a jusante do barramento de Victor Baptista Adami e estão indicadas a localização das seções nos mapas de inundação. Nessas localidades podemos ter alagamentos devido as cheias estudadas e/ou rompimento da barragem sendo que todas possuem risco. A Tabela 34 indica o resultado da simulação dos estudos para as seções de interesse que ocorrem inundação.

Tabela 34 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Victor Baptista Adami

Seções de Interesse		Distância da Barragem PCH Victor Baptista Adami (km)	DB 100 anos								DB 1.000 anos								
			Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m ³ /s)	Nível de água (m)			Tempo (hh:mm)			Velocidade Máx. (m/s)	Vazão Máx. (m ³ /s)	
			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			Normal	Rompimento	Máxima Onda	Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração			
Barragem Victor Baptista Adami - Tempo após Rompimento																			
Rio Chapecó	132	Limite Montante Parque Araucárias	5,22	964,85	973,90	9,05	00:15	01:45	04:45	3,39	4367,36	965,75	974,70	8,95	00:15	01:55	04:55	3,38	4712,24
	117	Casa de Força Victor Baptista Adami	8,22	933,07	939,65	6,58	00:15	01:55	05:00	5,28	4318,88	934,02	940,25	6,23	00:20	02:15	05:05	4,6	4071,51
	34	Casa de Força Taborda	23,82	887,22	891,84	4,62	01:10	03:40	06:30	1,08	3130,51	888,17	892,20	4,03	01:15	03:50	06:40	1,1	3349,66
	33	Limite Jusante Parque Araucárias	24,02	886,96	891,54	4,58	01:25	03:45	06:15	2,03	3125,33	887,91	891,89	3,98	01:25	03:55	06:30	2,08	3345,25
	1	Ponte	29,62	872,78	878,24	5,46	01:40	03:55	07:00	2,15	3056,94	874,00	878,67	4,67	01:50	04:10	07:00	2,18	3289,8

(*) Não existe zona de auto salvamento.

(**) Destacados propriedades atingidas conforme condição.

Os mapas de inundação para o tempo de recorrência de 100 e 1.000 anos foram obtidos nas seguintes simulações:

- PMA-C-MPI-004-00-18 – Mapa de Inundação – Natural e Dam Break – TR 100 Anos – Folhas 01 a 04;
- PMA-C-MPI-005-00-18 – Mapa de Inundação – Natural e Dam Break – TR 10.000 Anos – Folhas 01 a 04;

Os mapas estão apresentados no Volume II – Anexo III.

10.3 Zona de Auto Salvamento – ZAS

Não existem construções (casas e edificações) no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia que deriva da ruptura da barragem, logo não é necessário definição da zona de auto salvamento.

