





# Statkraft

## PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH SANTA ROSA II



**PROSENGE**  
projetos e engenharia

Diretor Presidente:

Fernando De Lapuerta Montoya

Statkraft Energias Renováveis S/A

Responsável Técnico:

Marcela Wamzer Jeiss

Statkraft Energias Renováveis S/A

Responsável elaboração PAE:

Patrícia Becker

Eng. Civil - CREA SC 044.186-9

**SRO-BA-3C-PAE-0001-03 – VOLUME I**

**FEVEREIRO/2019**

<b>1</b>	<b>SUMÁRIO</b>	
<b>2</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>HISTÓRICO</b>	<b>7</b>
3.1	Objetivo	7
3.2	Organização do Relatório	8
<b>4</b>	<b>INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM</b>	<b>10</b>
4.1	Localização e Acesso	10
4.2	Estruturas da Usina	11
4.2.1	Barragem	11
4.2.2	Vertedouro	12
4.2.3	Circuito Hidráulico de Adução	12
4.3	Níveis Operacionais e Ficha Técnica	13
<b>5</b>	<b>DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA</b>	<b>22</b>
5.1	Avaliação do Risco	22
5.1.1	Risco Hidrológico	22
5.1.2	Risco de Colapso Estrutural	23
5.2	Identificação das Emergências Potenciais	24
5.2.1	Classificação das Situações	25
<b>6</b>	<b>ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM</b>	<b>26</b>
6.1	Metodologia	26
6.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	26
6.1.2	Tipo e Geometria da Barragem	27
6.1.3	Causas de Rompimento	27
6.1.4	Formação da Brecha	29
6.1.5	Trecho do Cálculo	32
6.1.6	Modelagem Matemática	33
6.1.7	Identificação das áreas atingidas	34
6.1.8	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo	34
6.1.9	Comparativo de altura x velocidade	35

6.2	Dados de entrada utilizados.....	37
6.2.1	Trecho da análise .....	37
6.2.2	Geografia da região e geometria do rio.....	37
6.2.3	Geometria da barragem .....	39
6.2.4	Definição do Hidrograma de Cheias.....	39
6.2.5	Calibração do modelo matemático.....	53
6.3	Causa considerada para o rompimento .....	55
6.3.1	Dados utilizados para formação da brecha .....	55
6.4	Simulações Realizadas.....	56
6.4.1	Resultados Básicos Simulação 1 .....	56
6.4.2	Resultados Básicos Simulação 2.....	57
6.5	Altura Máxima da Onda .....	57
6.6	Limite Físico a Jusante da PCH Santa Rosa II.....	64
6.7	Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse .....	64
6.7.1	SL-128 – Propriedades .....	65
6.7.2	SL-117 – Propriedades .....	66
6.7.3	SL-97 – Propriedades .....	67
6.7.4	SL-94/90 – Propriedades .....	68
6.7.5	SL-75/73 – Propriedades e Casa de Força .....	69
6.7.6	SL-67/65 – Propriedades e Ponte .....	71
6.7.7	SL-63/60 – Propriedades .....	72
6.7.8	SL-58 – Propriedades .....	73
6.7.9	SL-53/51 – Propriedades .....	74
6.7.10	SL-45/40 – Propriedades .....	75
6.7.11	SL-37 – Propriedades .....	76
6.7.12	SL-32/27 – Propriedades .....	77
6.7.13	SL-8/4 – Propriedades .....	78
6.7.14	Resumo Geral das Seções de Interesse.....	79
<b>7</b>	<b>AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS .....</b>	<b>81</b>

7.1	Agentes Internos.....	81
7.2	Agentes Externos.....	82
7.2.1	Outros Órgãos .....	83
<b>8</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....</b>	<b>85</b>
8.1	Condição Hidrológica .....	85
8.2	Condição Estrutural .....	85
8.2.1	Monitoramento das Estruturas .....	86
8.2.2	Revisão Periódica de Segurança.....	87
8.2.3	Tramitação das Informações.....	87
<b>9</b>	<b>RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS.....</b>	<b>92</b>
9.1	Agente Interno – SANTA ROSA S.A.....	92
9.2	Agentes Externos.....	93
9.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos .....	95
<b>10</b>	<b>PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....</b>	<b>96</b>
10.1	Situação NORMAL (verde) .....	96
10.2	Situação de ATENÇÃO (Amarelo) .....	97
10.3	Situação de ALERTA (laranja) .....	97
10.4	Situação de EMERGÊNCIA (Vermelha).....	98
<b>11</b>	<b>ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS .....</b>	<b>99</b>
11.1	Acessos .....	99
11.2	Propriedades Atingidas .....	99
11.3	Zona de Autossalvamento– ZAS.....	102
<b>12</b>	<b>FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO .....</b>	<b>103</b>
12.1	Meios de Comunicação.....	103
12.2	Acionamento em Caso de Emergências .....	103
12.3	Plano de Segurança e Contingências .....	105
<b>13</b>	<b>FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO.....</b>	<b>106</b>
<b>14</b>	<b>RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO .....</b>	<b>109</b>
<b>15</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>110</b>

---

16	EQUIPE TÉCNICA .....	111
17	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
18	ANEXOS .....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Placa informativa acesso a PCH Santa Rosa II.....	10
Figura 2 – Imagem do Google Earth com indicação dos acessos.....	11
Figura 3 – Foto das estruturas civis Montante – PCH Santa Rosa II.....	15
Figura 4 – Foto das estruturas civis Jusante – PCH Santa Rosa II.....	16
Figura 5 – Arranjo Geral.....	17
Figura 6 – Barragem – Planta Geral.....	18
Figura 7 – Barragem – Seções.....	19
Figura 8 – Barragem – Seções.....	20
Figura 9 – Casa de Força – Seção.....	21
Figura 10 – Vista Geral do Vertedouro.....	24
Figura 11 – Formação de brecha por galgamento.....	27
Figura 12 – Formação da brecha por infiltração.....	28
Figura 13 – Brechas resultantes de falhas nas fundações.....	29
Figura 14 – Tamanhos e tempo para formação da brecha.....	30
Figura 15 – Tempo de formação da brecha.....	31
Figura 16 – Nível de perigo relacionado a residências.....	35
Figura 17 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.....	36
Figura 18 – Nível de perigo relacionado a adultos.....	36
Figura 19 – Nível de perigo relacionado a crianças.....	36
Figura 20 – Seções lançadas no Hec-Ras.....	53
Figura 21 – Perfil do Rio Grande com Barramento.....	54
Figura 22 – Dados do Barramento com bloco da adufa – Hec-Ras.....	55
Figura 23 – Legenda dos Cotagramas.....	65
Figura 24 – Localização propriedades - SL-128.....	65
Figura 25 – Cotograma - SL-128 – Propriedades.....	66
Figura 26 – Localização propriedades - SL-117.....	67
Figura 27 – Cotograma - SL-117 – Propriedades.....	67
Figura 28 – Localização propriedades - SL-97.....	68
Figura 29 – Cotograma - SL-97 – Propriedades.....	68
Figura 30 – Localização propriedades - SL-94/90.....	69
Figura 31 – Cotograma - SL-94/90 – Propriedades.....	69
Figura 32 – Localização propriedades - SL-75/73.....	70
Figura 33 – Casa de Força da PCH Santa Rosa II.....	70
Figura 34 – Cotograma - SL-75/73 – Propriedades e Casa de Força.....	70
Figura 35 – Localização propriedades - SL-67/65.....	71
Figura 36 – Ponte de jusante e propriedades.....	71
Figura 37 – Cotograma - SL-67/65 – Propriedades e Ponte.....	72
Figura 38 – Localização propriedades - SL-63/60.....	72
Figura 39 – Cotograma - SL-63/60 – Propriedades.....	73
Figura 40 – Localização propriedades - SL-58.....	73
Figura 41 – Cotograma - SL-58 – Propriedades.....	74
Figura 42 – Localização propriedades - SL-53/51.....	74
Figura 43 – Cotograma - SL-53/51 – Propriedades.....	75
Figura 44 – Localização propriedades - SL-45/40.....	75
Figura 45 – Cotograma - SL-45/40 – Propriedades.....	76
Figura 46 – Localização propriedades - SL-37.....	76
Figura 47 – Cotograma - SL-37 – Propriedades.....	77
Figura 48 – Localização propriedades - SL-32/27.....	77
Figura 49 – Cotograma - SL-32/27 – Propriedades.....	78
Figura 50 – Localização propriedades - SL-8/4.....	78
Figura 51 – Cotograma - SL-8/4 – Propriedades.....	79
Figura 52 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.....	88

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Grande em operação, próximos a PCH Santa Rosa II .	11
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%) .....	22
Tabela 3 – Resultado Análise de Estabilidade - Vertedouro - Projeto Executivo Engevix (8908/BP-3F-MC-001-01) .....	23
Tabela 4 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados) .....	38
Tabela 5 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados) .....	39
Tabela 6 – Vazões Máximas Mensais obtidas da equipe de Operação .....	40
Tabela 7 – Vazão Máxima Média Diária PCH Santa Rosa II .....	40
Tabela 8 – Mês de Ocorrência de Máximas Cheia Anuais .....	42
Tabela 9 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR).....	43
Tabela 10 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR .....	43
Tabela 11 – 18 maiores cheias no local da PCH Santa Rosa .....	44
Tabela 12 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma .....	45
Tabela 13 – Distribuição adimensional de vazões .....	46
Tabela 14 – Hidrograma de Cheias PCH Santa Rosa II .....	47
Tabela 15 – Hidrogramas para PCH Santa Rosa II .....	56
Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Santa Rosa II sem rompimento da Barragem .....	56
Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Santa Rosa II com rompimento da Barragem .....	57
Tabela 18 – Níveis na Casa de Força e Ponte – Natural e com rompimento Barragem Santa Rosa II ....	57
Tabela 19 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Santa Rosa II .....	58
Tabela 20 – Localização das Seções de Interesse .....	64
Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-128 – Propriedades .....	66
Tabela 22 – Detalhe das simulações - SL-117 – Propriedades .....	67
Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-97 – Propriedades .....	68
Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-94/90 – Propriedades .....	69
Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-75/73 – Propriedades e Casa de Força .....	70
Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-67/65 – Propriedades e Ponte .....	72
Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-63/60 – Propriedades .....	73
Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-58 – Propriedades .....	74
Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-53/51 – Propriedades .....	75
Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-45/40 – Propriedades .....	76
Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-37 – Propriedades .....	77
Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-32/27 – Propriedades .....	78
Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-8/4 – Propriedades .....	79
Tabela 34 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção .....	80
Tabela 35 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres .....	82
Tabela 36 – Órgãos do Estado do Rio de Janeiro que possuem atribuições em casos de desastres .....	83
Tabela 37 – Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres .....	83
Tabela 38 – Níveis de Segurança e risco Ruptura.....	89
Tabela 39 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Santa Rosa II .....	101
Tabela 40 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem .....	102
Tabela 41 – Entidades que recebem Cópia PAE .....	109



## 2 INTRODUÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Santa Rosa II, no rio Grande, pertencente à **STATKRAFT**, localizada no estado do Rio de Janeiro.

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) possui o intuito de atender 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 Santa Rosa II 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 02/08/2018, 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 SRO-BA-3C-ISR-0001 – PCH Santa Rosa II.

## 3 HISTÓRICO

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

### 3.1 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 Santa Rosa II, 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).

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, para as consequências à jusante com hipotética ruptura da barragem, com a indicação dos níveis e mapas das ondas de cheia normal e com a ruptura da barragem.

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

### **3.2 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 – Meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações de emergência em potencial
- Cap.13 – Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação
- Cap.14 – Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do PAE com os respectivos protocolos de recebimento

- Cap.15 – Conclusões e Recomendações
- Cap.16 – Equipe Técnica
- Cap.17 – Bibliografia
- Cap.18 – 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 – Zona de Autossalvamento
- Anexo V – Fluxograma de Acionamento

## 4 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

### 4.1 Localização e Acesso

A PCH Santa Rosa II possui 30 MW de potência instalada e está localizada no seu trecho médio superior do rio Grande, nos municípios de Bom Jardim e Cordeiro no Estado do Rio de Janeiro. As coordenadas aproximadas do eixo do barramento, são 22° 6' S e 42° 16' W, conforme a ficha técnica do projeto.

O aproveitamento hidrelétrico é o de maior potência da bacia do rio Grande, com a PCH Santo Antônio já em operação localizada a montante e a PCH São Sebastião Alto também em operação a jusante.

O local do aproveitamento é acessível a partir da cidade de Cordeiro onde próximo ao segundo trevo na BR 492 no sentido a Macuco deve-se entrar à direita em estrada vicinal junto a placa indicativa do caminho para a PCH Santa Rosa II, como mostra a Figura 1. Nesse acesso ao longo de 13,5 km chega-se a Casa de Força. Nesse caminho ocorrem outras placas indicativas da direção do empreendimento. Para acessar a barragem após percorrer 9,3 km no mesmo caminho da casa de força pega-se a direita em cruzamento estando o barramento distante 8.1 km desse ponto.

O desenho 1 - SRO-C-AGE-001-00-18 – Acesso Geral a Usina apresenta o mapa geral e local de localização do empreendimento no estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 2 estão indicados os acessos para a Casa de Força e para o barramento em imagem obtida no programa Google Earth.



Figura 1 – Placa informativa acesso a PCH Santa Rosa II



Figura 2 – Imagem do Google Earth com indicação dos acessos

A Tabela 1 abaixo apresenta a localização relativa da PCH Santa Rosa II na divisão de quedas do rio Grande. A partição de quedas do projeto básico consolidado está desatualizada em relação as usinas em operação.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Grande em operação, próximos a PCH Santa Rosa II

Posição em relação à PCH Santa Rosa II	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário
Montante	CGH Bom Jardim	0,14	Magatec Serviços Técnicos Ltda.
	PCH Santo Antônio	8,00	Brookfield Energias Renováveis
PCH Santa Rosa II		30,00	Santa Rosa S.A.
Jusante	PCH São Sebastião do Alto	13,20	Brookfield Energias Renováveis

Fonte (Aneel, 2018)

## 4.2 Estruturas da Usina

A Usina entrou em operação em 2008 e possui todo os documentos de projeto como construído. O arranjo geral da Usina é composto das estruturas conforme detalhadas abaixo.

### 4.2.1 Barragem

A PCH Santa Rosa II tem a barragem de fechamento em ambas às margens executada em concreto tipo CCR e apresenta a maior altura sobre fundação de 31 m.

Estas barragens possuem sua cota de proteção na El. 495,50 m, com paramento de montante vertical e de jusante em degraus com inclinação de 1 V: 0,8 H.

#### 4.2.2 Vertedouro

O vertedouro situa-se no leito do rio, a superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta perfil tipo USBR (perfil *creager*) com 70 m de comprimento, com paramento de montante vertical. A calha do vertedouro possui degraus e inclinação 1 V: 0,80 H. A capacidade de vazão do vertedouro é de 1.238 m<sup>3</sup>/s, correspondente à cheia decamilenar (NA máx max = 494,11 m) conforme a atualização da hidrologia na Revisão Periódica de Segurança (RPS) ), documento SRO-BA-3C-RPS-0001. A soleira da ogiva encontra-se na EL. 490,00 m com o núcleo em CCR e em concreto convencional nas suas faces externas e junto à sua fundação em rocha sã.

#### 4.2.3 Circuito Hidráulico de Adução

##### 4.2.3.1 Tomada de Água

A estrutura da Tomada de Água foi projetada na margem esquerda acoplada ao túnel de adução. O bloco da estrutura é possui um vão livre de 3,80 m de largura por 4,30 m de altura. Na entrada possui grades de proteção impedindo a entrada de detritos no circuito de adução. A plataforma de trabalho está na El. 495,00 m com 6,20 m de largura.

Está previsto em projeto um deplecionamento no reservatório de 0,50 m sendo então o nível mínimo na elevação 489,50 m. Porém devido a revisão da vazão sanitária na renovação da licença de operação com o aumento da vazão sanitária, é necessário o vertimento de 4 cm ao longo da calha do vertedouro o que impede a utilização desse volume do reservatório. No entanto foi informado pela operação da Usina que será implantado um sistema de sifão para atendimento da vazão sanitária.

##### 4.2.3.2 Túnel de Adução

O túnel de adução possui seção em arco retângulo com 4,30 m de largura por 4,30 m de altura, o túnel possui declividade de 2,5 % no início passando para 7,5 % no trecho em curva e entre 2,5 % e 3,678% no trecho final. Logo a montante da blindagem há uma transição de seção arco retângulo para a seção blindada com 2,825 m de diâmetro.

A montante da transição existe um rock-trap com dimensões de 20,0 m de comprimento, 2,00 m de profundidade e 4,30 m de largura com função de conter o carreamento de material sólido pesado para dentro das turbinas.

##### 4.2.3.3 Conduto Forçado

O conduto forçado possui 2,825 m de diâmetro no trecho único e 156 m de comprimento dentro do túnel de adução. Logo após o final do túnel já se encontra a primeira das três divisões do conduto com diâmetro de 1,50 m para cada turbina.

#### 4.2.3.4 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força da PCH Santa Rosa II é do tipo semiabrigada, e foi projetada para acomodar três unidades geradoras do tipo Francis de eixo horizontal, com engolimento nominal unitária 9,10 m<sup>3</sup>/s. O corpo principal da casa de força possui 51,40 m de largura, 27,30 m de comprimento, incluindo o trecho de blindagem do conduto, e altura de 25,95 m até poço de drenagem.

O nível de água normal no canal de fuga está na El. 354,90 m e o nível de água máximo maximorum de projeto encontra-se na El. 366,73 m. A cota de proteção da casa de força, dimensionada para suportar uma cheia de 10.000 anos de recorrência com borda livre de 1,27 m encontra-se na El. 368,00 m. O canal de fuga tem uma largura de 30,24 m.

### 4.3 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Santa Rosa II são:

- NA Normal Montante = 490,00 m;
- NA Máximo Maximorum Montante (\*) = 494,11 m (TR=10.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 495,50 m;
- NA Normal Jusante = 354,90 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante (\*) = 366,73 m (TR=10.000 anos);
- Cota de Proteção Casa de Força = 368,00 m.

(\*) níveis obtidos na elaboração da revisão periódica, doc. SRO-BA-3C-RPS-001.

A ficha técnica da Usina está apresentada abaixo.

O desenho 2 - SRO-C-PRE-002-00-18 – Propriedades e Área Resguardada apresenta as áreas de proteção do reservatório e casa de força bem como o arranjo geral da usina com destaque as principais estruturas.



**FICHA TECNICA**



ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOIRO	
Tipo:	Soleira Livre
Comprimento (m):	70,00
Capacidade (m <sup>3</sup> /s):	1.238,00 TR=10.000 anos
Elevação da Crista (m):	490,00
Fundação:	Gnaise

TOMADA D'ÁGUA	
Tipo:	Gravidade
Comprimento (m):	9,20
Comportas	Número: 1
	Altura (m): 4,30
	Largura (m): 3,80

ADUÇÃO	
Tipo:	Túnel
Comprimento (m):	4314,00
Altura (m):	4,30
Largura (m):	4,30
Fundação:	Gnaise

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	
Nome:	PCH Santa Rosa II
Municípios:	Bom Jardim e Cordeiro – RJ
Proprietário:	Santa Rosa S.A

DATAS	
Conclusão Barramento:	abr/08
Início Operação:	jun/08
Manutenção Barragem:	-----

CHAMINÉ	
Altura (m):	-----
Diâmetro (m):	-----
Fundação	-----

BACIA HIDROGRÁFICA	
Curso d'Água:	Rio Grande
Bacia (ANEEL):	Atlântico Sul - 5
Sub-Bacia (ANEEL):	Paraíba do Sul - 58

CONDUTOS FORÇADO	
Unidades:	1 (Trecho 1) 3 (Bifurcação)
Diâmetro (m):	2,83 1,50
Comprimento Total (m):	350,00

RESERVATÓRIO	
Área NA Normal - (km <sup>2</sup> ):	0,62
Volume NA Normal (hm <sup>3</sup> ):	6,95
Níveis de Água (m):	Máx. Max.: 494,11
	Normal: 490,00
	Mínimo: 490,00

CASA DE FORÇA	
Tipo:	Semiabrigada
Potência Instalada (MW)	30,00
Energia Assegurada (MW)	17,07
Unidades Geradoras:	3 Francis Horizontal
Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s):	27,30
Queda Bruta (m)	135,10
Nível de água jusante (m):	Máx. Max.: 366,73
	Normal: 354,90
	Mínimo: 354,20

BARRAGEM	
Tipo:	CCR-Concreto Comp. Rolo
Comprimento (m):	172,00
Altura Máxima (m):	31,00
Largura Crista (m):	4,00
Elevação da Crista (m):	495,50
Fundação:	Gnaise

TURBINA	
Potência Nominal [MW]	10,00 Unitária
Vazão Nominal [m <sup>3</sup> /s]	9,10 Unitária

CASCATA	
Usina Montante:	PCH Santo Antônio-Operação
Usina Jusante:	PCH Sossego-PB

GERADOR	
Potência Nominal [MW]	11,20 Unitária
Tensão Nominal [kV]	13,80
Rotação Nominal [rpm]	450,00
Fator de Potência	0,90