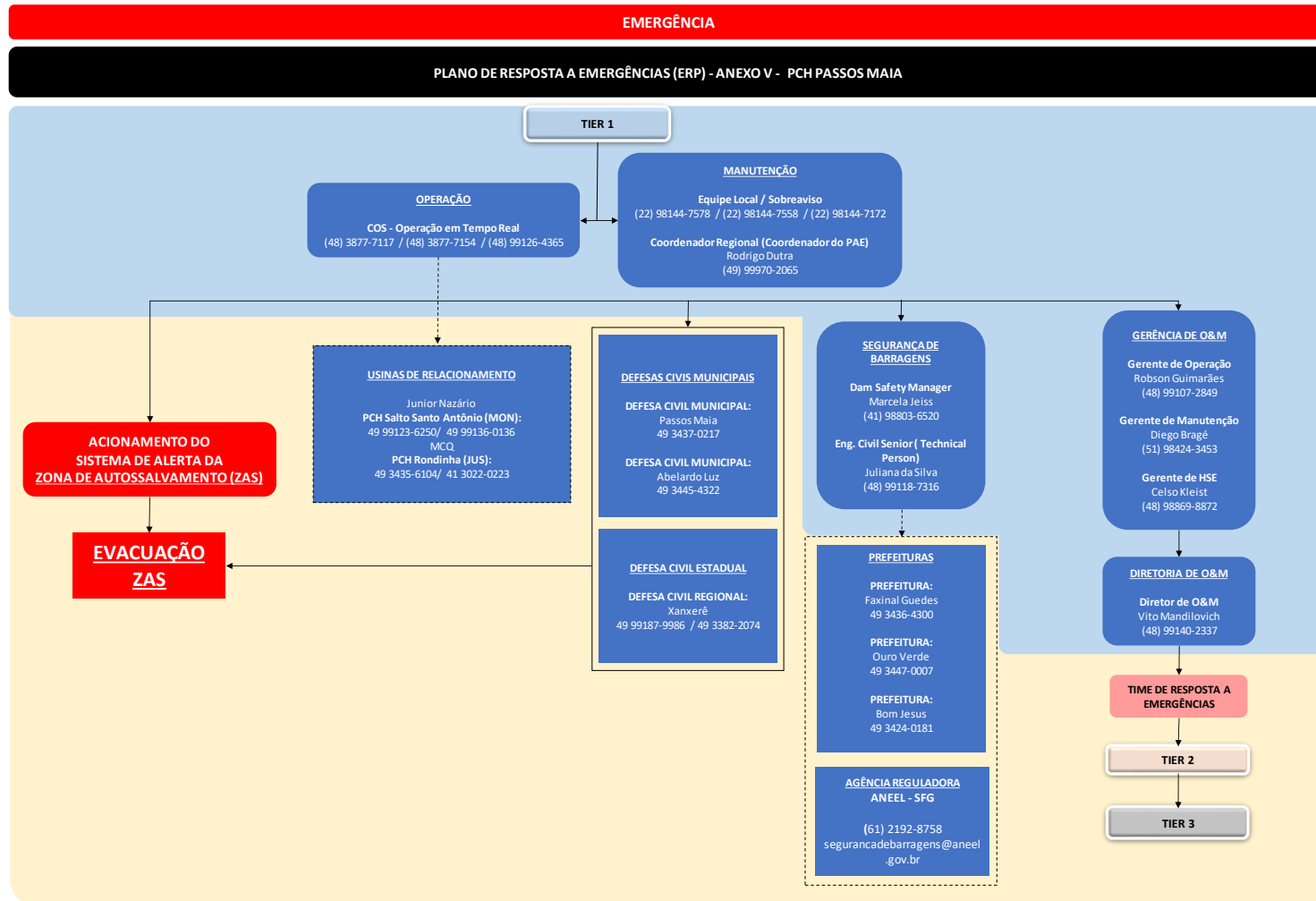
11 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

11.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina e dos municípios de Xanxerê e Chapecó, Corpo de Bombeiros do município de Xanxerê, Prefeituras dos municípios de Passos Maia e Abelardo Luz e órgão ambiental FATMA, Usinas de Jusante.

11.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 3, mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, ENEX e Passos Maia Energética S.A., e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil de Santa Catarina, FATMA, Parque das Araucárias, Prefeituras dos municípios de Passos Maia e Abelardo Luz, Operação da PCH Rondinha e Operação CGH Taborda.



LEGENDA:
 [] Relacionamento interno
 [] Relacionamento externo
 -.-.-.-> Comunicar
 -> Acionar

Fluxograma 3 – Acionamento emergências

Este fluxograma está apresentado no Volume II – Anexo IV no desenho PMA-C-FLA-001-00-18 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:

- Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.

Como o risco de garramento da barragem da PCH Victor Baptista Adami 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 sejam eles estruturais ou no sistema de movimentação das comportas do vertedouro.

O rebaixamento do reservatório é uma condição possível de ser realizada e que reduz de maneira substancial os danos a jusante decorrentes do rompimento da barragem. É um procedimento que pode ser realizado com segurança permitindo a redução dos esforços sobre o barramento facilitando trabalhos de recuperação da estrutura.

11.3 Plano de Segurança e Contingências

O Plano de Segurança e Contingências da PCH Victor Baptista Adami está apresentado no Anexo IV.