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





Figura 3 – Foto das estruturas civis Montante – PCH Santa Rosa II



Figura 4 – Foto das estruturas civis Jusante – PCH Santa Rosa II

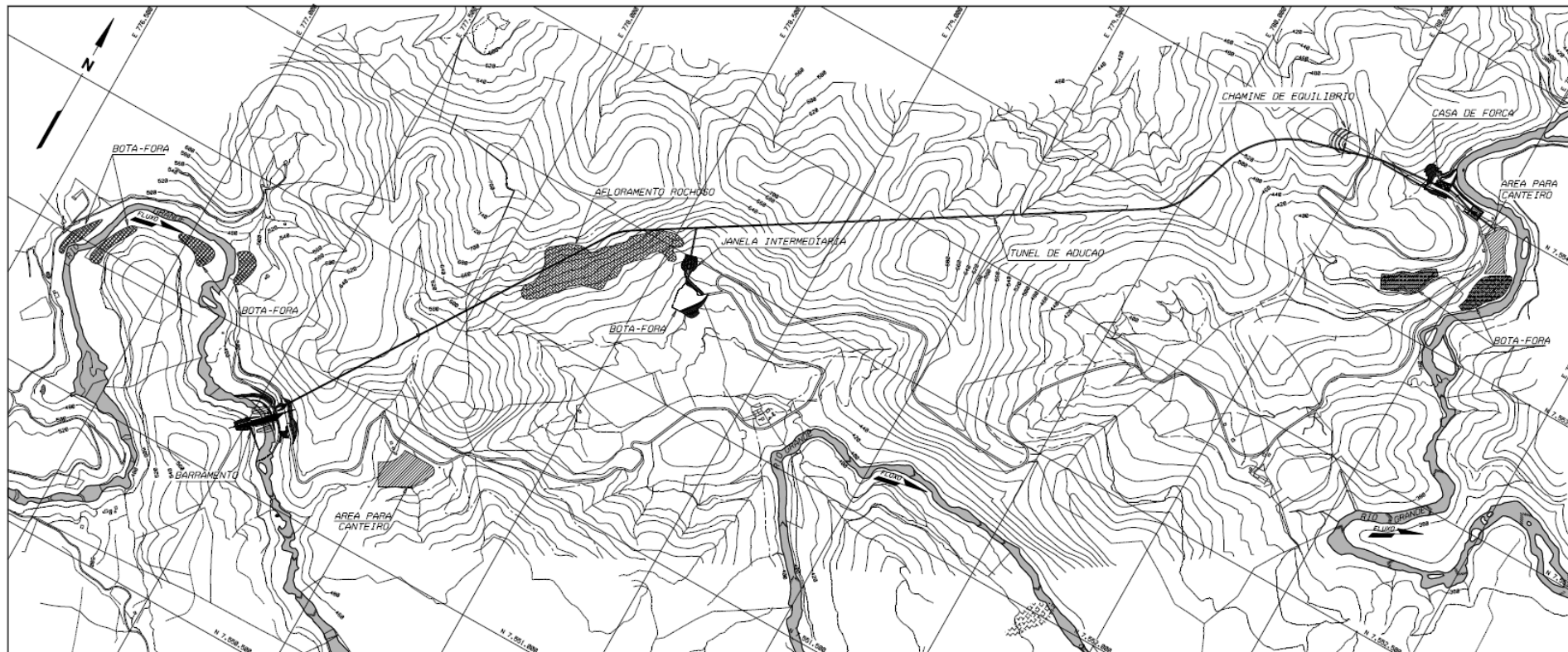


Figura 5 – Arranjo Geral

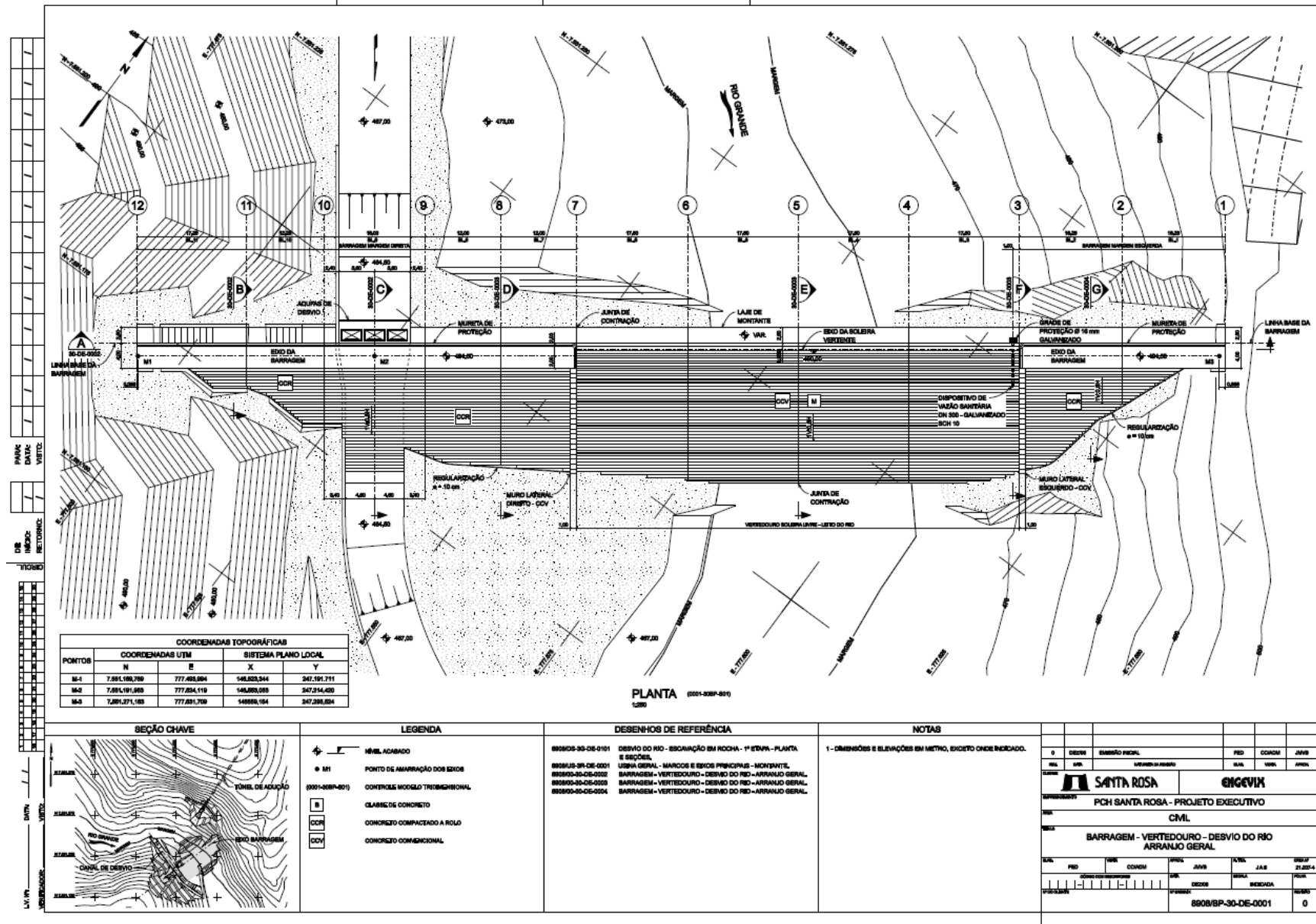


Figura 6 – Barragem – Planta Geral

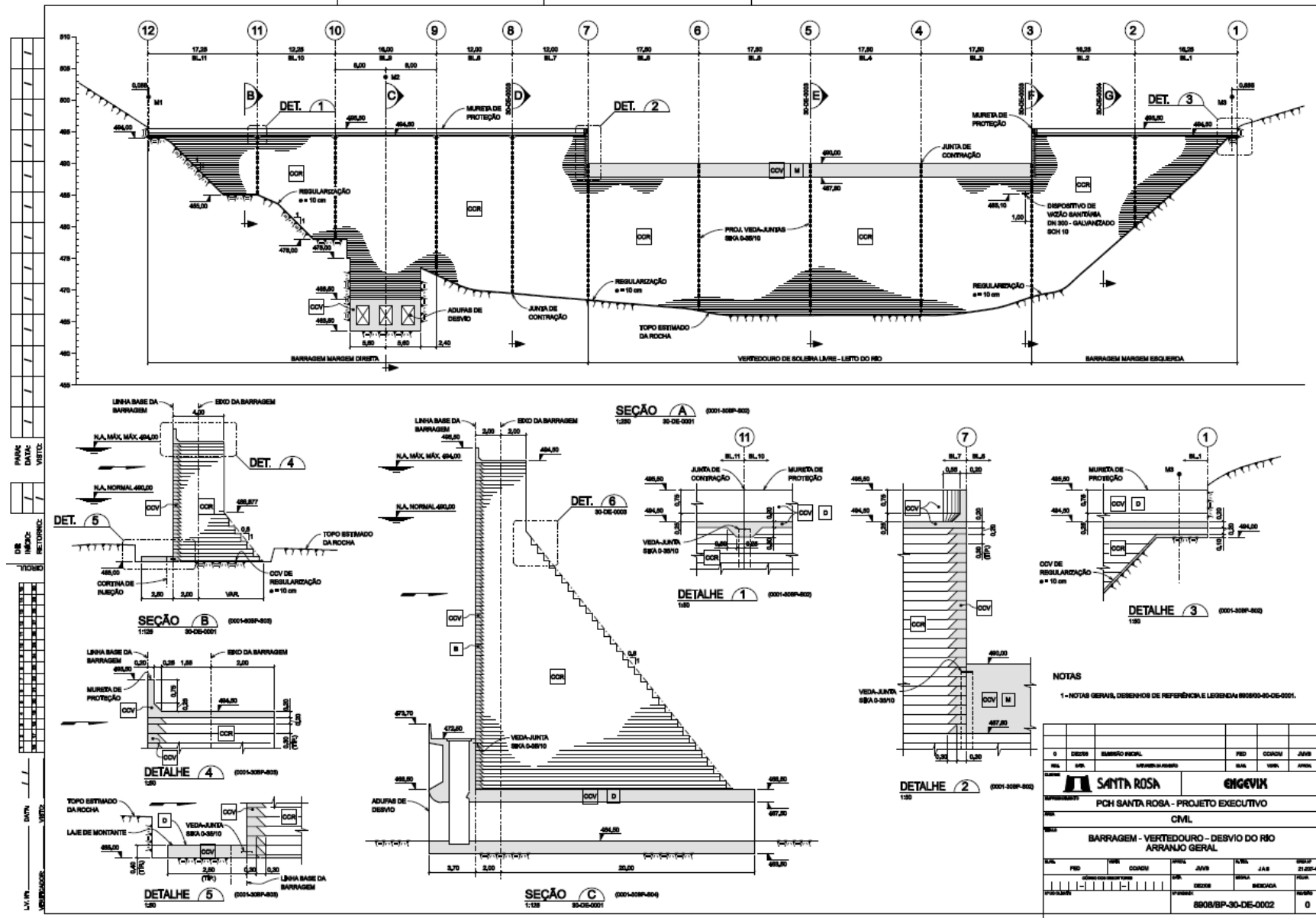


Figura 7 – Barragem – Seções

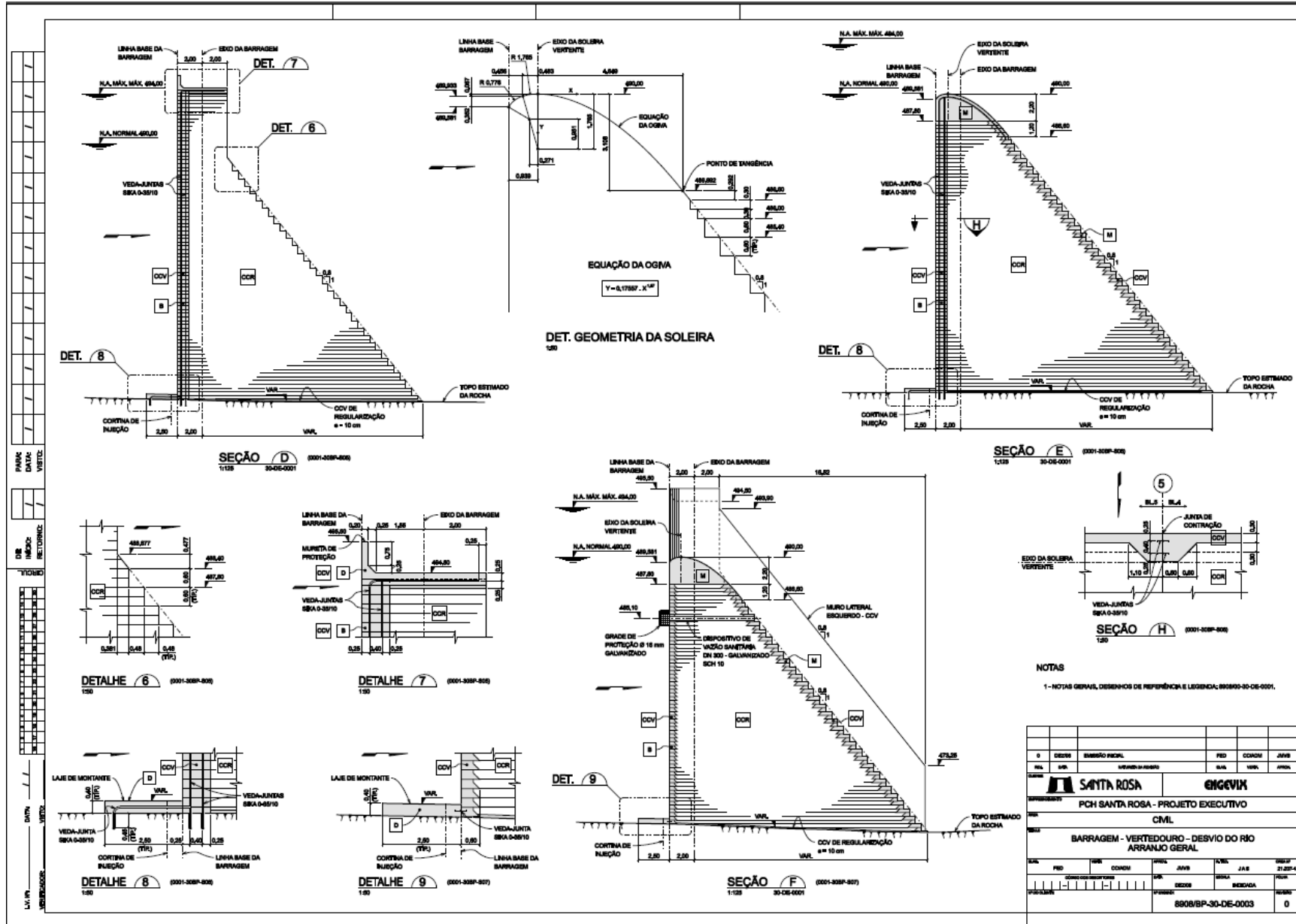


Figura 8 – Barragem – Seções

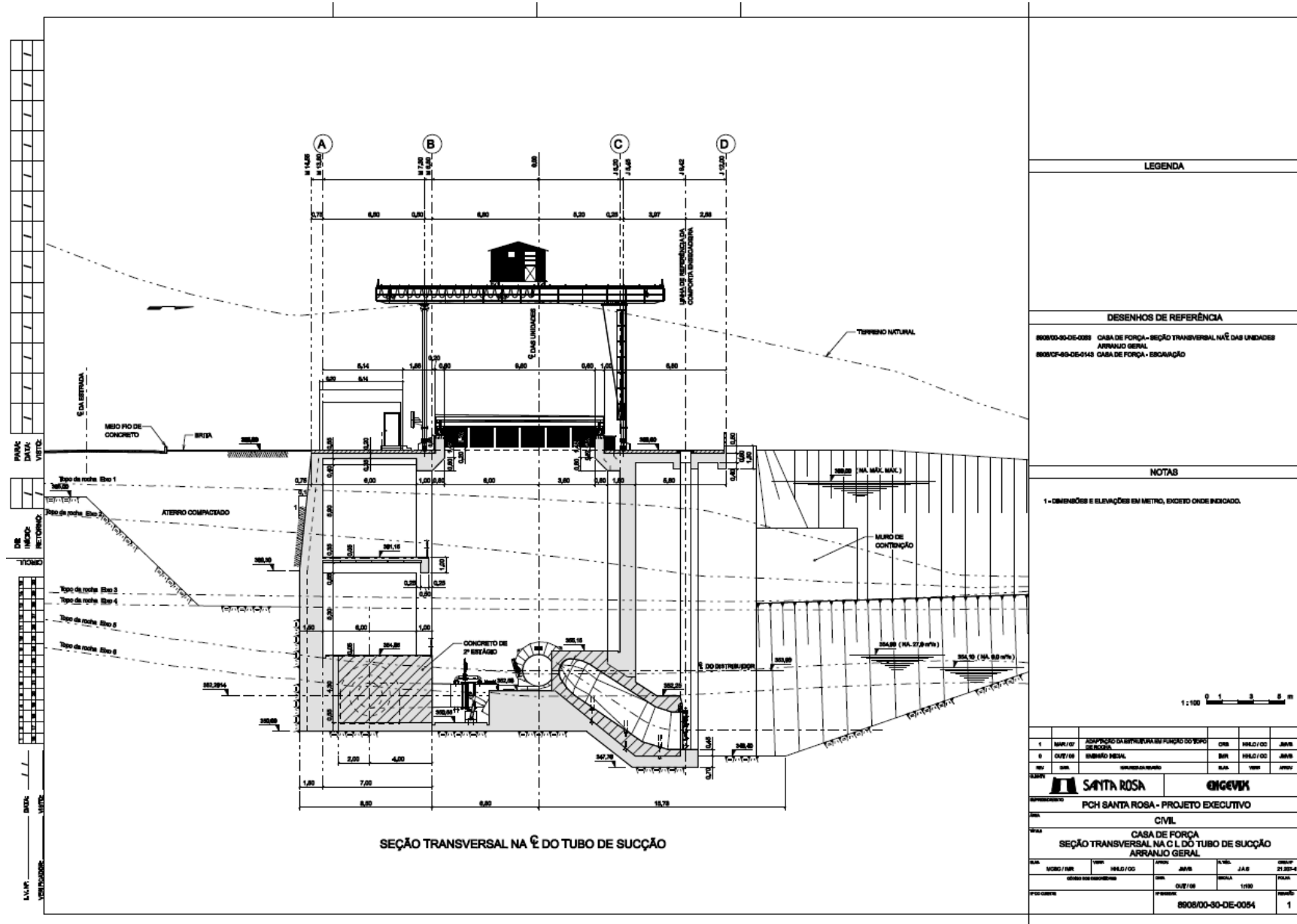


Figura 9 – Casa de Força – Seção

## 5 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

### 5.1 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 Santa Rosa II são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

#### 5.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Santa Rosa II possui área de drenagem de 979 Km<sup>2</sup>. No reservatório o volume total é de 6,95 hm<sup>3</sup> e extensão de 7,10 km formado por um barramento de concreto compactado a rolo com altura máxima de 31,00 m.

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

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

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

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

Portanto, o risco adotado pelo projeto da obra hidráulica da PCH Santa Rosa II pode ser analisado pela Tabela a seguir:

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

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

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



## 5.1.2 Risco de Colapso Estrutural

### 5.1.2.1 Barragem de Concreto

Para a análise de risco de colapso estrutural foi considerado o ponto do barramento com maior altura, resultando na onda mais intensa. Assim o trecho de barragem de CCR foi o utilizado para a análise de risco.

O Vertedouro da PCH Santa Rosa II 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 70 m de comprimento, com paramento de montante vertical. A calha do vertedouro possui degraus e inclinação 1 V: 0,80 H. A capacidade de vazão do vertedouro é de 1.238 m<sup>3</sup>/s (RPS), correspondente à cheia decamilenar. A soleira da ogiva encontra-se na EL. 490,00 m com o núcleo em CCR e em concreto convencional nas suas faces externas.

A memória de cálculo 8908/BP-3F-MC-001-01 (Barragem – estabilidade – Memória de Cálculo), elaborada pela responsável pelo projeto executivo Engevix obteve os seguintes coeficientes de segurança para estabilidade da seção do vertedouro conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado Análise de Estabilidade - Vertedouro - Projeto Executivo Engevix (8908/BP-3F-MC-001-01)

Fatores de Segurança							Tensão Fundação		
Caso de Carregamento		FSF	FSF Limite	FSD	FSD Limite	FST	FST Limite	$\sigma_1$	$\sigma_2$
Sigla	Descrição							(KN/m <sup>2</sup> )	(KN/m <sup>2</sup> )
CCN	Caso de Carregamento Normal – NA Mont 490,00 m e NAJust 466,35 m	2,84	>1,30	3,48	>1,0	1,74	>1,50	309,6	131,9
CCE1	Caso de Carregamento Excepcional - Enchente 10.000 anos NA Mont 494,00 m e NAJust 470,30 m	2,16	>1,10	4,74		1,30	>1,20	429,6	-58,8 (*)
CCE1*	Caso de Carregamento Excepcional – considerando abertura de junta	1,73		3,14		1,16 (**)	464,9	-0	
CCE2	Caso de Carregamento Excepcional 2 - Níveis Normais e Esforços Sísmicos	2,75		5,19		1,55	>1,10	378,4	42,7

Obs.: (\*) Valores negativos indicam tração

(\*\*) Justificado na memória que: “embora seja pouco provável que ocorra a abertura da junta tracionada na fundação, dado o baixo nível de tensões de tração, é seguro dizer que caso ocorra, este fato não compromete a estabilidade da barragem, permanecendo o fator de segurança ao tombamento maior que 1,00 e muito próximo ao valor requerido de 1,20”.

Além disso, como prevenção de risco de colapso estrutural, o Plano de Segurança da Barragem (SRO-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 Santa Rosa II, sendo assim o risco de colapso estrutural é praticamente nulo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural.



Figura 10 – Vista Geral do Vertedouro

## 5.2 Identificação das Emergências Potenciais

Para identificação dos pontos de emergências foram determinados níveis de água ao longo do rio a jusante da PCH Santa Rosa II 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 correspondente sendo então identificadas e classificadas as emergências potenciais:

a) Situação Normal – Ruptura em dia de sol

Correspondem à condição natural de escoamento do hidrograma de cheias 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 10.000 anos de recorrência, correspondente a cheia de dimensionamento do vertedouro.

### 5.2.1 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 Nº 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.

## 6 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 5 (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.

### 6.1 Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da PCH Santa Rosa II 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.

#### 6.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

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

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

Os mapas de cheia possuem um erro equivalente à metade da distância das curvas de níveis obtidas, ou seja, no caso da simulação para a PCH Santa Rosa II o erro considerado é de 2,50 m devido aos desenhos que reproduzem a topografia local possuírem curvas de nível do terreno com linhas equidistantes de 5 m em 5 m.

## 6.1.2 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.

## 6.1.3 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).

### 6.1.3.1 Galgamento

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

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

A Figura 11 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

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

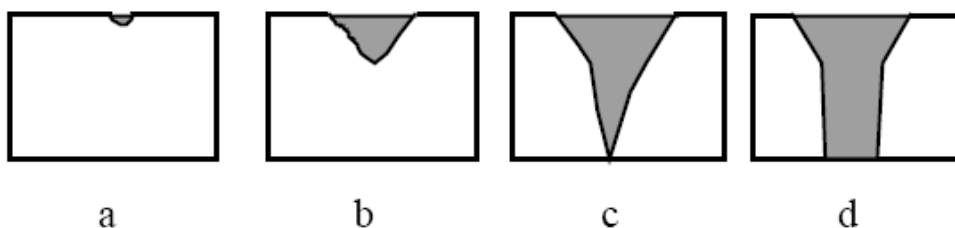


Figura 11 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

### 6.1.3.2 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 12 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que ocorre conforme a sequência abaixo.

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

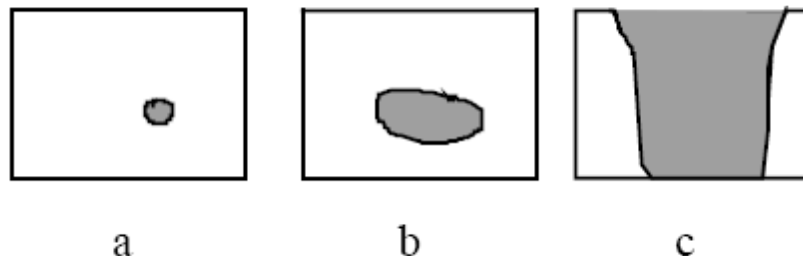


Figura 12 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

### 6.1.3.3 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 13 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, onde ocorre a formação de uma brecha que apresenta características parecidas seja a barragem de terra ou de concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).

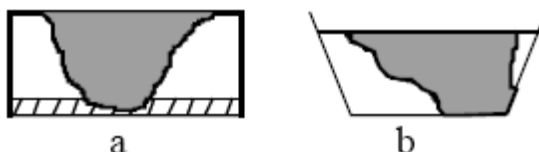


Figura 13 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

#### 6.1.3.4 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.

#### 6.1.3.5 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%.

#### 6.1.4 Formação da Brecha

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

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

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

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

**Table 3. Ranges of Possible Values for Breach Characteristics**

Dam Type	Average Breach Width ( $B_{ave}$ )	Horizontal Component of Breach Side Slope (H) (H:V)	Failure Time, $t_f$ (hours)	Agency
Earthen/Rockfill	(0.5 to 3.0) x HD	0 to 1.0	0.5 to 4.0	USACE 1980
	(1.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0	0.1 to 1.0	FERC
	(2.0 to 5.0) x HD	0 to 1.0 (slightly larger)	0.1 to 1.0	NWS
	(0.5 to 5.0) x HD*	0 to 1.0	0.1 to 4.0*	USACE 2007
Concrete Gravity	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 1980
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.3	FERC
	Usually $\leq 0.5 L$	Vertical	0.1 to 0.2	NWS
	Multiple Monoliths	Vertical	0.1 to 0.5	USACE 2007
Concrete Arch	Entire Dam	Valley wall slope	$\leq 0.1$	USACE 1980
	Entire Dam	0 to valley walls	$\leq 0.1$	FERC
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	$\leq 0.1$	NWS
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	$\leq 0.1$	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		$\leq 0.1$	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 14 – Tamanhos e tempo para formação da brecha

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

#### 6.1.4.1 Tamanho

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

Barragens de concreto por gravidade apresentam ruptura de um ou dois blocos (ALMEIDA e FRANCO, 1993, ICOLD, 1996, e FRANCO, 1996 apud RIBEIRO, 2007). Existe dificuldade de se prever o número de seções monolíticas que devem se deslocar e sofrer colapso, porém é possível determinar a geometria para simulação aumentando a largura da base da brecha de modo a representar o número de seções monolíticas deslocadas. O número de blocos rompidos poderá ser fixado tendo em conta a velocidade de descida do nível a montante, uma vez que uma rápida descida do reservatório corresponde a uma redução significativa das solicitações



para os blocos que não rompem evitando os rompimentos de novos blocos nas laterais do primeiro rompimento.

Em barragens de terra não ocorre o rompimento total da estrutura do talude, este rompimento também não é instantâneo, a brecha que se forma como resultado do rompimento tende a apresentar uma largura média (B) de  $0,5H < B < 3H$ , onde H é a altura da barragem. Desta forma normalmente a largura da brecha em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (Collischonn, 1997).

#### 6.1.4.2 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 15 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.

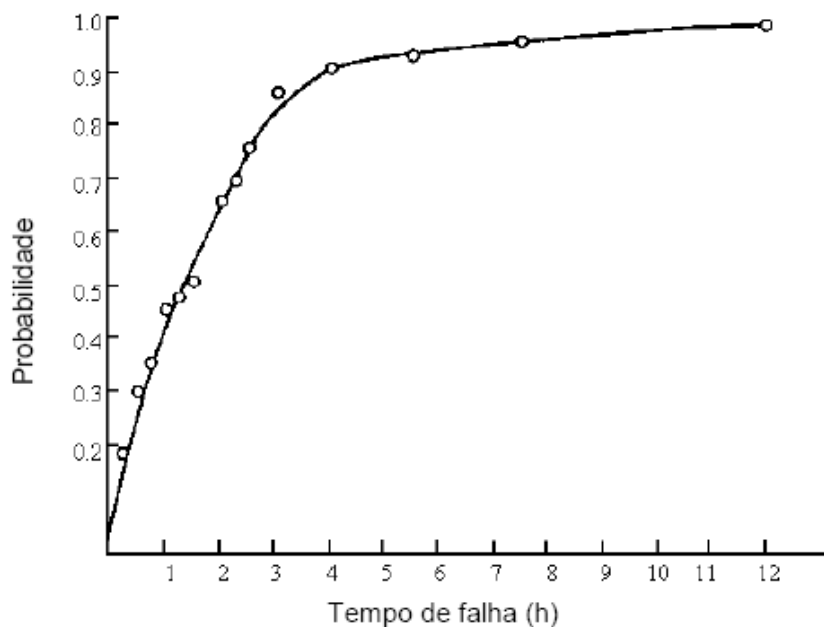


Figura 15 – Tempo de formação da brecha

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 14 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.

### 6.1.5 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

### 6.1.6 Modelagem Matemática

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

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

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

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

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

- Equação da continuidade:

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

- Equação da dinâmica

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

Onde:

Q = vazão;

A = seção transversal;

t = tempo;

x = distância medida na direção do escoamento;

qL = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S0 = declividade do leito;

Sf = declividade da linha de energia.

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

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

#### 6.1.7 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.

#### 6.1.8 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.

### 6.1.9 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 Departmento the Interior* estabelece gráficos para determinação das zonas de perigo. São apresentados aqui os gráficos de uso neste trabalho.

A Figura 16 apresenta o nível de perigo relacionado a residências.

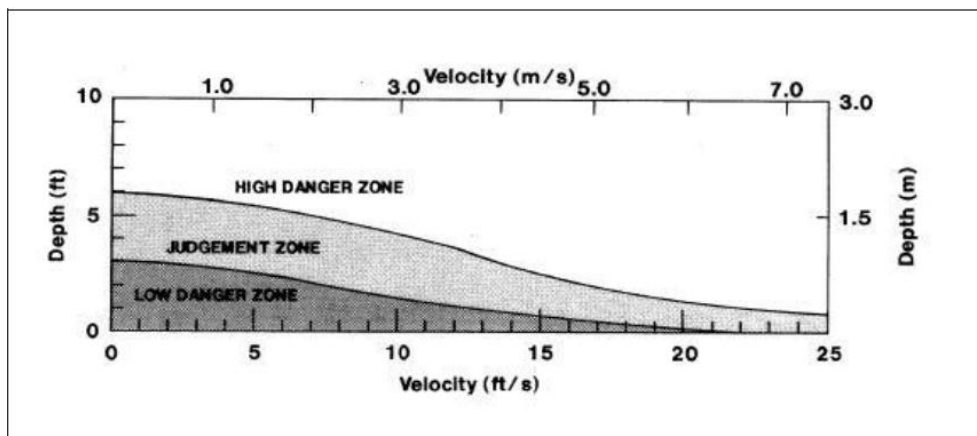


Figura 16 – Nível de perigo relacionado a residências

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

A Figura 17 apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.

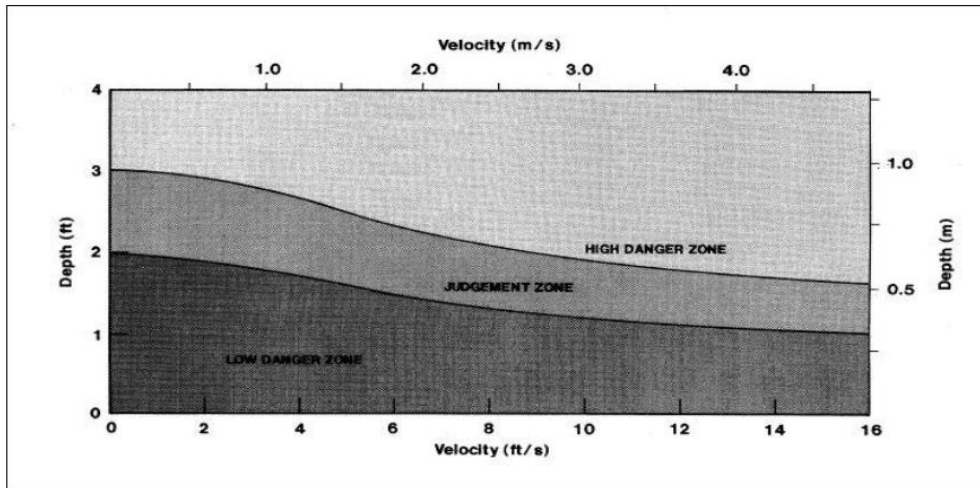


Figura 17 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

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

A Figura 18 apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

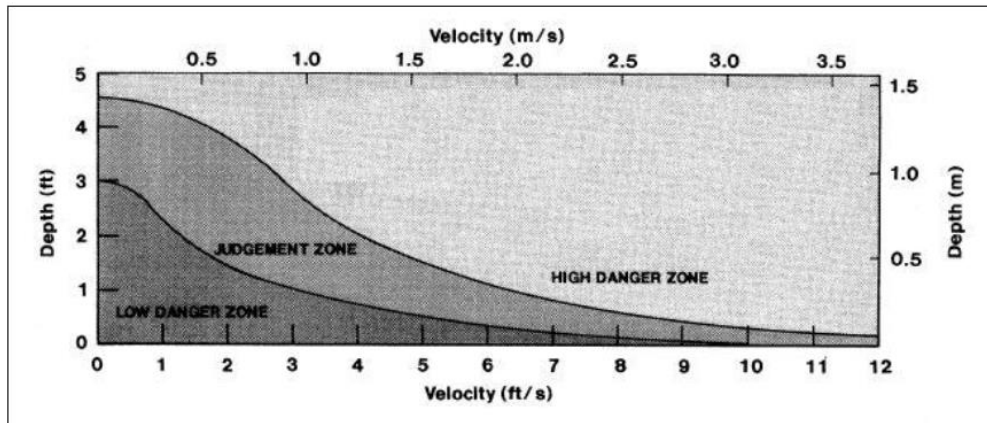


Figura 18 – Nível de perigo relacionado a adultos

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

A Figura 19 apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.

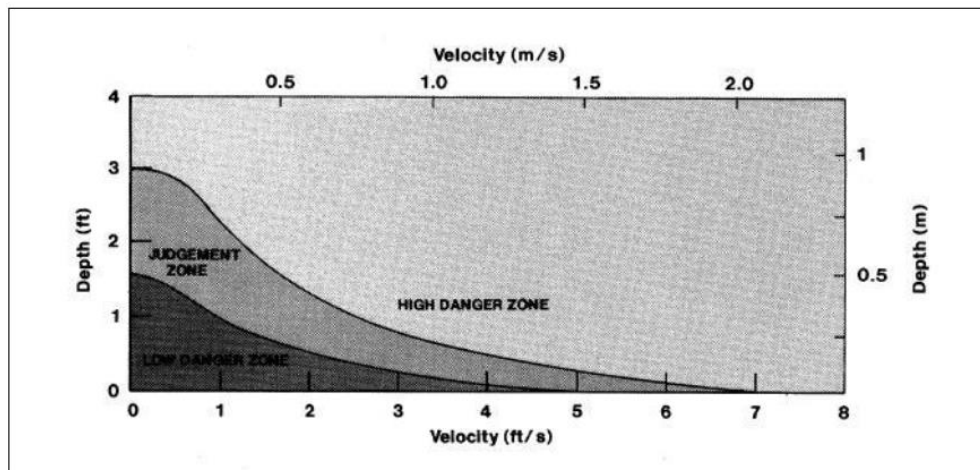


Figura 19 – Nível de perigo relacionado a crianças

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

## 6.2 Dados de entrada utilizados

### 6.2.1 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 6.1.5, 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 hm<sup>3</sup> - análise da simulação do rompimento da Barragem no trecho a jusante até máximo 25 km.

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

Para o estudo na PCH Santa Rosa II como o volume do reservatório está entre 3 – 50 hm<sup>3</sup> a extensão do trecho de modelagem foi considerada de 25 km.

Assim o trecho definido para o estudo foi de cerca de 31,00 km ao longo do eixo do rio Grande, incluindo o trecho do reservatório com 6 km a montante e o trecho a jusante do barramento com 25 km, passando pelos ribeirinhos de jusante e pelo local da casa de força da futura PCH Sossego (jusante) atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de média altura (31,00 m), volume do reservatório baixo (6,95 hm<sup>3</sup>) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise estão de acordo com a bibliografia.

### 6.2.2 Geografia da região e geometria do rio

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

Os desenhos 3 a 7, SRO-C-SRE-003-00-18 – Seções na Restituição – Folha 01 a 05 presente no Volume II apresentam a localização das seções transversais obtidas pela restituição e utilizadas no modelo.

#### 6.2.2.1 Cartografia

A restituição utilizada com DATUM Sirgas 2000 (Anexo I – Dados), está dividida em 3 partes:

- Região das estruturas – curvas de 2 em 2 m do Projeto Básico da PCH Santa Rosa II;
- Região da alça ensecada – curvas de 20 em 20 m do IBGE;
- Região Jusante – curvas de 5 em 5 m do Projeto Básico da PCH Sossego.

A reprodução da topografia completa do trecho foi obtida de acordo com desenhos de restituição existentes acima, ajustadas com curvas do IBGE nos trechos sem informações com uso de plataforma de desenho digital CAD em Sirgas 2000, resultando em um arquivo com a topografia das margens do trecho do Rio Grande desde a montante do lago da PCH Santa Rosa II até a casa de força da PCH Sossego (Futura Usina de jusante) em curvas equidistantes variáveis em cota conforme informado.

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

Tabela 4 – Fontes da geometria do rio (Anexo I – Dados)

Item	Nº Documento	Elaboração	Descrição/Legenda
1	DB-G00-010	Engevix	Projeto Básico Consolidado - Bacia Hidrográfica do Rio grande e Divisão de Queda
2	DB-G00-011	Engevix	Projeto Básico Consolidado - Mapa do Reservatório
3	DB-G00-020-Folha 1-3	Leme Engenharia	Projeto Básico - Restituição Aerofotogramétrica
4	DB-G00-020-Folha 2-3	Leme Engenharia	Projeto Básico - Restituição Aerofotogramétrica
5	DB-G00-020-Folha 3-3	Leme Engenharia	Projeto Básico - Restituição Aerofotogramétrica
6	SF-23-Z-B-III-2 Mi – 2717-2	Carta IBGE	TRAJANO DE MORAIS
7	SF- SF-23-Z-B-III-1 Mi – 2717-1	Carta IBGE	CORDEIRO
8	S/N	PCH Sossego - PB	SOSSEGO-BASE TOTAL GEO-SAD69- RESERVATORIO

### 6.2.2.2 Topografia

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

- 2008 – 31 níveis de água;
- 2011 – 12 seções topobatimétricas juntamente com 12 níveis de água;
- 2018 – 3 seções topobatimétricas juntamente e mais 9 níveis de água.



Todos estes dados estão apresentados no Anexo I – Dados.

### 6.2.3 Geometria da barragem

A barragem de concreto, com altura máxima de 32 m no bloco da adufa de desvio, tem comprimento total de 172 m. A barragem de concreto da margem direita tem comprimento de 69,50 m e a barragem de concreto da margem esquerda tem comprimento de 32,50 m, ambas com cota de proteção na EL. 495,50. O vertedouro de soleira livre possui 70 m de comprimento e crista na EL. 490,00 m.

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

Tabela 5 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I - Dados)

Item	Nº Documento	Elaboração	Descrição/Legenda
1	DB-G00-010	ENGEVIX	Projeto Básico Consolidado – Bacia Hidrográfica do Rio Grande e Divisão de Queda
2	DB-G00-011	ENGEVIX	Projeto Básico Consolidado – Mapa do reservatório
3	8908/US-30-DE-0001	ENGEVIX	Projeto Executivo – Usina - Arranjo Geral
4	8908/BP-30-DE-0001	ENGEVIX	Projeto Executivo – Barragem – Vertedouro – Desvio do Rio – Arranjo Geral
5	8908/BP-30-DE-0002	ENGEVIX	Projeto Executivo – Barragem – Vertedouro – Desvio do Rio – Arranjo Geral
6	8908/BP-30-DE-0003	ENGEVIX	Projeto Executivo – Barragem – Vertedouro – Desvio do Rio – Arranjo Geral
7	8908/DS-3F-DE-0051	ENGEVIX	Projeto Executivo – Desvio do Rio – Galerias e Estrutura do Emboque – Eixos A a C – EL. 463,50 a EL. 472,50 - Formas
8	8908/DS-3F-DE-0052	ENGEVIX	Projeto Executivo – Desvio do Rio – Galerias e Estrutura do Emboque – Eixos A a C – EL. 463,50 a EL. 472,50 - Formas
9	8908/DS-3F-DE-0053	ENGEVIX	Projeto Executivo – Desvio do Rio – Galerias e Estrutura do Emboque – Eixos A a C – EL. 463,50 a EL. 472,50 - Formas
10	8908/00-30-DE-0051	ENGEVIX	Projeto Executivo – Casa de Força – Planta de Cobertura – Arranjo Geral
11	8908/00-30-DE-0054	ENGEVIX	Projeto Executivo - Casa de Força – Seção Transversal na CL no Tubo de Sucção– Arranjo Geral

### 6.2.4 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 Santa Rosa II, localizada no Rio Grande 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.

#### 6.2.4.1 Cálculo da Vazão Máxima Anual

- Dados de Operação Disponíveis

Em pesquisa com equipe de operação da PCH Santa Rosa foram disponibilizados dados de vazão máxima do sistema supervisorio da usina a partir de janeiro de 2010. Foram selecionadas

as 16 maiores vazões mensais ao longo do período de dados do supervisor e comparadas com os dados obtidos dos estudos hidrológicos. Na Tabela 6 abaixo estão indicados os dados de vazão máximas mensais selecionadas. A máxima vazão observada corresponde a uma cheia com tempo de recorrência de 411 anos ocorrida em 2011.

Tabela 6 – Vazões Máximas Mensais obtidas da equipe de Operação

PCH Santa Rosa II - Dados Operação			PCH Santa Rosa II - Dados Operação		
Ano	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	TR (anos)	Ano	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	TR (anos)
12/01/2011	621,78	411,0	05/03/2010	138,73	2,5
02/01/2012	300,76	14,0	13/11/2012	120,11	2,1
01/02/2012	222,11	6,1	02/02/2013	118,65	2,1
27/01/2013	181,79	4,0	19/03/2013	114,33	2,0
16/01/2016	181,18	4,0	14/12/2016	101,35	1,7
15/11/2016	163,01	3,3	01/01/2010	93,14	1,6
18/12/2011	155,34	3,0	06/01/2018	92,05	1,6
24/12/2010	147,37	2,8	26/11/2010	85,51	1,5

- Vazões na PCH Santa Rosa II – Dados Estatísticos

Na Revisão Periódica de Segurança foram revisados os estudos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Grande no local da barragem da PCH Santa Rosa II. Desses estudos foram atualizadas as vazões máximas de cheia nos diversos tempos de recorrência bem como as vazões máximas médias diárias para o período de dezembro 1931 até abril de 2018.