Este plano tem como objetivo orientar os operadores, mantenedores, seguranças e equipes terceirizadas, sobre como proceder no caso de ocorrências diretas e indiretas que possam comprometer a integridade física de pessoas, a confiabilidade operacional e as estruturas civis dos empreendimentos.

Os manuais deste plano fornecem informações de interesse para o desenvolvimento das atividades integrantes dos serviços de Infraestrutura da PCH Victor Baptista Adami, principalmente durante a vigência de situações não normais, decorrentes de condições hidrológicas adversas, caracterizadas por elevadas vazões que possam provocar grandes danos à Barragem, bem como a terceiros situados a jusante.

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 V e conforme abaixo:



DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: _____

Barragem: _____

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

_____ (local), _____ de _____ de _____

(Nome e assinatura)

(cargo e RG)



DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA URGENTE

SITUAÇÃO: _____

Empreendedor: _____

BARRAGEM: _____

Eu, _____ (nome e cargo)

_____, na condição de coordenador do

PAE da Barragem _____ e no uso das atribuições e

responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de

Encerramento da Emergência, na Situação de _____

_____, a partir das horas e minutos do dia ____/____

/_____, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da

Barragem e eliminação do Risco de Ruptura.

OBS:

_____.

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

(Nome e assinatura)

(cargo e RG)



MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

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

Município: _____ Rio: _____ Bacia Hidrográfica _____

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

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

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor:

Entidade Fiscalizadora: Agência Nacional de Energia Elétrica

SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – SC

SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL – CHAPECÓ E XANXERÊ

Barragens a montante: PCH Santo Antônio

Barragem a jusante: PCH Rondinha

Descrição da situação (causas, evolução)

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

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 35).

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

Tabela 35 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Secretaria Do Estado De Defesa Civil – SC	1
Secretaria Regional de Defesa Civil – Xanxerê	1
Secretaria Municipal de Defesa Civil – Passos Maia	1
Secretaria Municipal de Defesa Civil – Abelardo Luz	1

14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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.

Também deverá ser avaliada a segurança da Barragem considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, atualizando dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante. A equipe deverá desenvolver um estudo dos documentos do projeto e da documentação disponível, além de efetuar uma inspeção visual da Barragem e das estruturas com diagnóstico e avaliação do problema, indicando recomendações a serem efetuadas para garantir a sua integridade.

Recomenda-se na próxima revisão do Plano realizar novos levantamentos cartográficos/topográficos de modo a melhorar a precisão dos dados e dos mapas obtidos de inundação.

Recomenda-se simulação da onda de cheia com os dados dos novos levantamentos topográficos bem como com o hidrograma de cheia atualizado. Após este deverão ser atualizados os mapas de inundação e analisados os locais atingidos.

Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR 1.000 anos ($Q=>1.322 \text{ m}^3/\text{s}$) 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.

O produto a ser elaborado consta de um relatório onde estarão listadas as considerações sobre o exame de toda a documentação existente, a avaliação dos critérios de projeto, a análise da instrumentação, a identificação de anomalias e as condições de manutenção, e quais as Recomendações e Conclusões sobre a segurança da Barragem. Esta revisão deverá ser realizada de 7 em 7 anos devido ao fato de a Barragem ter sido classificada como Classe B - Categoria de Risco - Baixo e Dano Potencial Associado - Alto.

15 EQUIPE TÉCNICA

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

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

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 N° 696, de 15 de Dezembro de 2015 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

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

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

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

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

DUARTE, Moacir. Riscos Industriais: **Etapas para a investigação e a prevenção de acidentes**. Santa Catarina: 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.

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 – Modelo (somente digital)

Anexo III – Apresentação PAE

Anexo IV – Manual de Segurança e Contingência (somente digital)

Anexo V - Formulários

Anexo VI - ARTs

ANEXO III – APRESENTAÇÃO PAE

ANEXO V - FORMULÁRIOS

ANEXO VI - ARTS