Com esses dados foi possível obter a vazão máxima média diária em cada mês do período de dados conforme indica a Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Vazão Máxima Média Diária PCH Santa Rosa II

Vazão Máxima Média Diária - PCH Santa Rosa II (m <sup>3</sup> /s)													
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máxima
1931												105,41	<b>105,41</b>
1932	146,97	70,44	102,24	23,74	40,42	15,96	8,19	37,52	12,52	37,88	31,99	153,70	<b>153,70</b>
1933	100,68	77,84	146,97	36,81	45,67	29,35	13,47	15,96	24,34	57,33	91,98	130,65	<b>146,97</b>
1934	225,39	58,60	52,39	23,74	25,56	51,17	39,69	20,83	16,70	12,14	33,75	108,91	<b>225,39</b>
1935	113,39	114,51	48,49	35,43	20,72	16,06	13,01	10,19	21,07	31,69	28,89	37,57	<b>114,51</b>
1936	25,05	39,76	47,07	42,91	21,07	13,90	9,14	9,40	12,14	24,68	65,65	81,81	<b>81,81</b>
1937	53,31	58,70	27,72	28,50	64,24	19,35	12,14	11,01	11,57	35,43	94,25	179,11	<b>179,11</b>
1938	101,77	61,91	91,61	66,12	32,10	29,28	18,67	26,95	19,01	22,49	49,45	79,29	<b>101,77</b>
1939	131,26	62,37	49,45	38,44	30,88	19,69	14,81	9,93	12,42	13,30	31,69	65,65	<b>131,26</b>
1940	91,09	72,85	98,53	37,14	32,51	23,94	16,06	15,43	16,70	20,37	87,96	305,64	<b>305,64</b>
1941	68,98	68,50	72,85	40,21	18,34	18,34	13,60	9,14	31,69	19,01	36,71	99,06	<b>99,06</b>
1942	97,99	45,67	104,50	41,10	35,86	12,71	32,10	21,78	12,14	49,45	37,14	76,79	<b>104,50</b>
1943	142,01	119,63	128,90	37,14	22,13	20,03	20,37	22,85	21,78	53,76	63,77	99,60	<b>142,01</b>
1944	56,43	161,79	102,86	45,67	36,28	17,35	22,13	10,46	8,38	30,48	18,00	73,83	<b>161,79</b>
1945	112,26	69,46	49,45	61,91	23,58	29,28	17,02	12,42	11,01	16,38	47,54	117,92	<b>117,92</b>
1946	103,95	35,86	55,98	30,88	19,35	14,50	10,19	7,40	17,02	23,21	82,31	38,01	<b>103,95</b>
1947	45,67	150,56	179,11	48,02	23,94	21,07	18,34	21,78	28,10	24,31	112,26	127,73	<b>179,11</b>
1948	55,54	117,92	72,85	28,89	20,37	17,02	11,01	21,07	16,38	18,00	38,44	170,06	<b>170,06</b>
1949	81,81	97,45	49,45	42,91	23,21	43,82	31,28	16,70	13,60	23,58	30,88	79,79	<b>97,45</b>
1950	153,65	74,81	42,91	41,55	26,18	14,81	11,01	8,63	17,02	24,31	32,10	49,45	<b>153,65</b>



Vazão Máxima Média Diária - PCH Santa Rosa II (m³/s)

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Máxima
2005	173,27	145,05	213,32	49,37	38,76	29,13	35,92	20,78	28,69	25,66	45,72	105,05	213,32
2006	34,07	32,27	57,01	52,59	27,09	16,82	17,51	22,29	17,51	28,35	105,05	65,68	105,05
2007	515,13	90,04	71,11	39,24	44,70	21,14	24,24	13,85	13,53	27,93	62,73	81,30	515,13
2008	45,21	55,33	63,90	40,21	30,50	22,29	16,82	19,29	21,52	26,26	52,05	137,20	137,20
2009	154,27	71,11	41,68	38,28	34,53	27,09	19,66	17,51	20,40	77,36	87,96	83,84	154,27
2010	53,68	44,70	51,51	68,07	57,01	27,93	25,85	17,51	14,17	27,51	74,83	106,15	106,15
2011	173,91	36,38	56,45	46,23	25,85	27,51	18,57	16,82	11,78	31,82	78,63	145,65	173,91
2012	169,41	97,45	97,45	56,45	34,53	20,46	19,11	15,28	36,38	20,46	120,78	55,33	169,41
2013	111,70	115,08	113,95	38,28	41,68	32,27	25,04	15,89	21,15	34,53	38,28	81,30	115,08
2014	44,19	18,45	22,29	48,84	20,46	17,47	13,49	19,11	21,52	20,46	29,20	39,24	48,84
2015	24,23	38,20	58,81	39,45	23,19	18,09	14,33	9,56	22,99	11,69	57,47	78,28	78,28
2016	166,95	51,36	63,67	41,47	14,85	28,32	9,85	11,87	22,99	21,77	143,44	183,37	183,37
2017	65,67	59,48	81,33	28,87	28,01	15,46	34,50	11,95	8,38	20,47	32,42	53,87	81,33
2018	73,81	119,30	129,41	31,74									129,41
<b>Máxima</b>	<b>515,13</b>	<b>209,88</b>	<b>213,32</b>	<b>93,20</b>	<b>64,24</b>	<b>77,29</b>	<b>39,69</b>	<b>37,52</b>	<b>74,81</b>	<b>81,81</b>	<b>156,77</b>	<b>305,64</b>	<b>515,13</b>

Os meses com maior ocorrência de cheias foram dezembro (25) e janeiro (32) com 65% das ocorrências nesses dois meses. A Tabela 8 apresenta o mês de ocorrência da máxima cheia anual para o todo o período de dados. No Gráfico 1 estão distribuídas as vazões máximas anuais na PCH Santa Rosa II. Pode se observar uma tendência de vazões de cheia na bacia com valores entre 100 e 200 m³/s em sua grande maioria.

Tabela 8 – Mês de Ocorrência de Máximas Cheia Anuais

Mês	Eventos	Mês	Eventos
Jan	32	Jul	0
Fev	13	Ago	0
Mar	10	Set	0
Abr	0	Out	1
Mai	0	Nov	7
Jun	0	Dez	25

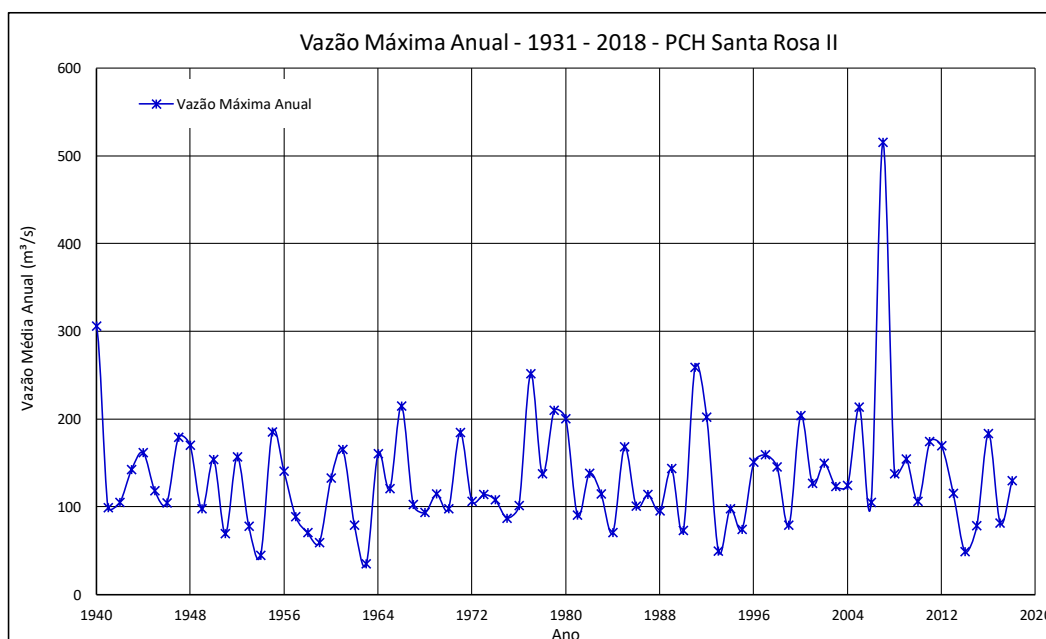


Gráfico 1 – Vazões Máximas Anuais

#### 6.2.4.2 Vazões de Cheia para os Diversos Tempos Recorrência

Definidos os valores das vazões máximas anuais, utilizamos 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.

Os valores de cheias obtidos para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos estão indicados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR)

<b>Vazão Máx TR anos</b>	<b>Santa Rosa II Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
5	203
10	269
20	335
50	422
100	488
500	641
1.000	707
10.000	926

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 Santa Rosa II foi 1,337 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 10 abaixo.

Tabela 10 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR

<b>Vazão Máx inst TR anos</b>	<b>Santa Rosa II Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
5	271
10	360
20	448
50	564
100	652
500	857
1.000	945
10.000	1.238

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 ocorre o registro de cheias com recorrência de até 411 anos (621,78

m<sup>3</sup>/s) conforme os dados do sistema supervisorio. Abaixo no Gráfico 2 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.

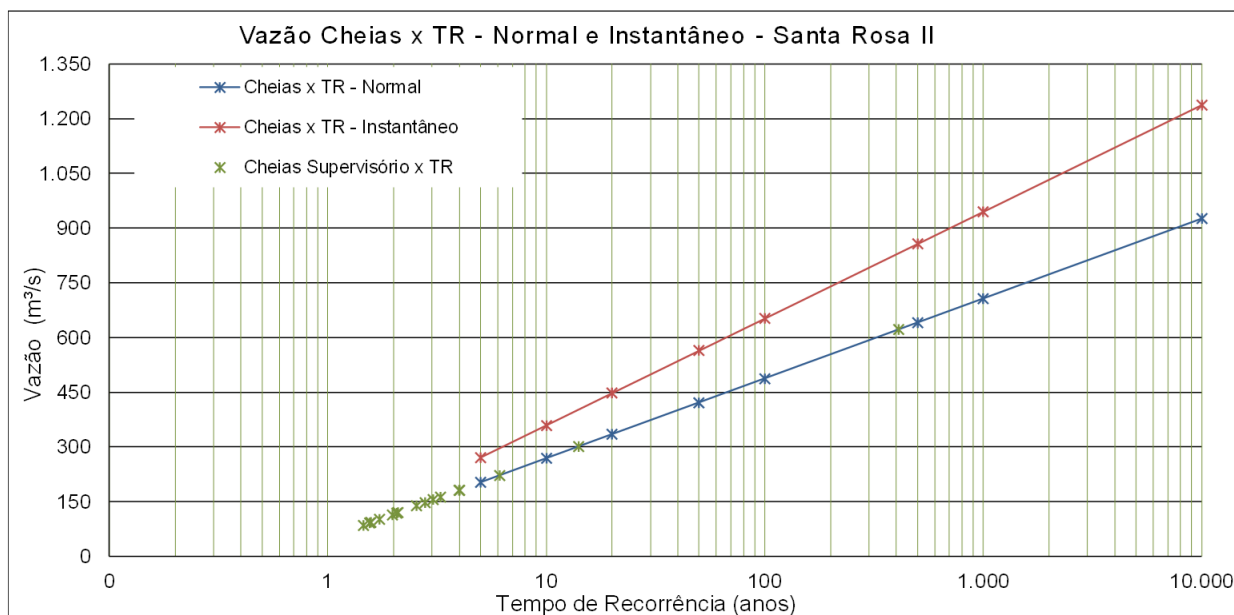


Gráfico 2 – Vazões de Cheia x Tempo de Recorrência

### 6.2.4.3 Hidrograma de cheias

Para calcular o efeito das cheias e da ruptura da barragem na topografia da área de influência da PCH Santa Rosa II foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário adimensional baseado nas 18 maiores cheias da bacia. Para a bacia do Rio Grande foi estimado o tempo de concentração da cheia em 96 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 11 abaixo tem-se os valores das 18 maiores cheias na bacia do Rio Grande na PCH Santa Rosa II e o ano em que a cheia ocorreu, segundo os dados hidrológicos obtidos.

Tabela 11 – 18 maiores cheias no local da PCH Santa Rosa II

Ano	Q (m <sup>3</sup> /s)	Ano	Q (m <sup>3</sup> /s)
2007	515,13	2005	201,70
1940	305,64	1979	200,35
1991	258,89	2000	185,00
1977	251,58	1992	184,35
1934	225,39	1980	183,37
1966	214,70	1955	179,11
2005	213,32	1971	179,11
1979	209,88	1947	173,91
2000	203,74	1937	170,06

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 12 abaixo estão os valores obtidos da tabela de vazão diária.

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

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228
Q (m <sup>3</sup> /s)	28,35	55,89	181,72	257,40	515,13	497,20	422,56	372,92	323,17	218,76
	18,67	19,69	53,31	73,83	305,64	147,49	103,95	73,83	56,43	48,49
	116,21	148,71	90,04	128,32	258,89	175,21	150,56	135,41	115,65	71,86
	24,03	24,03	25,65	83,84	251,58	179,76	127,73	72,85	56,41	48,41
	49,98	87,99	90,97	172,42	225,39	117,31	68,18	81,65	83,58	45,67
	76,09	141,41	97,45	120,78	214,70	133,03	107,80	86,41	77,36	41,68
	45,21	52,05	41,19	45,72	213,32	97,45	69,89	54,23	26,94	26,51
	46,60	55,54	63,31	139,00	209,88	203,06	201,70	92,14	70,43	56,88
	22,36	23,58	121,93	164,32	203,74	94,25	62,73	47,27	38,76	35,92
	71,86	98,53	158,02	194,30	201,70	137,20	92,67	85,38	83,84	81,81
	17,58	17,95	61,91	137,20	200,35	173,91	96,92	55,09	43,63	38,68
	15,05	15,76	20,63	51,86	185,00	97,45	76,30	56,88	37,23	34,86
	30,49	18,19	16,07	30,85	184,35	145,34	94,53	78,17	51,36	39,78
	22,58	18,85	50,53	65,59	183,37	85,88	97,00	57,74	50,80	41,73
	50,41	60,07	49,45	71,88	179,11	89,00	77,79	60,99	58,70	60,53
	47,54	47,07	50,41	112,82	179,11	130,08	99,60	76,79	68,98	63,31
	31,38	45,21	105,60	159,27	173,91	153,03	132,44	133,03	104,50	77,36
	83,33	91,61	70,43	78,29	170,06	140,80	74,32	59,15	48,97	43,36

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 13 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.

O Gráfico 3 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 18 maiores vazões esses picos se distribuem e resultam em um hidrograma mais uniforme.

Tabela 13 – Distribuição adimensional de vazões

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228
Q ADM	0,0550	0,1085	0,3528	0,4997	1,3370	0,9652	0,8203	0,7239	0,6274	0,4247
	0,0611	0,0644	0,1744	0,2416	1,3370	0,4825	0,3401	0,2416	0,1846	0,1587
	0,4489	0,5744	0,3478	0,4957	1,3370	0,6768	0,5816	0,5230	0,4467	0,2776
	0,0955	0,0955	0,1020	0,3333	1,3370	0,7145	0,5077	0,2896	0,2242	0,1924
	0,2217	0,3904	0,4036	0,7650	1,3370	0,5205	0,3025	0,3623	0,3708	0,2026
	0,3544	0,6586	0,4539	0,5625	1,3370	0,6196	0,5021	0,4025	0,3603	0,1941
	0,2119	0,2440	0,1931	0,2143	1,3370	0,4568	0,3276	0,2542	0,1263	0,1243
	0,2220	0,2646	0,3016	0,6623	1,3370	0,9675	0,9610	0,4390	0,3355	0,2710
	0,1098	0,1157	0,5985	0,8065	1,3370	0,4626	0,3079	0,2320	0,1902	0,1763
	0,3563	0,4885	0,7834	0,9633	1,3370	0,6802	0,4594	0,4233	0,4157	0,4056
	0,0877	0,0896	0,3090	0,6848	1,3370	0,8681	0,4837	0,2750	0,2178	0,1930
	0,0813	0,0852	0,1115	0,2803	1,3370	0,5268	0,4124	0,3075	0,2012	0,1884
	0,1654	0,0987	0,0871	0,1674	1,3370	0,7884	0,5128	0,4240	0,2786	0,2158
	0,1231	0,1028	0,2755	0,3577	1,3370	0,4683	0,5290	0,3149	0,2770	0,2276
	0,2814	0,3354	0,2761	0,4013	1,3370	0,4969	0,4343	0,3405	0,3277	0,3379
	0,2654	0,2628	0,2814	0,6299	1,3370	0,7263	0,5561	0,4288	0,3851	0,3535
	0,1804	0,2599	0,6072	0,9158	1,3370	0,8799	0,7615	0,7649	0,6009	0,4448
	0,4900	0,5387	0,4141	0,4604	1,3370	0,8280	0,4371	0,3478	0,2880	0,2550
Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228
Média	0,2118	0,2654	0,3374	0,5245	1,3370	0,6738	0,5132	0,3941	0,3255	0,2580

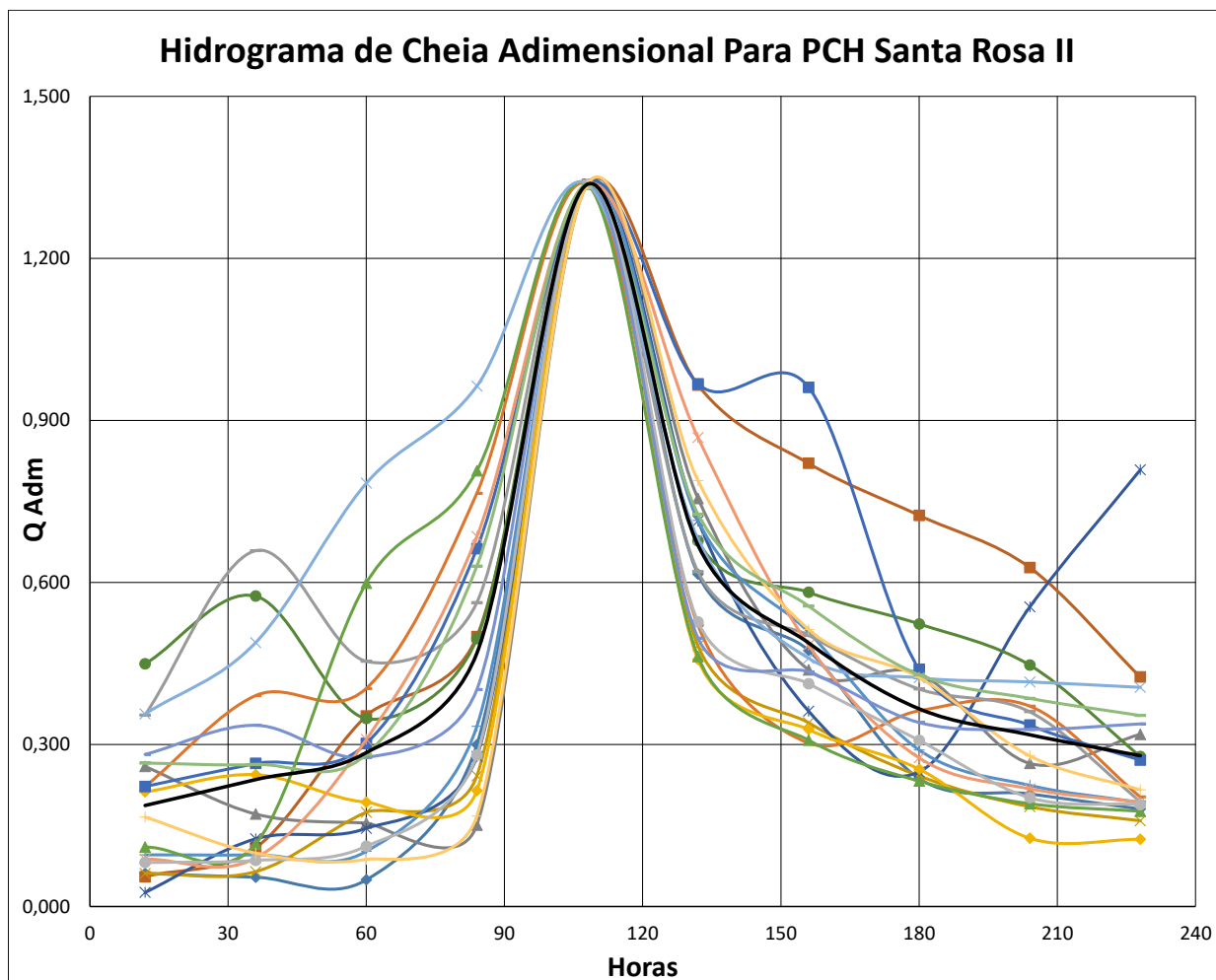


Gráfico 3 – Hidrograma de Cheias adimensionais



Para a obtenção do hidrograma final de cheia nos diferentes tempos de recorrência se utiliza os valores de cheia normal em seu respectivo tempo de recorrência multiplicado pelo valor do hidrograma médio no correspondente período com a 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.

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

Tabela 14 – Hidrograma de Cheias PCH Santa Rosa II

Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			203,00	269,00	335,00	422,00	488,00	641,00	707,00	926,00
Dia 01	12	<b>0,212</b>	42,99	56,96	70,94	89,36	103,34	135,74	149,71	196,09
	13	0,214	43,44	57,56	71,69	90,31	104,43	137,17	151,29	198,16
	14	0,216	43,89	58,17	72,44	91,25	105,52	138,60	152,87	200,23
	15	0,218	44,35	58,77	73,19	92,19	106,61	140,04	154,46	202,30
	16	0,221	44,80	59,37	73,94	93,14	107,70	141,47	156,04	204,37
	17	0,223	45,26	59,97	74,68	94,08	108,79	142,90	157,62	206,44
	18	0,225	45,71	60,57	75,43	95,02	109,89	144,34	159,20	208,51
	19	0,227	46,16	61,17	76,18	95,97	110,98	145,77	160,78	210,58
	20	0,230	46,62	61,78	76,93	96,91	112,07	147,20	162,36	212,65
	21	0,232	47,07	62,38	77,68	97,85	113,16	148,64	163,94	214,72
	22	0,234	47,53	62,98	78,43	98,80	114,25	150,07	165,52	216,79
	23	0,236	47,98	63,58	79,18	99,74	115,34	151,50	167,10	218,87
	24	<b>0,239</b>	48,43	64,18	79,93	100,69	116,43	152,94	168,68	220,94
	1	0,241	48,89	64,78	80,68	101,63	117,52	154,37	170,27	223,01
	2	0,243	49,34	65,38	81,43	102,57	118,62	155,80	171,85	225,08
	3	0,245	49,80	65,99	82,18	103,52	119,71	157,24	173,43	227,15
	4	0,248	50,25	66,59	82,92	104,46	120,80	158,67	175,01	229,22
	5	0,250	50,70	67,19	83,67	105,40	121,89	160,10	176,59	231,29
	6	0,252	51,16	67,79	84,42	106,35	122,98	161,54	178,17	233,36
	7	0,254	51,61	68,39	85,17	107,29	124,07	162,97	179,75	235,43
	8	0,256	52,07	68,99	85,92	108,24	125,16	164,40	181,33	237,50
9	0,259	52,52	69,60	86,67	109,18	126,25	165,84	182,91	239,57	
10	0,261	52,97	70,20	87,42	110,12	127,35	167,27	184,49	241,64	
11	0,263	53,43	70,80	88,17	111,07	128,44	168,71	186,08	243,71	
Dia 02	12	<b>0,265</b>	53,88	71,40	88,92	112,01	129,53	170,14	187,66	245,79
	13	0,268	54,49	72,21	89,92	113,28	130,99	172,06	189,78	248,56
	14	0,271	55,10	73,01	90,93	114,54	132,45	173,98	191,90	251,34
	15	0,274	55,71	73,82	91,93	115,81	133,92	175,90	194,02	254,12
	16	0,277	56,32	74,63	92,94	117,07	135,38	177,83	196,14	256,89
	17	0,280	56,93	75,43	93,94	118,34	136,84	179,75	198,26	259,67
	18	0,283	57,53	76,24	94,95	119,60	138,31	181,67	200,38	262,45
	19	0,286	58,14	77,05	95,95	120,87	139,77	183,59	202,50	265,22
	20	0,289	58,75	77,85	96,95	122,13	141,23	185,52	204,62	268,00
	21	0,292	59,36	78,66	97,96	123,40	142,70	187,44	206,74	270,78
	22	0,295	59,97	79,47	98,96	124,66	144,16	189,36	208,86	273,55
	23	0,298	60,58	80,27	99,97	125,93	145,62	191,28	210,98	276,33
	24	<b>0,301</b>	61,19	81,08	100,97	127,19	147,09	193,20	213,10	279,10
	1	0,304	61,79	81,89	101,98	128,46	148,55	195,13	215,22	281,88
2	0,307	62,40	82,69	102,98	129,73	150,01	197,05	217,34	284,66	

Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			203,00	269,00	335,00	422,00	488,00	641,00	707,00	926,00
	3	0,310	63,01	83,50	103,99	130,99	151,48	198,97	219,46	287,43
	4	0,313	63,62	84,31	104,99	132,26	152,94	200,89	221,58	290,21
	5	0,316	64,23	85,11	105,99	133,52	154,40	202,81	223,70	292,99
	6	0,319	64,84	85,92	107,00	134,79	155,87	204,74	225,82	295,76
	7	0,322	65,45	86,73	108,00	136,05	157,33	206,66	227,94	298,54
	8	0,325	66,06	87,53	109,01	137,32	158,79	208,58	230,06	301,32
	9	0,328	66,66	88,34	110,01	138,58	160,26	210,50	232,18	304,09
	10	0,331	67,27	89,15	111,02	139,85	161,72	212,42	234,30	306,87
	11	0,334	67,88	89,95	112,02	141,11	163,18	214,35	236,42	309,65
	12	<b>0,337</b>	68,49	90,76	113,03	142,38	164,65	216,27	238,54	312,42
	13	0,345	70,07	92,86	115,64	145,67	168,45	221,27	244,05	319,65
	14	0,353	71,66	94,95	118,25	148,96	172,26	226,26	249,56	326,87
	15	0,361	73,24	97,05	120,86	152,25	176,06	231,26	255,07	334,09
	16	0,369	74,82	99,15	123,47	155,54	179,87	236,26	260,59	341,31
	17	0,376	76,41	101,25	126,09	158,83	183,67	241,26	266,10	348,53
	18	0,384	77,99	103,34	128,70	162,12	187,48	246,26	271,61	355,75
	19	0,392	79,57	105,44	131,31	165,41	191,28	251,26	277,13	362,97
	20	0,400	81,15	107,54	133,92	168,70	195,09	256,25	282,64	370,19
	21	0,408	82,74	109,64	136,54	171,99	198,89	261,25	288,15	377,41
	22	0,415	84,32	111,73	139,15	175,29	202,70	266,25	293,66	384,63
	23	0,423	85,90	113,83	141,76	178,58	206,50	271,25	299,18	391,85
	24	<b>0,431</b>	87,49	115,93	144,37	181,87	210,31	276,25	304,69	399,07
	1	0,439	89,07	118,03	146,98	185,16	214,12	281,25	310,20	406,29
	2	0,447	90,65	120,12	149,60	188,45	217,92	286,24	315,72	413,51
	3	0,454	92,23	122,22	152,21	191,74	221,73	291,24	321,23	420,73
	4	0,462	93,82	124,32	154,82	195,03	225,53	296,24	326,74	427,95
	5	0,470	95,40	126,42	157,43	198,32	229,34	301,24	332,26	435,17
	6	0,478	96,98	128,51	160,05	201,61	233,14	306,24	337,77	442,39
	7	0,486	98,57	130,61	162,66	204,90	236,95	311,23	343,28	449,62
	8	0,493	100,15	132,71	165,27	208,19	240,75	316,23	348,79	456,84
	9	0,501	101,73	134,81	167,88	211,48	244,56	321,23	354,31	464,06
	10	0,509	103,31	136,90	170,49	214,77	248,36	326,23	359,82	471,28
	11	0,517	104,90	139,00	173,11	218,06	252,17	331,23	365,33	478,50
	12	<b>0,525</b>	106,48	141,10	175,72	221,35	255,97	336,23	370,85	485,72
	13	0,558	113,35	150,21	187,06	235,64	272,49	357,93	394,78	517,07
	14	0,592	120,22	159,31	198,40	249,93	289,01	379,63	418,71	548,41
	15	0,626	127,10	168,42	209,74	264,21	305,53	401,33	442,65	579,76
	16	0,660	133,97	177,53	221,08	278,50	322,05	423,03	466,58	611,11
	17	0,694	140,84	186,63	232,42	292,78	338,57	444,73	490,52	642,46
	18	0,728	147,71	195,74	243,76	307,07	355,10	466,43	514,45	673,81
	19	0,762	154,59	204,85	255,10	321,36	371,62	488,13	538,39	705,16
	20	0,795	161,46	213,95	266,45	335,64	388,14	509,83	562,32	736,50
	21	0,829	168,33	223,06	277,79	349,93	404,66	531,53	586,25	767,85
	22	0,863	175,20	232,17	289,13	364,21	421,18	553,23	610,19	799,20
	23	0,897	182,07	241,27	300,47	378,50	437,70	574,93	634,12	830,55
	24	<b>0,931</b>	188,95	250,38	311,81	392,79	454,22	596,63	658,06	861,90
	1	0,965	195,82	259,48	323,15	407,07	470,74	618,33	681,99	893,24
	2	0,998	202,69	268,59	334,49	421,36	487,26	640,03	705,93	924,59
	3	1,032	209,56	277,70	345,83	435,64	503,78	661,73	729,86	955,94
	4	1,066	216,44	286,80	357,17	449,93	520,30	683,43	753,79	987,29
	5	1,100	223,31	295,91	368,51	464,22	536,82	705,13	777,73	1018,64
	6	1,134	230,18	305,02	379,85	478,50	553,34	726,83	801,66	1049,99

Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			203,00	269,00	335,00	422,00	488,00	641,00	707,00	926,00
	7	1,168	237,05	314,12	391,20	492,79	569,86	748,53	825,60	1081,33
	8	1,202	243,92	323,23	402,54	507,08	586,38	770,23	849,53	1112,68
	9	1,235	250,80	332,34	413,88	521,36	602,90	791,93	873,47	1144,03
	10	1,269	257,67	341,44	425,22	535,65	619,42	813,63	897,40	1175,38
	11	1,303	264,54	350,55	436,56	549,93	635,94	835,33	921,33	1206,73
	12	<b>1,337</b>	271,41	359,66	447,90	564,22	652,46	857,03	945,27	1238,07
	13	1,309	265,80	352,22	438,64	552,56	638,98	839,31	925,73	1212,49
	14	1,282	260,19	344,79	429,39	540,90	625,49	821,60	906,20	1186,90
	15	1,254	254,59	337,36	420,13	529,24	612,01	803,89	886,66	1161,31
	16	1,226	248,98	329,92	410,87	517,58	598,52	786,17	867,12	1135,72
	17	1,199	243,37	322,49	401,61	505,91	585,04	768,46	847,59	1110,13
	18	1,171	237,76	315,06	392,36	494,25	571,55	750,75	828,05	1084,55
	19	1,144	232,15	307,62	383,10	482,59	558,07	733,04	808,51	1058,96
	20	1,116	226,54	300,19	373,84	470,93	544,58	715,32	788,98	1033,37
	21	1,088	220,93	292,76	364,59	459,27	531,10	697,61	769,44	1007,78
	22	1,061	215,32	285,32	355,33	447,61	517,61	679,90	749,90	982,19
	23	1,033	209,71	277,89	346,07	435,95	504,13	662,19	730,37	956,61
	24	<b>1,005</b>	204,10	270,46	336,82	424,29	490,64	644,47	710,83	931,02
Dia 05	1	0,978	198,49	263,02	327,56	412,63	477,16	626,76	691,29	905,43
	2	0,950	192,88	255,59	318,30	400,96	463,67	609,05	671,76	879,84
	3	0,923	187,27	248,16	309,04	389,30	450,19	591,33	652,22	854,25
	4	0,895	181,66	240,72	299,79	377,64	436,70	573,62	632,68	828,66
	5	0,867	176,05	233,29	290,53	365,98	423,22	555,91	613,15	803,08
	6	0,840	170,44	225,86	281,27	354,32	409,73	538,20	593,61	777,49
	7	0,812	164,83	218,42	272,02	342,66	396,25	520,48	574,08	751,90
	8	0,784	159,22	210,99	262,76	331,00	382,77	502,77	554,54	726,31
	9	0,757	153,61	203,56	253,50	319,34	369,28	485,06	535,00	700,72
	10	0,729	148,01	196,12	244,24	307,68	355,80	467,35	515,47	675,14
	11	0,701	142,40	188,69	234,99	296,01	342,31	449,63	495,93	649,55
Dia 06	12	<b>0,674</b>	136,79	181,26	225,73	284,35	328,83	431,92	476,39	623,96
	13	0,667	135,43	179,46	223,49	281,53	325,56	427,63	471,66	617,76
	14	0,660	134,07	177,66	221,25	278,70	322,29	423,34	466,93	611,56
	15	0,654	132,71	175,86	219,00	275,88	319,03	419,05	462,20	605,37
	16	0,647	131,35	174,06	216,76	273,05	315,76	414,76	457,46	599,17
	17	0,640	129,99	172,26	214,52	270,23	312,49	410,47	452,73	592,97
	18	0,634	128,63	170,45	212,28	267,41	309,23	406,18	448,00	586,77
	19	0,627	127,27	168,65	210,03	264,58	305,96	401,89	443,27	580,57
	20	0,620	125,92	166,85	207,79	261,76	302,69	397,60	438,53	574,37
	21	0,614	124,56	165,05	205,55	258,93	299,43	393,31	433,80	568,18
	22	0,607	123,20	163,25	203,31	256,11	296,16	389,01	429,07	561,98
	23	0,600	121,84	161,45	201,06	253,28	292,89	384,72	424,34	555,78
	24	<b>0,593</b>	120,48	159,65	198,82	250,46	289,63	380,43	419,60	549,58
	1	0,587	119,12	157,85	196,58	247,63	286,36	376,14	414,87	543,38
	2	0,580	117,76	156,05	194,34	244,81	283,09	371,85	410,14	537,18
	3	0,573	116,40	154,25	192,10	241,98	279,83	367,56	405,41	530,99
	4	0,567	115,05	152,45	189,85	239,16	276,56	363,27	400,67	524,79
	5	0,560	113,69	150,65	187,61	236,33	273,30	358,98	395,94	518,59
	6	0,553	112,33	148,85	185,37	233,51	270,03	354,69	391,21	512,39
7	0,547	110,97	147,05	183,13	230,68	266,76	350,40	386,48	506,19	
8	0,540	109,61	145,25	180,88	227,86	263,50	346,11	381,74	499,99	
9	0,533	108,25	143,45	178,64	225,03	260,23	341,82	377,01	493,80	
10	0,527	106,89	141,65	176,40	222,21	256,96	337,53	372,28	487,60	

Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			203,00	269,00	335,00	422,00	488,00	641,00	707,00	926,00
	11	0,520	105,53	139,84	174,16	219,38	253,70	333,24	367,55	481,40
Dia 07	12	<b>0,513</b>	104,17	138,04	171,91	216,56	250,43	328,95	362,82	475,20
	13	0,508	103,17	136,71	170,25	214,47	248,01	325,77	359,31	470,61
	14	0,503	102,16	135,38	168,59	212,37	245,59	322,59	355,80	466,02
	15	0,498	101,15	134,04	166,93	210,28	243,17	319,41	352,30	461,42
	16	0,493	100,15	132,71	165,27	208,19	240,75	316,23	348,79	456,83
	17	0,488	99,14	131,37	163,61	206,10	238,33	313,05	345,28	452,24
	18	0,483	98,13	130,04	161,95	204,00	235,91	309,87	341,78	447,65
	19	0,478	97,13	128,71	160,28	201,91	233,49	306,69	338,27	443,05
	20	0,474	96,12	127,37	158,62	199,82	231,07	303,51	334,76	438,46
	21	0,469	95,11	126,04	156,96	197,72	228,65	300,33	331,26	433,87
	22	0,464	94,11	124,70	155,30	195,63	226,23	297,16	327,75	429,28
23	0,459	93,10	123,37	153,64	193,54	223,81	293,98	324,25	424,68	
24	<b>0,454</b>	92,09	122,04	151,98	191,45	221,39	290,80	320,74	420,09	
Dia 08	1	0,449	91,09	120,70	150,32	189,35	218,97	287,62	317,23	415,50
	2	0,444	90,08	119,37	148,65	187,26	216,55	284,44	313,73	410,91
	3	0,439	89,07	118,03	146,99	185,17	214,13	281,26	310,22	406,31
	4	0,434	88,07	116,70	145,33	183,07	211,71	278,08	306,71	401,72
	5	0,429	87,06	115,36	143,67	180,98	209,29	274,90	303,21	397,13
	6	0,424	86,05	114,03	142,01	178,89	206,87	271,72	299,70	392,54
	7	0,419	85,05	112,70	140,35	176,80	204,45	268,54	296,20	387,94
	8	0,414	84,04	111,36	138,69	174,70	202,03	265,37	292,69	383,35
	9	0,409	83,03	110,03	137,02	172,61	199,61	262,19	289,18	378,76
	10	0,404	82,03	108,69	135,36	170,52	197,19	259,01	285,68	374,17
	11	0,399	81,02	107,36	133,70	168,42	194,76	255,83	282,17	369,57
Dia 09	12	<b>0,394</b>	80,01	106,03	132,04	166,33	192,34	252,65	278,66	364,98
	13	0,391	79,43	105,26	131,08	165,12	190,95	250,81	276,64	362,33
	14	0,388	78,85	104,49	130,12	163,92	189,55	248,98	274,62	359,68
	15	0,386	78,27	103,72	129,16	162,71	188,15	247,15	272,59	357,03
	16	0,383	77,69	102,95	128,20	161,50	186,76	245,31	270,57	354,38
	17	0,380	77,11	102,18	127,25	160,29	185,36	243,48	268,54	351,73
	18	0,377	76,53	101,41	126,29	159,08	183,96	241,64	266,52	349,08
	19	0,374	75,94	100,64	125,33	157,88	182,57	239,81	264,50	346,43
	20	0,371	75,36	99,87	124,37	156,67	181,17	237,97	262,47	343,78
	21	0,368	74,78	99,10	123,41	155,46	179,77	236,14	260,45	341,13
	22	0,366	74,20	98,33	122,45	154,25	178,38	234,30	258,43	338,48
23	0,363	73,62	97,56	121,49	153,04	176,98	232,47	256,40	335,83	
24	<b>0,360</b>	73,04	96,79	120,53	151,84	175,58	230,63	254,38	333,17	
Dia 09	1	0,357	72,46	96,02	119,57	150,63	174,19	228,80	252,35	330,52
	2	0,354	71,88	95,25	118,62	149,42	172,79	226,96	250,33	327,87
	3	0,351	71,30	94,48	117,66	148,21	171,39	225,13	248,31	325,22
	4	0,348	70,72	93,71	116,70	147,00	169,99	223,29	246,28	322,57
	5	0,345	70,13	92,94	115,74	145,80	168,60	221,46	244,26	319,92
	6	0,343	69,55	92,17	114,78	144,59	167,20	219,62	242,24	317,27
	7	0,340	68,97	91,40	113,82	143,38	165,80	217,79	240,21	314,62
	8	0,337	68,39	90,63	112,86	142,17	164,41	215,95	238,19	311,97
	9	0,334	67,81	89,86	111,90	140,96	163,01	214,12	236,16	309,32
	10	0,331	67,23	89,09	110,94	139,76	161,61	212,28	234,14	306,67
	11	0,328	66,65	88,32	109,98	138,55	160,22	210,45	232,12	304,02
Dia 09	12	<b>0,325</b>	66,07	87,55	109,03	137,34	158,82	208,61	230,09	301,37
	13	0,323	65,50	86,79	108,08	136,15	157,45	206,81	228,11	298,76
	14	0,320	64,92	86,03	107,14	134,97	156,08	205,01	226,12	296,16

Dias	horas	Q Adm	5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			203,00	269,00	335,00	422,00	488,00	641,00	707,00	926,00
	15	0,317	64,35	85,28	106,20	133,78	154,70	203,21	224,13	293,56
	16	0,314	63,78	84,52	105,26	132,59	153,33	201,40	222,14	290,95
	17	0,311	63,21	83,76	104,32	131,41	151,96	199,60	220,15	288,35
	18	0,309	62,64	83,01	103,37	130,22	150,59	197,80	218,16	285,74
	19	0,306	62,07	82,25	102,43	129,03	149,21	196,00	216,18	283,14
	20	0,303	61,50	81,49	101,49	127,85	147,84	194,19	214,19	280,54
	21	0,300	60,93	80,74	100,55	126,66	146,47	192,39	212,20	277,93
	22	0,297	60,36	79,98	99,61	125,47	145,10	190,59	210,21	275,33
	23	0,295	59,79	79,23	98,66	124,29	143,72	188,79	208,22	272,72
	24	<b>0,292</b>	59,22	78,47	97,72	123,10	142,35	186,98	206,24	270,12
	1	0,289	58,65	77,71	96,78	121,91	140,98	185,18	204,25	267,52
	2	0,286	58,07	76,96	95,84	120,73	139,61	183,38	202,26	264,91
	3	0,283	57,50	76,20	94,90	119,54	138,24	181,58	200,27	262,31
	4	0,280	56,93	75,44	93,95	118,35	136,86	179,77	198,28	259,70
	5	0,278	56,36	74,69	93,01	117,17	135,49	177,97	196,30	257,10
	6	0,275	55,79	73,93	92,07	115,98	134,12	176,17	194,31	254,50
	7	0,272	55,22	73,17	91,13	114,79	132,75	174,37	192,32	251,89
	8	0,269	54,65	72,42	90,19	113,61	131,37	172,56	190,33	249,29
	9	0,266	54,08	71,66	89,24	112,42	130,00	170,76	188,34	246,68
	10	0,264	53,51	70,90	88,30	111,23	128,63	168,96	186,35	244,08
	11	0,261	52,94	70,15	87,36	110,05	127,26	167,16	184,37	241,48
Dia 10	12	<b>0,258</b>	52,37	69,39	86,42	108,86	125,88	165,35	182,38	238,87

No Gráfico 4 apresenta-se os hidrogramas de cheia para os diferentes tempos de recorrência ao longo do período determinado e para os diversos tempos de recorrência estudados.

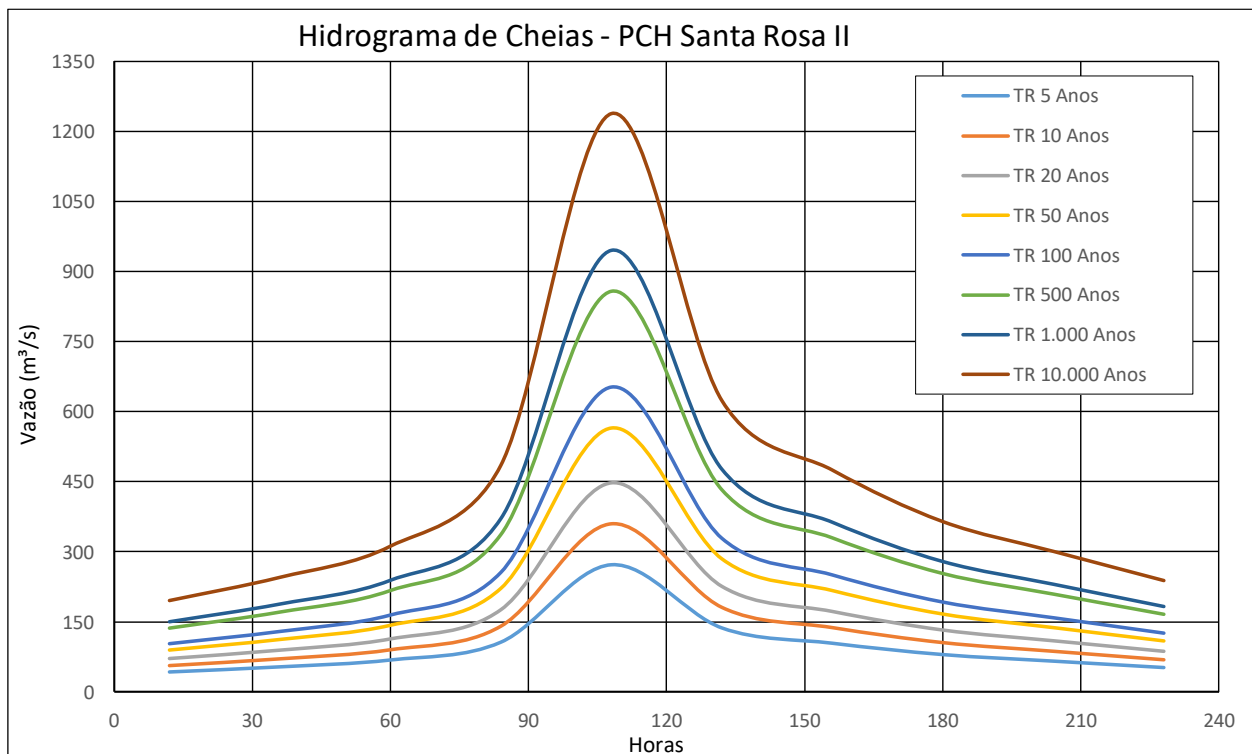


Gráfico 4 – Hidrograma de Cheias PCH Santa Rosa para diversos Tempos de Recorrência

As curvas do hidrograma de cheias 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 Santa Rosa II.

#### 6.2.4.4 Capacidade de descarga do vertedouro

Conforme a ficha técnica da PCH Santa Rosa II o vertedouro está dimensionado para a vazão de projeto com recorrência de 10.000 anos de 1.167 m<sup>3</sup>/s com nível máximo do reservatório na elevação 494,00 m. A atualização dos estudos hidrológicos incluindo os dados de operação indicaram um pequeno aumento na definição da vazão decamilenar passando para 1.238 m<sup>3</sup>/s, porém devido aos coeficientes de vazão considerados, também atualizados, o nível máximo no reservatório resultou um pouco abaixo do indicado no projeto, na elevação 494,11 m.

Considerando que as ombreiras estão na elevação 495,50 m, incluindo a mureta de 1.00 m de altura, pode-se considerar que a capacidade de descarga do vertedouro da PCH Santa Rosa II está em conformidade com os critérios de projeto, suportando a passagem da vazão máxima com recorrência decamilenar com borda livre de 1,39 m.

No Gráfico 5 estão representadas as curvas de descarga do vertedouro da PCH Santa Rosa II conforme o Manual de Operação e a Revisão Periódica de Segurança, indicando a pequena diferença entre as curvas. No mesmo gráfico está indicada a linha correspondente a crista da barragem da PCH Santa Rosa II.

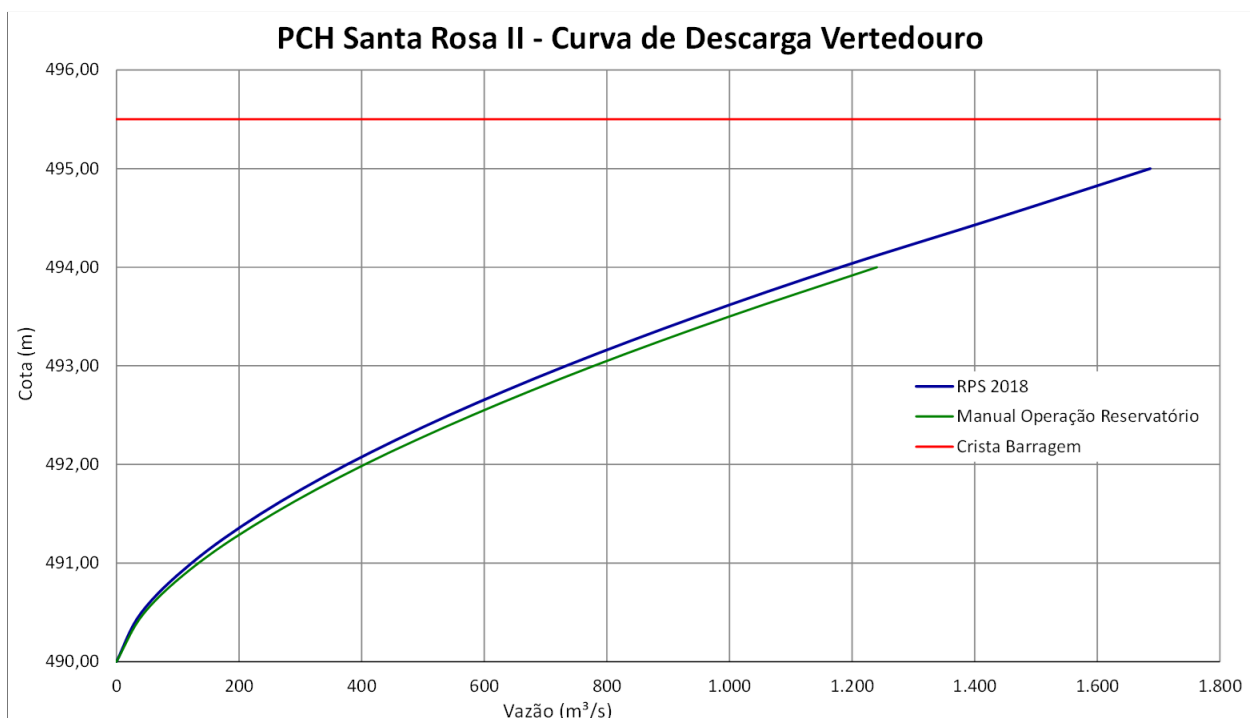


Gráfico 5 – Curva de Descarga Vertedouro PCH Santa Rosa II

### 6.2.5 Calibração do modelo matemático

Com os dados da restituição - curvas de níveis, seções topobatimétricas e níveis de água (dados do item 6.2.2), foi calibrado o fluxo de água na calha do rio Grande no trecho estudado com a utilização do programa Hec-Ras. A Figura 20 apresenta as 169 seções lançadas no programa também indicadas nos desenhos 3 a 7, SRO-C-SRE-003-00-18 – Seções na Restituição – Folhas 01 a 05, no Volume II. A Figura 21 apresenta o perfil do rio com os níveis de água obtidos para a calibração do modelo com dados topográficos de 2018.

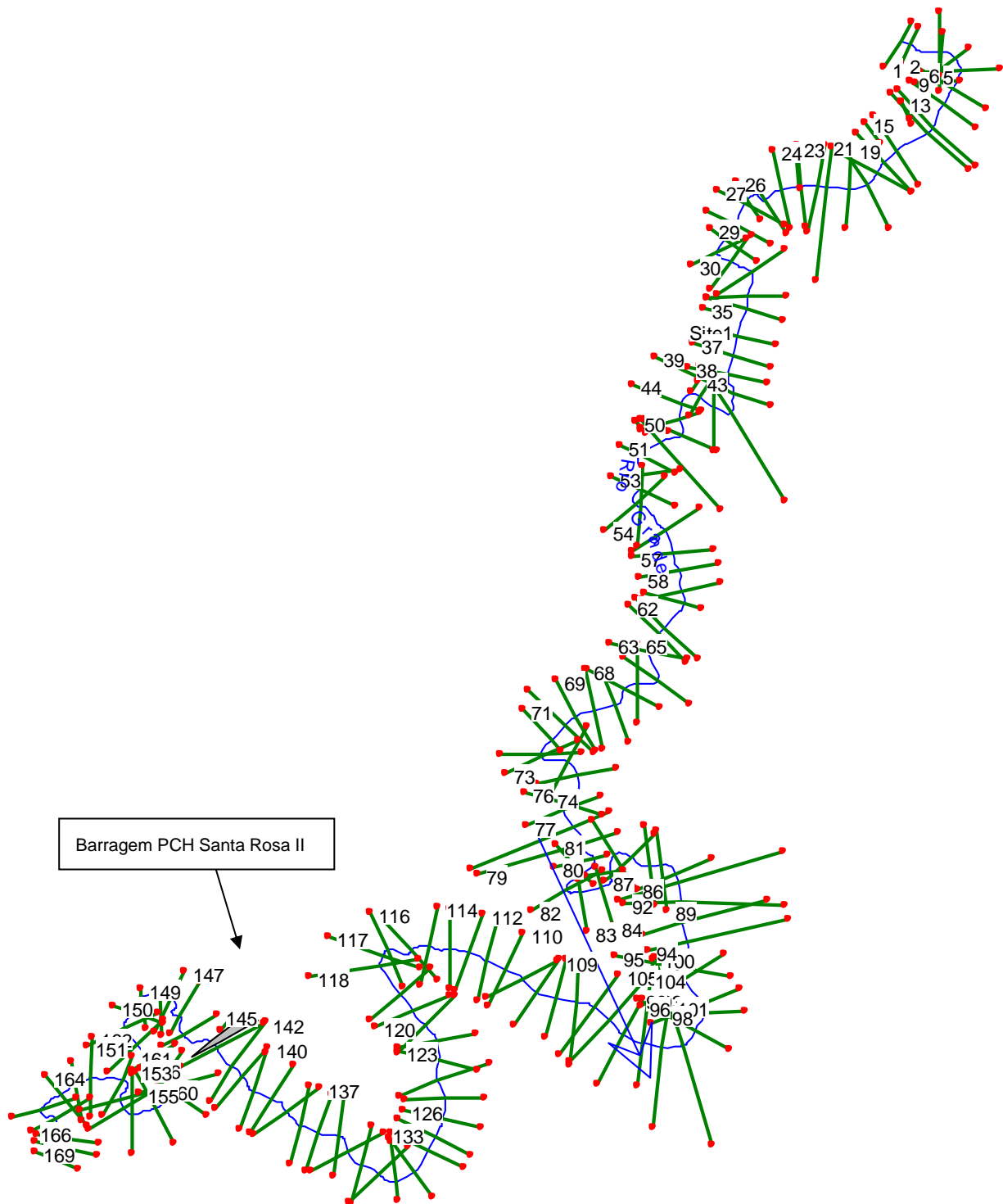


Figura 20 – Seções lançadas no Hec-Ras

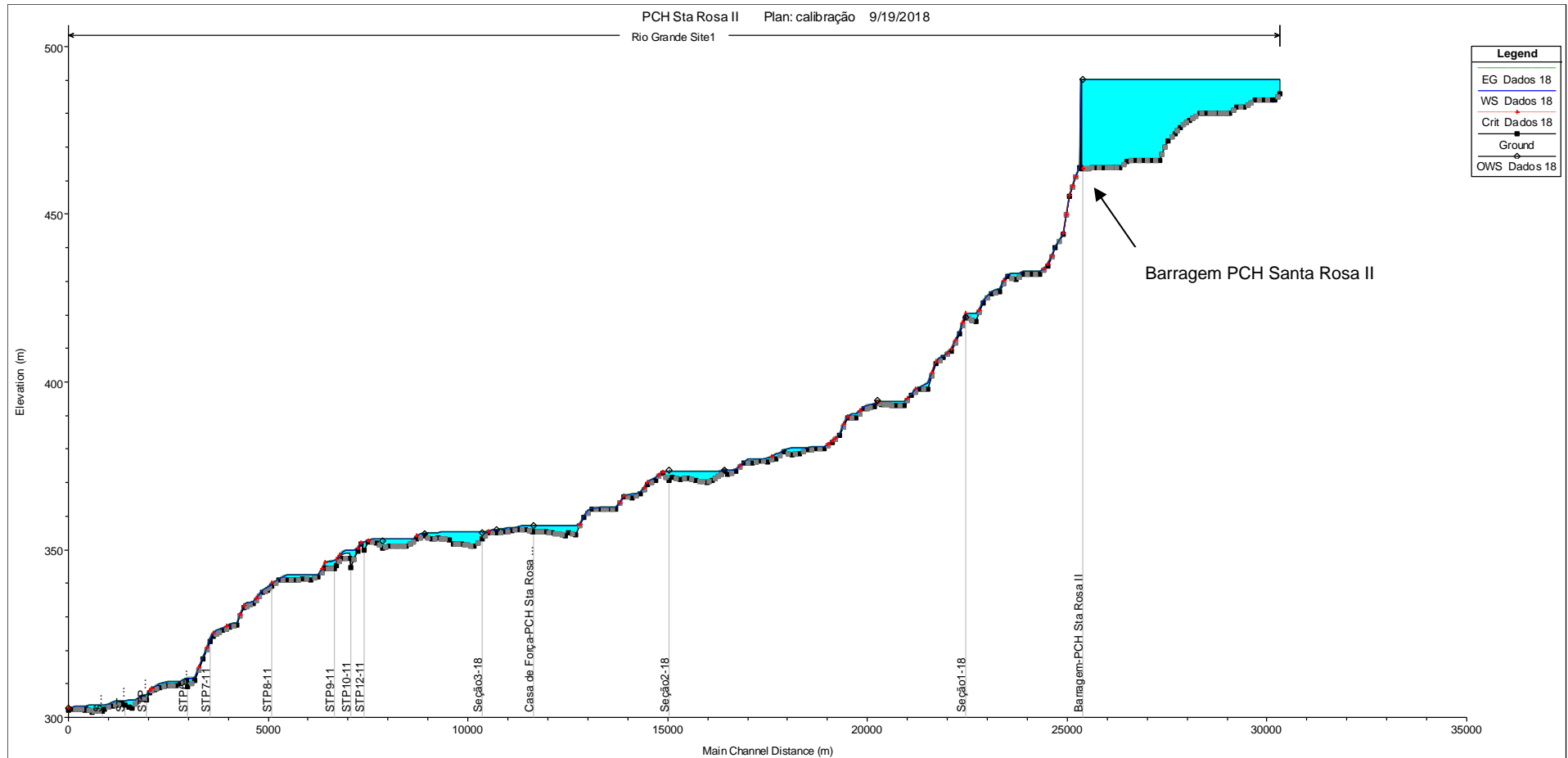


Figura 21 – Perfil do Rio Grande com Barramento



### 6.3 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 16.

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

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

#### 6.3.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento foi adotada uma geometria retangular do tamanho do bloco da Adufa, largura 12,00 m, rompendo o bloco mais profundo e atendendo os critérios científicos de tamanho da brecha (Item 6.1.4). A Figura 22 apresenta a modelagem da barragem no programa de simulação Hec-Ras.

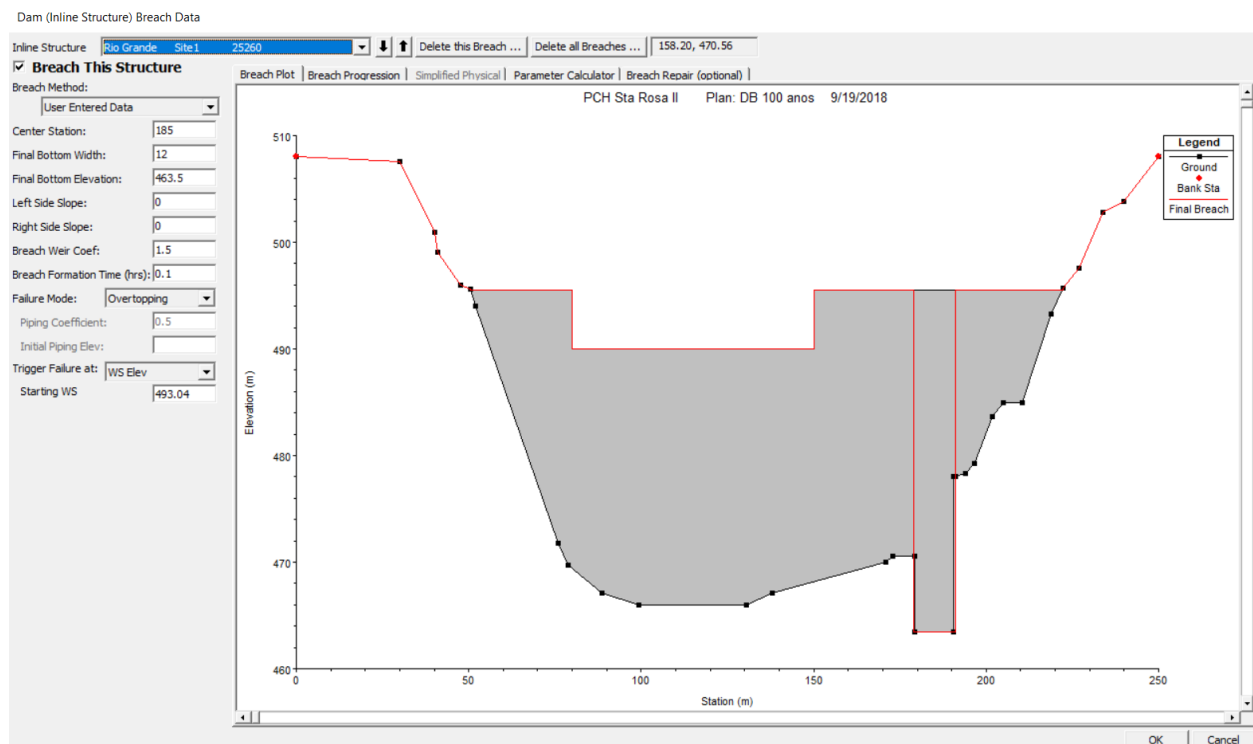


Figura 22 – Dados do Barramento com bloco da adufa – Hec-Ras

O tempo de formação da brecha adotado foi de 6 minutos de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha, conforme descrito e apresentado na Figura 15 e definido no item 6.1.4.2 Tempo de rompimento.

## 6.4 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Grande na situação natural para as duas vazões (TR=100 e TR=10.000 anos), para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Santa Rosa II.

A definição das vazões a serem simuladas estão de acordo com preconizado no item 5.2:

- Simulação 1 – Condição de enchente sem rompimento da Barragem (Natural);
- Simulação 2 – Condição de enchente com Rompimento da Barragem da PCH Santa Rosa II (Dam Break).

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão dos hidrogramas de cheias na barragem da PCH Santa Rosa II.

Tabela 15 – Hidrogramas para PCH Santa Rosa II

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m <sup>3</sup> /s)
100	652
10.000	1.238

### 6.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

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

Na ponte de jusante ocorre o galgamento a partir da enchente com TR=100 anos. E na Casa de Força não ocorre inundação em nenhuma das enchentes.

Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Santa Rosa II sem rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Enchente (m)	
		TR 100	TR 10.000
Barragem	495,50	492,68	494,11
Casa de Força	368,00	363,05	366,73
Ponte de Jusante da CF	361,78	361,92 (*)	366,24 (*)

(\*) Destacados em vermelho, ocorre inundação.

## 6.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

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

A Tabela 17 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem, Casa de Força e Ponte de jusante com a consideração do rompimento da Barragem de Santa Rosa II.

A ponte de jusante é galgável a partir da enchente de TR=100 anos. E a Casa de Força ocorre inundação com rompimento na TR=10.000 anos.

Tabela 17 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Santa Rosa II com rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo com Rompimento (m)	
		TR 100	TR 10.000
Barragem	495,50	492,67	494,10
Casa de Força	368,00	367,28	370,83 (*)
Ponte de Jusante da CF	361,78	366,84 (*)	370,64 (*)

(\*) Destacados, ocorre inundação.

## 6.5 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Santa Rosa II e ponte de jusante, para as condições de ocorrência de enchentes naturais e com rompimento da barragem. A Tabela 18 apresenta os níveis com condições de enchentes e rompimento da Barragem na Casa de Força e ponte, onde ocorre inundação com rompimento da barragem.

Tabela 18 – Níveis na Casa de Força e Ponte – Natural e com rompimento Barragem Santa Rosa II

Estrutura	Condição	Cota de Proteção (m)	NA Máximo (m)	
			TR 100	TR 10.000
Casa de Força	Natural sem rompimento	368,00	363,05	366,73
	Com rompimento barragem		367,28	370,83 (*)
Ponte de Jusante da CF	Natural sem rompimento	361,78	361,92 (*)	366,24 (*)
	Com rompimento barragem		366,84 (*)	370,64 (*)

(\*) Destacados, ocorre inundação.

A Tabela 19 apresenta os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda ( $\Delta$ ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Também está apresentado a velocidade e vazão máxima obtida em cada seção. 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 19 – Resultados Obtidos- natural e com Dam Break - Rompimento da PCH Santa Rosa II

Seção	Descrição	PERFIL			TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
		Distância entre seções (m)	Distância Acumulada	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	Δ			Natural	Dam	Δ		
169		126,91	30220,05	485,94	493,01	493,00	0,00	2,25	651,10	494,68	494,67	0,00	3,16	1233,56
168		93,14	30093,14	484,00	493,11	493,11	0,00	1,20	651,08	494,95	494,95	0,00	1,41	1233,96
167		200,00	30000,00	484,00	493,06	493,05	0,00	1,37	651,15	494,83	494,83	0,00	1,87	1233,75
166		200,00	29800,00	484,00	492,98	492,98	0,00	1,40	651,10	494,70	494,70	0,00	1,91	1233,70
165		275,31	29600,00	484,00	492,99	492,99	0,00	0,75	651,07	494,74	494,74	0,00	1,01	1233,78
164		184,72	29324,69	482,00	492,87	492,86	0,00	1,33	650,94	494,52	494,52	0,00	1,86	1233,67
163		176,30	29139,97	481,97	492,86	492,85	0,00	1,05	650,86	494,50	494,49	0,00	1,58	1233,67
162		318,96	28963,67	480,00	492,85	492,85	0,00	0,87	650,80	494,49	494,48	0,00	1,36	1233,61
161		244,71	28644,71	480,00	492,84	492,83	0,00	0,63	650,55	494,47	494,46	0,00	0,92	1233,42
160		97,69	28400,00	480,00	492,78	492,77	0,00	1,02	650,45	494,33	494,33	0,00	1,58	1233,24
159		102,31	28302,31	479,99	492,77	492,76	0,00	1,01	650,14	494,31	494,31	0,00	1,55	1233,18
158		248,93	28200,00	479,98	492,75	492,75	0,00	0,98	650,07	494,28	494,27	0,00	1,56	1233,12
157		239,56	27951,07	477,98	492,67	492,66	0,00	1,16	649,67	494,09	494,08	0,00	1,86	1232,92
156		111,51	27711,51	475,95	492,69	492,68	0,00	0,42	649,44	494,11	494,13	0,00	0,65	1232,66
155		178,59	27600,00	473,99	492,68	492,67	0,00	0,57	649,33	494,10	494,09	0,00	0,96	1232,58
154		221,41	27421,41	471,99	492,68	492,67	0,00	0,47	648,75	494,10	494,09	0,00	0,79	1232,02
153		200,00	27200,00	466,00	492,69	492,68	0,00	0,10	648,16	494,12	494,11	0,00	0,18	1231,38
152		200,00	27000,00	465,99	492,69	492,67	0,00	0,15	647,42	494,12	494,11	0,00	0,26	1230,62
151		200,00	26800,00	465,99	492,69	492,67	0,00	0,14	646,89	494,12	494,11	0,00	0,25	1230,22
150		200,00	26600,00	465,95	492,68	492,67	0,00	0,20	646,55	494,12	494,11	0,00	0,35	1228,29
149		200,00	26400,00	465,87	492,68	492,67	0,00	0,26	645,17	494,11	494,10	0,00	0,45	1227,68
148		113,47	26200,00	464,00	492,68	492,67	0,00	0,24	644,64	494,11	494,10	0,00	0,40	1227,10
147		286,53	26086,53	464,00	492,68	492,67	0,00	0,11	644,20	494,12	494,11	0,00	0,19	1226,65
146		200,00	25800,00	464,00	492,68	492,67	0,00	0,15	643,05	494,12	494,10	0,00	0,27	1225,74
145		320,27	25600,00	463,98	492,68	492,67	0,00	0,19	642,47	494,11	494,10	0,00	0,34	1223,52
144		79,73	25279,73	463,50	492,68	492,67	0,00	0,19	641,63	494,11	494,10	0,00	0,34	1222,26
143	Barragem PCH Santa Rosa II													
142		254,14	25200,00	463,93	468,24	477,16	8,92	3,09	2693,27	468,88	480,55	11,67	2,68	3345,70
141		145,86	24945,86	455,41	463,67	477,22	13,55	1,87	2688,01	468,53	480,58	12,05	1,76	3293,17

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada	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	Δ			Natural	Dam	Δ		
140		200,00	24800,00	444,00	448,65	454,61	5,96	6,00	2707,61	450,47	456,38	5,91	5,87	3422,14
139		200,00	24600,00	439,96	444,39	449,83	5,44	5,77	2574,81	445,97	451,14	5,17	5,88	3202,94
138		200,00	24400,00	434,48	440,93	445,89	4,96	4,93	2666,83	442,92	447,05	4,13	5,50	3414,02
137		200,00	24200,00	432,01	440,34	445,10	4,76	3,86	2609,27	442,25	446,21	3,96	4,34	3355,26
136		200,00	24000,00	432,01	440,12	445,03	4,91	2,29	2600,92	442,04	446,20	4,16	2,54	3344,23
135		200,00	23800,00	432,04	439,75	444,27	4,52	3,53	2555,84	441,54	445,26	3,72	4,04	3317,23
134		200,00	23600,00	430,55	438,97	443,53	4,56	3,40	2534,05	440,72	444,42	3,70	3,84	3264,43
133		200,00	23400,00	431,38	438,42	443,22	4,80	2,70	2537,45	440,11	444,13	4,02	3,02	3260,10
132		200,00	23200,00	427,03	435,28	441,88	6,60	4,20	2517,46	436,99	442,85	5,86	4,39	3151,39
131		200,00	23000,00	426,38	434,72	440,45	5,73	3,90	2329,23	435,74	438,66	2,92	6,31	2644,01
130		200,00	22800,00	423,61	428,33	435,59	7,26	4,96	2422,87	430,31	437,21	6,90	4,79	3101,95
129		251,50	22600,00	418,10	426,81	436,10	9,29	1,35	2440,61	430,42	437,73	7,31	1,50	3089,97
128	Seção1-18	148,50	22348,50	419,25	425,58	435,61	10,03	2,84	2429,66	429,69	437,17	7,48	3,05	3077,99
127		200,00	22200,00	414,30	419,24	423,27	4,03	4,55	2438,80	420,69	425,08	4,39	4,35	3158,10
126		200,00	22000,00	409,17	413,62	416,40	2,78	6,04	2437,78	414,78	417,15	2,37	6,57	3155,13
125		200,00	21800,00	407,20	411,80	415,01	3,21	3,84	2433,50	413,09	415,91	2,82	4,20	3146,04
124		200,00	21600,00	405,58	409,91	412,45	2,54	4,47	2406,07	410,91	413,30	2,39	4,80	3133,82
123		200,00	21400,00	398,00	405,62	410,05	4,43	3,74	2430,76	407,37	411,23	3,86	3,96	3101,42
122		200,00	21200,00	397,94	404,58	409,10	4,52	3,76	2240,23	406,40	410,17	3,77	3,71	2587,16
121		200,00	21000,00	395,99	402,22	408,16	5,94	3,78	2166,44	405,06	409,32	4,26	3,91	2578,20
120		200,00	20800,00	393,03	402,12	408,40	6,28	1,55	2174,58	405,13	409,61	4,48	1,62	2581,37
119		352,37	20600,00	392,90	401,85	408,02	6,17	2,61	2166,90	404,80	409,22	4,42	2,68	2578,19
118		107,63	20247,63	393,42	401,75	408,05	6,30	1,28	2165,91	404,76	409,27	4,51	1,29	2577,60
117		76,90	20140,00	393,74	401,67	408,06	6,39	0,68	2165,59	404,74	409,29	4,55	0,67	2577,25
116		263,10	20063,10	392,69	401,47	407,89	6,42	1,92	2165,35	404,46	409,13	4,67	1,82	2576,96
115		200,00	19800,00	391,91	398,79	404,27	5,48	7,19	2164,38	401,14	405,64	4,50	7,08	2573,03
114		200,00	19600,00	389,41	396,92	401,17	4,25	5,49	2164,58	398,87	402,03	3,16	5,65	2504,30
113		200,00	19400,00	389,18	395,45	399,17	3,72	5,13	1963,99	396,38	399,80	3,42	5,96	2492,54
112		200,00	19200,00	383,95	390,07	395,21	5,14	3,93	2129,89	392,67	396,14	3,47	4,17	2543,88
111		200,00	19000,00	381,97	389,19	394,16	4,97	4,42	2099,99	391,81	394,98	3,17	4,77	2518,98

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada	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	Δ			Natural	Dam	Δ		
110		200,00	18800,00	380,00	389,04	394,28	5,24	2,52	2104,74	391,80	395,16	3,36	2,75	2523,37
109		200,00	18600,00	380,00	388,96	394,27	5,31	1,77	2104,46	391,75	395,17	3,42	1,90	2523,24
108		200,00	18400,00	379,68	388,56	394,02	5,46	2,07	2103,79	391,47	394,91	3,44	2,18	2522,83
107		200,00	18200,00	378,59	388,15	393,67	5,52	2,41	2100,39	391,07	394,56	3,49	2,54	2520,10
106		200,00	18000,00	378,34	387,71	393,18	5,47	2,90	2097,89	390,56	394,03	3,47	3,08	2518,14
105		200,00	17800,00	379,07	387,12	392,71	5,59	2,87	2095,97	389,97	393,57	3,60	3,00	2517,92
104		200,00	17600,00	377,14	386,52	392,20	5,68	2,74	2095,73	389,04	393,12	4,08	2,78	2517,52
103		200,00	17400,00	376,17	384,62	390,19	5,57	5,03	2094,59	386,95	391,27	4,32	4,94	2515,81
102		200,00	17200,00	376,47	383,94	388,93	4,99	4,62	2087,57	386,45	389,92	3,47	4,82	2501,32
101		200,00	17000,00	375,98	381,56	384,62	3,06	2,70	2089,01	383,04	385,28	2,24	2,93	2508,88
100		200,00	16800,00	375,92	380,58	383,81	3,23	3,21	2077,97	382,16	384,52	2,36	3,31	2499,88
99		200,00	16600,00	373,28	379,86	383,10	3,24	2,98	2064,42	381,52	383,80	2,28	3,16	2486,08
98		93,29	16400,00	372,55	379,09	382,37	3,28	3,07	2041,11	380,81	383,09	2,28	3,23	2466,55
97		306,71	16306,71	373,28	378,69	382,25	3,56	2,50	2036,94	380,52	383,02	2,50	2,59	2462,38
96		122,11	16000,00	370,62	378,40	381,81	3,41	2,03	2025,18	380,12	382,57	2,45	2,22	2454,45
95		277,89	15877,89	370,14	378,33	381,67	3,34	2,11	2024,95	380,01	382,41	2,40	2,29	2450,99
94		200,00	15600,00	370,58	378,17	381,42	3,25	1,35	2018,11	379,81	382,15	2,34	1,50	2447,21
93		200,00	15400,00	371,34	378,08	381,27	3,19	1,46	2015,28	379,67	381,99	2,32	1,54	2444,26
92		200,00	15200,00	370,94	378,02	381,17	3,15	1,32	2015,13	379,60	381,89	2,29	1,43	2444,07
91		84,27	15000,00	371,56	377,90	380,91	3,01	1,96	2014,81	379,40	381,60	2,20	2,12	2443,72
90	Seção2-18	155,73	14915,73	370,56	377,68	380,57	2,89	2,71	2014,62	379,12	381,24	2,12	2,89	2442,93
89		160,00	14760,00	372,67	376,66	379,31	2,65	4,22	2013,48	377,95	379,97	2,02	4,38	2442,11
88		200,00	14600,00	370,78	375,32	378,46	3,14	3,13	2011,62	376,78	379,24	2,46	3,31	2439,94
87		200,00	14400,00	369,37	374,35	377,88	3,53	2,62	2010,59	376,03	378,69	2,66	2,83	2438,72
86		200,00	14200,00	366,58	372,36	376,50	4,14	3,21	2008,82	374,40	377,43	3,03	3,44	2436,56
85		200,00	14000,00	365,57	371,19	374,68	3,49	5,17	2008,02	372,87	375,52	2,65	5,44	2431,41
84		200,00	13800,00	365,62	370,27	374,32	4,05	3,12	2007,07	372,23	375,28	3,05	3,28	2429,37
83		150,33	13600,00	362,00	369,13	373,48	4,35	3,48	2006,88	371,35	374,43	3,08	3,69	2425,93
82		249,67	13449,67	362,00	369,07	373,52	4,45	2,27	2006,73	371,33	374,50	3,17	2,41	2427,00
81		200,00	13200,00	362,00	368,68	372,68	4,00	3,53	2005,69	370,72	373,58	2,86	3,80	2425,60

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada	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	Δ			Natural	Dam	Δ		
80		200,00	13000,00	361,94	367,69	371,22	3,53	4,30	1953,96	369,43	372,07	2,64	4,68	2422,49
79		200,00	12800,00	359,68	364,33	367,46	3,13	4,32	1363,79	366,98	370,83	3,85	2,56	1502,25
78		200,00	12600,00	354,42	363,85	367,84	3,99	1,01	1900,89	367,18	370,99	3,81	0,52	1530,79
77		65,90	12400,00	355,02	363,78	367,77	3,99	1,17	1890,55	367,14	370,98	3,84	0,62	1525,13
76		334,10	12334,10	354,12	363,72	367,67	3,95	1,64	1880,62	367,10	370,95	3,85	0,90	1522,44
75		169,38	12000,00	355,10	363,27	367,38	4,11	1,03	1348,52	366,84	370,86	4,02	0,72	1511,84
74		283,10	11830,62	355,21	363,18	367,35	4,17	0,88	1343,12	366,81	370,86	4,05	0,57	1511,79
73	Casa de Força-PCH Sta	27,52	11547,52	355,47	363,05	367,28	4,23	1,02	1318,06	366,73	370,83	4,10	0,74	1511,58
72		180,00	11520,00	355,28	363,03	367,27	4,24	1,10	1318,05	366,72	370,83	4,11	0,78	1509,35
71		193,67	11340,00	356,10	362,66	366,96	4,30	2,43	1251,89	366,41	370,67	4,26	1,81	1496,56
70		146,33	11146,33	356,09	362,66	367,10	4,44	0,82	1276,95	366,54	370,76	4,22	0,57	1504,75
69		200,00	11000,00	355,67	362,55	367,01	4,46	1,43	1264,50	366,45	370,70	4,25	1,17	1500,69
68		200,00	10800,00	355,26	362,27	366,87	4,60	1,84	1240,96	366,30	370,65	4,35	1,37	1496,82
67		200,00	10600,00	354,91	362,07	366,93	4,86	0,95	1252,06	366,34	370,70	4,36	0,58	1500,43
66		154,35	10400,00	354,91	362,04	366,92	4,88	0,77	1251,77	366,33	370,70	4,37	0,56	1500,27
65	Seção3-18 e Ponte	199,32	10245,65	353,09	361,92	366,84	4,92	1,33	1241,89	366,24	370,64	4,40	1,09	1497,10
64		315,39	10046,33	350,95	361,88	366,87	4,99	0,82	1244,90	366,26	370,67	4,41	0,56	1498,55
63		207,57	9730,94	351,59	361,69	366,80	5,11	1,12	1241,86	366,18	370,64	4,46	0,83	1498,45
62		90,75	9523,37	351,79	361,47	366,68	5,21	1,64	1234,07	366,05	370,57	4,52	1,30	1497,15
61		299,92	9432,62	352,90	361,52	366,75	5,23	0,53	1238,85	366,13	370,61	4,48	0,34	1498,23
60		132,70	9132,70	353,45	360,88	366,58	5,70	1,61	1232,26	365,93	370,53	4,60	1,26	1496,06
59		200,00	9000,00	353,10	360,66	366,56	5,90	1,52	1232,19	365,91	370,52	4,61	1,19	1496,04
58		200,00	8800,00	354,00	360,41	366,57	6,16	1,16	1232,08	365,90	370,54	4,64	0,85	1496,00
57		241,83	8600,00	353,14	359,62	366,44	6,82	1,67	1228,70	365,76	370,47	4,71	1,31	1495,21
56		208,17	8358,17	351,00	359,58	366,49	6,91	0,95	1231,58	365,81	370,51	4,70	0,72	1496,59
55		214,16	8150,00	351,00	359,57	366,50	6,93	0,68	1231,31	365,82	370,51	4,69	0,58	1495,88
54		186,42	7935,84	350,93	359,45	366,48	7,03	0,81	1230,13	365,79	370,50	4,71	0,56	1495,87
53		149,42	7749,42	350,34	359,40	366,47	7,07	0,65	1230,74	365,78	370,50	4,72	0,48	1495,82
52		200,00	7600,00	352,13	359,28	366,46	7,18	0,71	1230,50	365,76	370,50	4,74	0,58	1496,00
51		100,00	7400,00	352,41	359,22	366,45	7,23	0,51	1230,28	365,75	370,49	4,74	0,41	1495,89

PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada	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	Δ			Natural	Dam	Δ		
50	STP12-11	89,00	7300,00	349,80	359,16	366,40	7,24	1,15	1230,19	365,70	370,45	4,75	1,06	1495,84
49	STP11-11	63,27	7211,00	351,54	353,52	353,70	0,18	14,34	1229,59	353,69	353,74	0,05	17,02	1495,83
48		197,73	7147,73	349,66	352,36	353,30	0,94	5,80	1228,95	353,24	353,56	0,32	6,30	1495,83
47	STP10-11	22,76	6950,00	344,50	352,19	353,39	1,20	1,75	1229,10	353,30	353,81	0,51	1,82	1495,82
46		167,24	6927,24	347,55	352,00	353,15	1,15	2,64	1227,65	353,06	353,54	0,48	2,82	1495,82
45		160,00	6760,00	347,34	351,36	352,66	1,30	2,54	1209,12	352,56	353,02	0,46	2,79	1495,78
44		40,00	6600,00	345,38	350,77	351,98	1,21	2,97	1148,35	351,76	352,00	0,24	3,36	1310,86
43	STP9-11	205,86	6560,00	344,42	350,79	351,99	1,20	2,64	1148,34	351,78	352,02	0,24	3,00	1313,89
42		165,87	6354,14	344,24	347,88	348,64	0,76	6,66	1229,27	348,55	349,47	0,92	5,38	1493,20
41		188,27	6188,27	342,01	346,85	348,79	1,94	1,38	1229,77	348,62	349,88	1,26	1,32	1494,02
40		200,00	6000,00	341,07	346,62	348,51	1,89	2,07	1229,28	348,33	349,63	1,30	2,04	1493,65
39		200,00	5800,00	341,22	346,51	348,44	1,93	1,61	1229,24	348,26	349,60	1,34	1,58	1493,72
38		200,00	5600,00	341,00	346,21	348,11	1,90	2,27	1228,89	347,92	349,32	1,40	2,25	1493,62
37		200,00	5400,00	341,00	345,86	348,04	2,18	1,59	1228,97	347,83	349,33	1,50	1,46	1493,55
36		172,00	5200,00	340,94	345,33	347,74	2,41	1,90	1228,86	347,52	349,10	1,58	1,83	1493,56
35	STP8-11	110,10	5028,00	339,27	342,36	342,92	0,56	7,61	1228,80	342,90	343,01	0,11	8,91	1493,36
34		117,90	4917,90	338,00	341,64	342,78	1,14	2,45	1228,84	342,70	343,22	0,52	2,61	1493,55
33		251,80	4800,00	337,24	340,61	341,44	0,83	3,72	1228,79	341,38	341,76	0,38	4,00	1493,55
32		230,73	4548,20	333,88	338,52	339,87	1,35	1,14	1192,41	339,75	340,34	0,59	1,27	1493,48
31		171,11	4317,47	332,78	336,91	337,14	0,23	5,47	1225,25	336,99	338,16	1,17	4,93	1492,43
30		172,26	4146,36	327,66	336,93	337,28	0,35	1,20	1225,81	337,07	338,48	1,41	1,22	1492,56
29		174,10	3974,10	326,93	336,89	337,11	0,22	1,69	1225,53	336,90	338,33	1,43	1,73	1492,53
28		243,44	3800,00	325,95	336,89	337,13	0,24	0,92	1225,49	336,92	338,36	1,44	0,95	1492,50
27		68,56	3556,56	324,15	330,07	330,07	0,00	8,48	1245,99	330,08	330,08	0,00	8,47	1246,90
26	STP7-11	193,79	3488,00	322,74	327,12	327,44	0,32	5,84	1225,57	327,34	328,05	0,71	5,78	1492,37
25		192,75	3294,21	317,37	324,45	324,45	0,00	2,12	1230,81	324,46	324,46	0,00	2,12	1232,14
24		191,46	3101,46	311,00	318,24	318,51	0,27	2,46	1225,82	318,40	319,16	0,76	2,56	1492,46
23	STP6-11	17,70	2910,00	309,04	317,58	317,90	0,32	2,46	1225,67	317,79	318,50	0,71	2,71	1492,40
22		158,20	2892,30	311,00	317,09	317,47	0,38	3,68	1225,43	317,37	318,04	0,67	3,93	1492,35
21		94,83	2734,10	310,00	316,19	317,09	0,90	2,29	1225,06	316,98	317,76	0,78	2,33	1492,22



PERFIL					TR 100 ANOS					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada	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	Δ			Natural	Dam	Δ		
20		225,19	2639,27	309,52	316,26	317,15	0,89	1,01	1224,92	317,03	317,82	0,79	1,04	1492,18
19		183,79	2414,08	309,44	315,64	316,61	0,97	2,51	1224,96	316,49	317,30	0,81	2,55	1492,17
18		150,29	2230,29	309,01	315,10	316,08	0,98	2,55	1224,87	315,96	316,77	0,81	2,70	1492,16
17		128,67	2080,00	308,21	314,24	315,34	1,10	2,73	1224,82	315,21	316,07	0,86	2,88	1492,13
16		71,33	1951,33	307,48	312,96	314,26	1,30	4,05	1224,71	314,12	315,10	0,98	4,05	1492,12
15	STP5-11	107,23	1880,00	305,11	313,04	314,38	1,34	2,52	1224,77	314,23	315,23	1,00	2,65	1492,11
14		185,77	1772,77	305,94	312,26	313,59	1,33	3,62	1224,71	313,44	314,39	0,95	3,82	1492,11
13	SPT4-11	66,23	1587,00	302,85	310,92	312,27	1,35	2,39	1224,56	312,14	312,98	0,84	2,59	1492,07
12	SPT3-11	95,77	1520,77	302,98	310,88	312,24	1,36	2,07	1224,55	312,12	312,96	0,84	2,25	1492,07
11	STP2-11	78,26	1425,00	303,55	310,66	312,01	1,35	2,39	1224,49	311,88	312,72	0,84	2,55	1492,06
10		249,34	1346,74	303,89	310,54	311,88	1,34	2,27	1224,44	311,75	312,59	0,84	2,39	1492,04
9		186,87	1097,40	303,50	309,24	310,43	1,19	3,77	1224,27	310,33	311,01	0,68	4,11	1491,99
8		70,53	910,53	302,42	308,70	309,97	1,27	1,52	1223,83	309,87	310,57	0,70	1,51	1491,87
7	STP1-11	124,60	840,00	301,75	308,68	309,96	1,28	1,00	1223,90	309,86	310,55	0,69	1,07	1491,89
6		135,40	715,40	302,17	308,31	309,55	1,24	2,18	1223,75	309,45	310,14	0,69	2,21	1491,88
5		153,70	580,00	301,66	308,13	309,36	1,23	1,81	1223,73	309,26	309,91	0,65	1,96	1491,86
4		26,30	426,30	302,59	307,78	308,95	1,17	2,30	1223,63	308,86	309,48	0,62	2,45	1491,84
3		304,81	400,00	302,28	307,75	308,92	1,17	2,15	1223,63	308,82	309,45	0,63	2,30	1491,84
2		95,19	95,19	302,45	307,06	308,18	1,12	2,15	1223,60	308,09	308,68	0,59	2,33	1491,81
1		0,00	0,00	302,07	306,13	307,14	1,01	3,81	1223,59	307,05	307,60	0,55	4,01	1491,80

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

As seções topobatimétricas STPx-11 foram obtidas em 2011 e as Seções-18 e NAs em 2018 e os níveis de água existentes são referentes aos levantamentos topográficos 2008 durante projeto básico PCH Sossego. Todos os dados estão apresentados no Anexo I – 2 Topografia.

## 6.6 Limite Físico a Jusante da PCH Santa Rosa II

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da PCH Santa Rosa II até a jusante da PCH Sossego (Em projeto), compreendendo cerca de 31 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 Santa Rosa II.

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

As benfeitoras foram identificadas pelo *Google Earth/Restituição* e verificadas em campo na realização da inspeção civil 2018.

Considerando o momento da ruptura descritos no item 6.3, serão apresentados os cotogramas das seções onde foram detectadas benfeitorias em risco, listadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Localização das Seções de Interesse

Seções	Descrição	Estaca (m)	Distância da Barragem PCH
143	Barragem PCH Santa Rosa II	25.260	0
128	Propriedades	22.349	2,91
117	Propriedades	20.140	5,12
97	Propriedades	16.307	8,95
94	Propriedades	15.600	9,66
90	Propriedades	14.916	10,34
75	Propriedades	12.000	13,26
73	Casa de Força-PCH Sta Rosa II	11.548	13,71
67	Propriedades	10.600	14,66
65	Ponte	10.246	15,01
63	Propriedades	9.731	15,53
60	Propriedades	9.133	16,13
58	Propriedades	8.800	16,46
53	Propriedades	7.749	17,51
51	Propriedades	7.400	17,86
45	Propriedades	6.760	18,50
40	Propriedades	6.000	19,26
37	Propriedades	5.400	19,86
32	Propriedades	4.548	20,71
28	Propriedades	3.800	21,46
27	Propriedades	3.557	21,70
8	Propriedades	911	24,35
4	Propriedades	426	24,83

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, com tempo de recorrência de 100 anos e 10.000 anos. A Figura 23 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 23 – 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.

### 6.7.1 SL-128 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-128, está localizada cerca de 2,91 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 24).

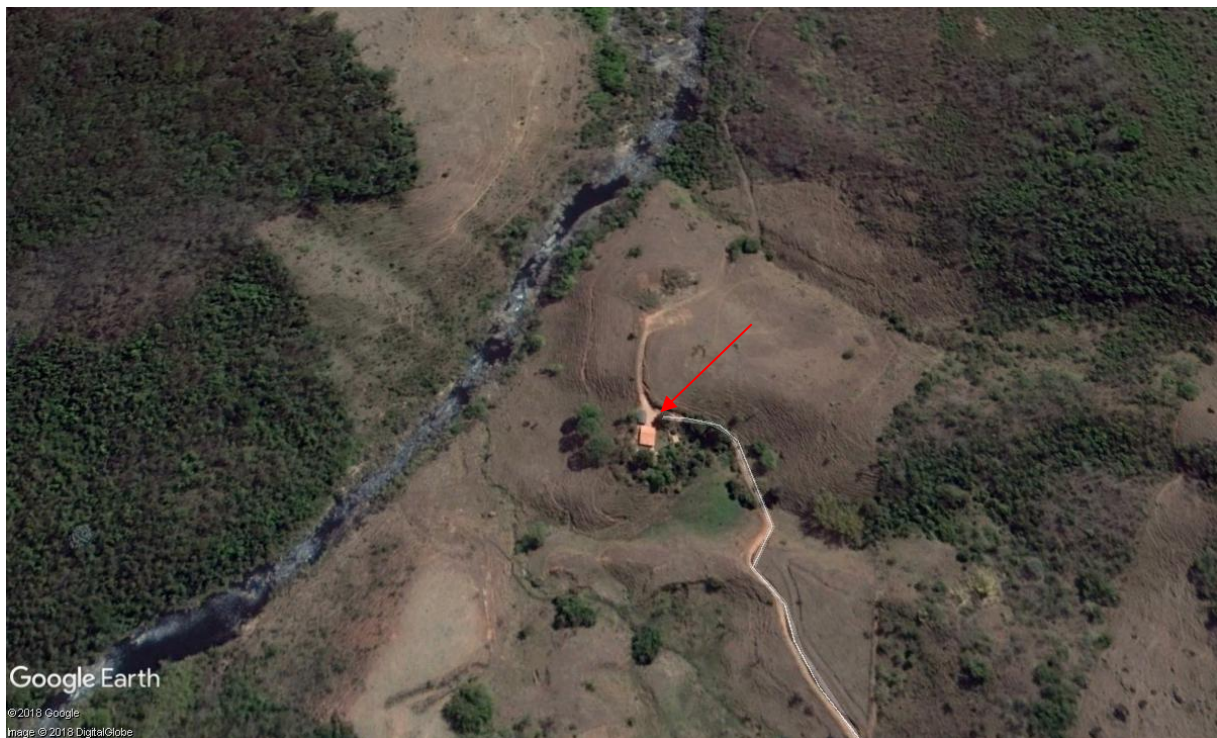


Figura 24 – Localização propriedades - SL-128

Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-128 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	425,58	435,61	10,03	00:05	00:25	04:55
10.000 ANOS	429,69	437,17	7,48	00:05	00:20	21:50

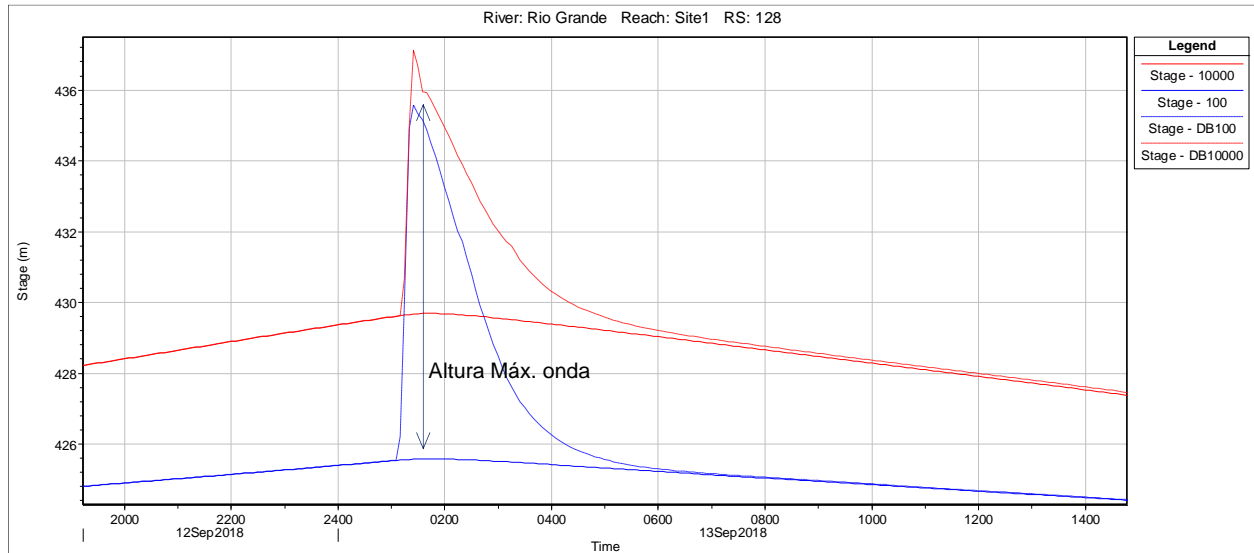


Figura 25 – Cotograma - SL-128 – Propriedades

### 6.7.2 SL-117 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-117, está localizada cerca de 5,12 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 26).



Figura 26 – Localização propriedades - SL-117

Tabela 22 – Detalhe das simulações - SL-117 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	401,67	408,06	6,39	00:10	00:45	05:50
10.000 ANOS	404,74	409,29	4,55	00:07	00:40	21:48

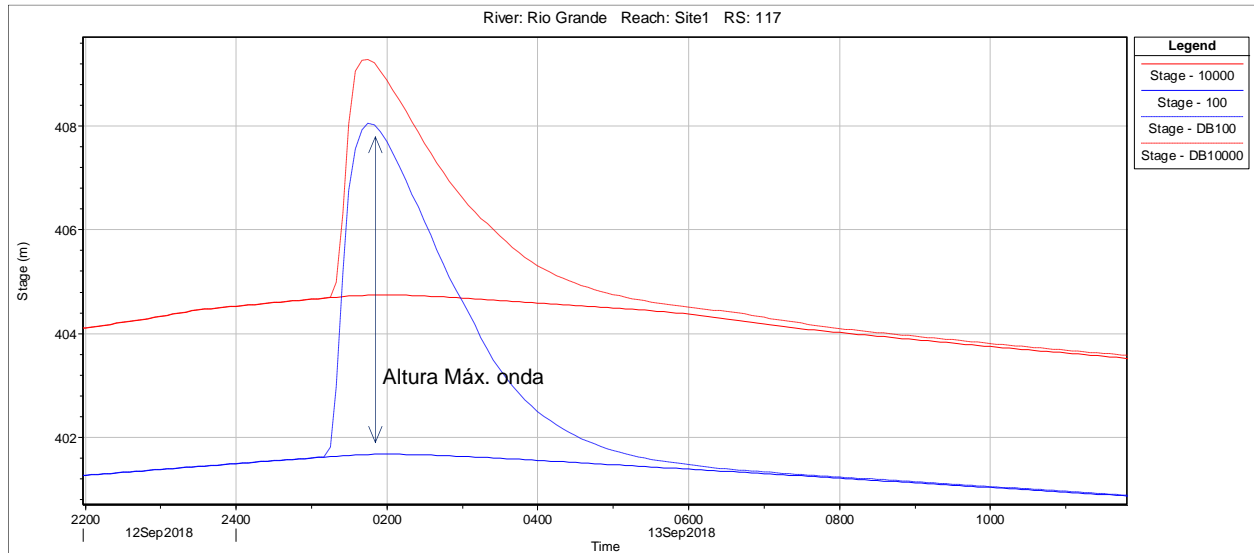


Figura 27 – Cotograma - SL-117 – Propriedades

### 6.7.3 SL-97 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-97, está localizada cerca de 8,95 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 28).



Figura 28 – Localização propriedades - SL-97

Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-97 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	378,69	382,25	3,56	00:15	01:10	06:45
10.000 ANOS	380,52	383,02	2,50	00:15	01:02	22:40

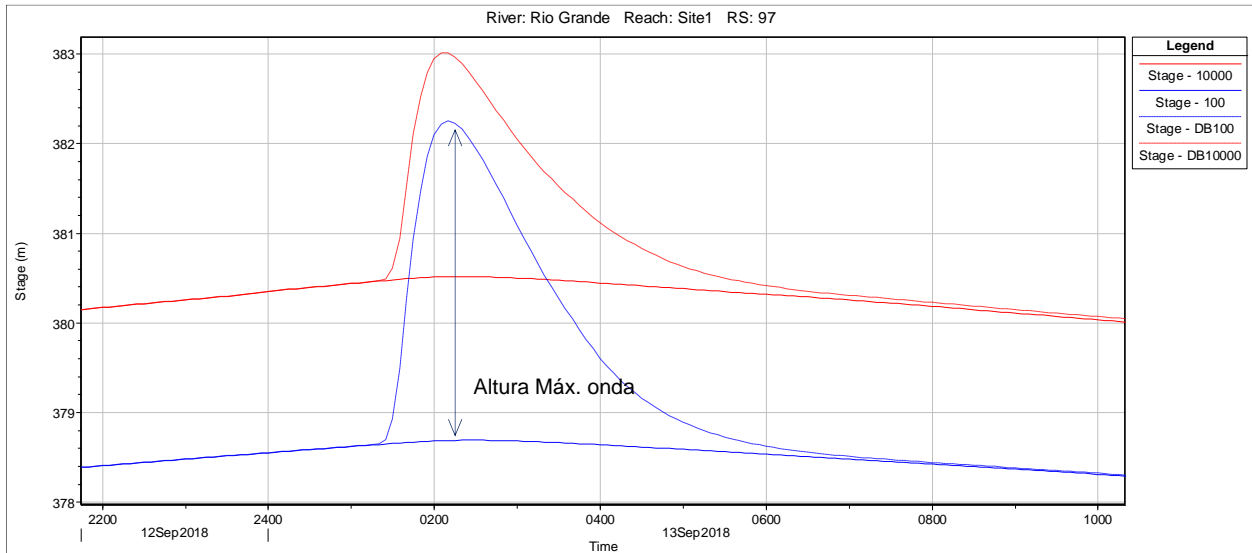


Figura 29 – Cotograma - SL-97 – Propriedades

#### 6.7.4 SL-94/90 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-94-90, está localizada cerca de 9,66 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 30).



Figura 30 – Localização propriedades - SL-94/90

Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-94/90 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	378,17	381,42	3,25	00:20	01:13	07:40
10.000 ANOS	379,81	382,15	2,34	00:15	01:05	22:40

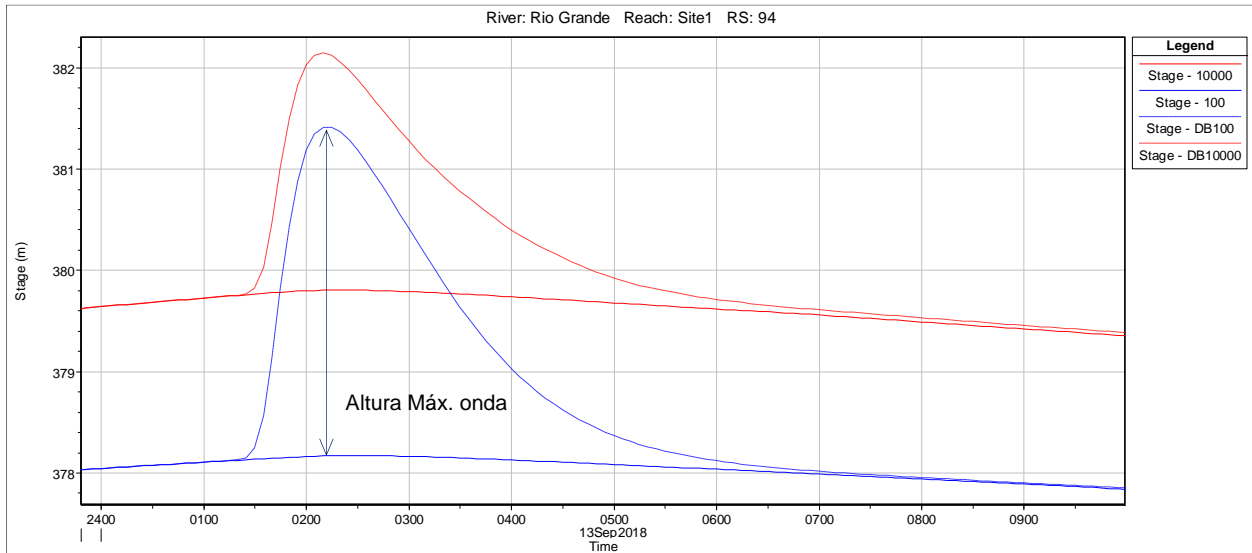


Figura 31 – Cotograma - SL-94/90 – Propriedades

### 6.7.5 SL-75/73 – Propriedades e Casa de Força

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-75 e casa de Força da PCH Santa Rosa II identificada como SL-73, está localizada cerca de 13,26 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 32).



Figura 32 – Localização propriedades - SL-75/73



Figura 33 – Casa de Força da PCH Santa Rosa II

Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-75/73 – Propriedades e Casa de Força

HIDROGRAMA	Nível de 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	363,27	367,38	4,11	00:30	02:20	08:30
10.000 ANOS	366,84	370,86	4,02	00:25	02:55	22:30

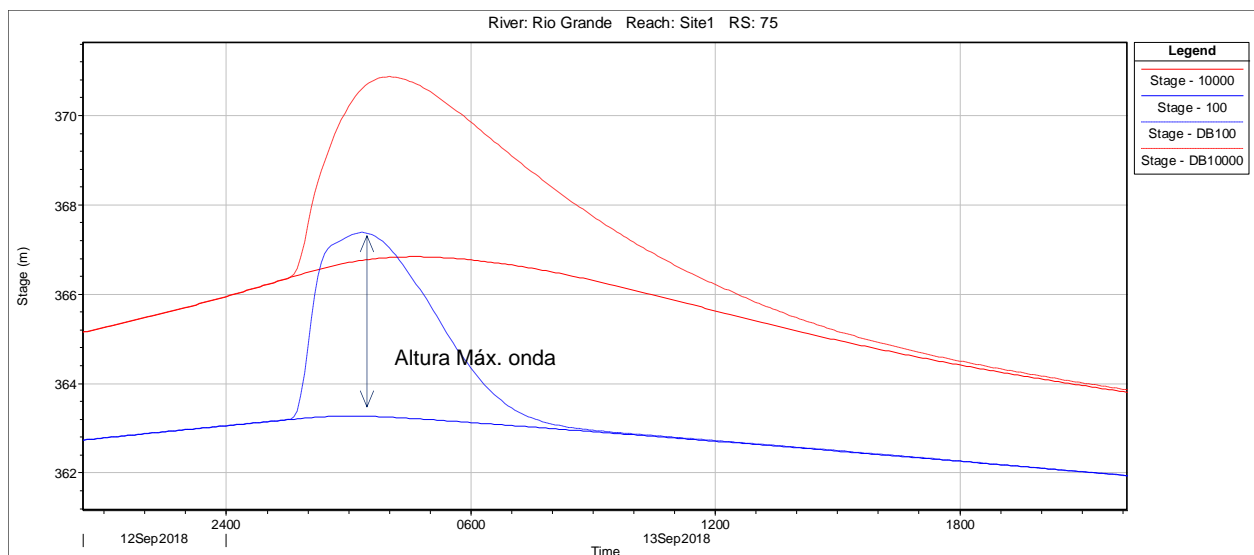


Figura 34 – Cotagrama - SL-75/73 – Propriedades e Casa de Força



### 6.7.6 SL-67/65 – Propriedades e Ponte

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-67 e ponte identificada como SL-65, está localizada cerca de 14,66 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 35).



Figura 35 – Localização propriedades - SL-67/65



Figura 36 – Ponte de jusante e propriedades

Tabela 26 – Detalhe das simulações - SL-67/65 – Propriedades e Ponte

HIDROGRAMA	Nível de 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	362,07	366,93	4,86	00:35	02:30	09:25
10.000 ANOS	366,34	370,7	4,36	00:30	03:00	23:25

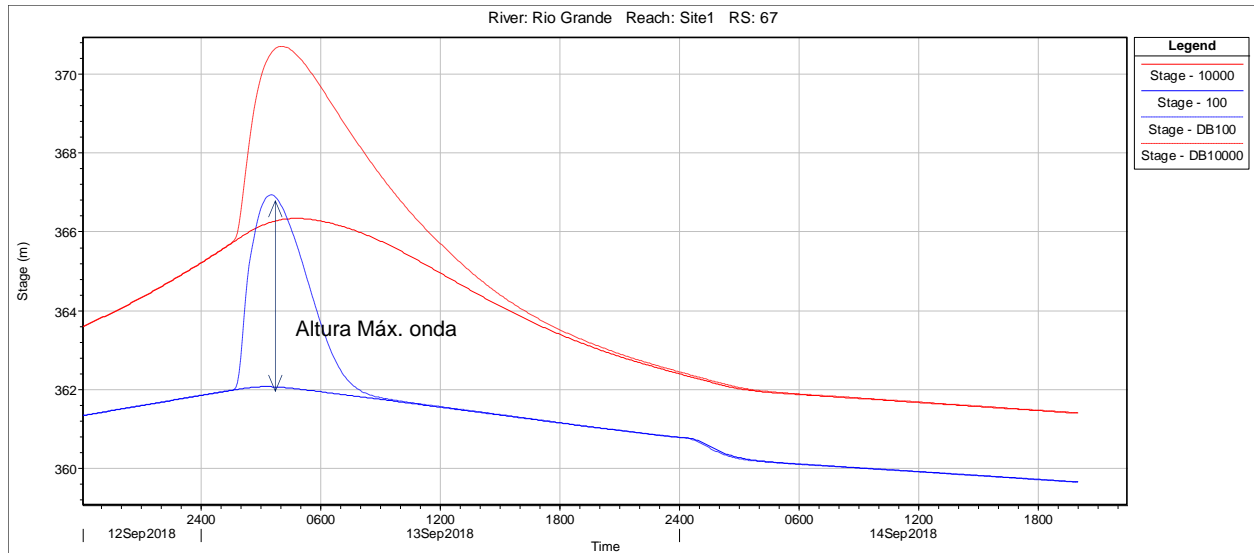


Figura 37 – Cotograma - SL-67/65 – Propriedades e Ponte

### 6.7.7 SL-63/60 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-63/60, está localizada cerca de 15,53 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 38).



Figura 38 – Localização propriedades - SL-63/60

Tabela 27 – Detalhe das simulações - SL-63/60 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	361,69	366,8	5,11	00:35	02:32	09:25
10.000 ANOS	366,18	370,64	4,46	00:30	03:00	24:25

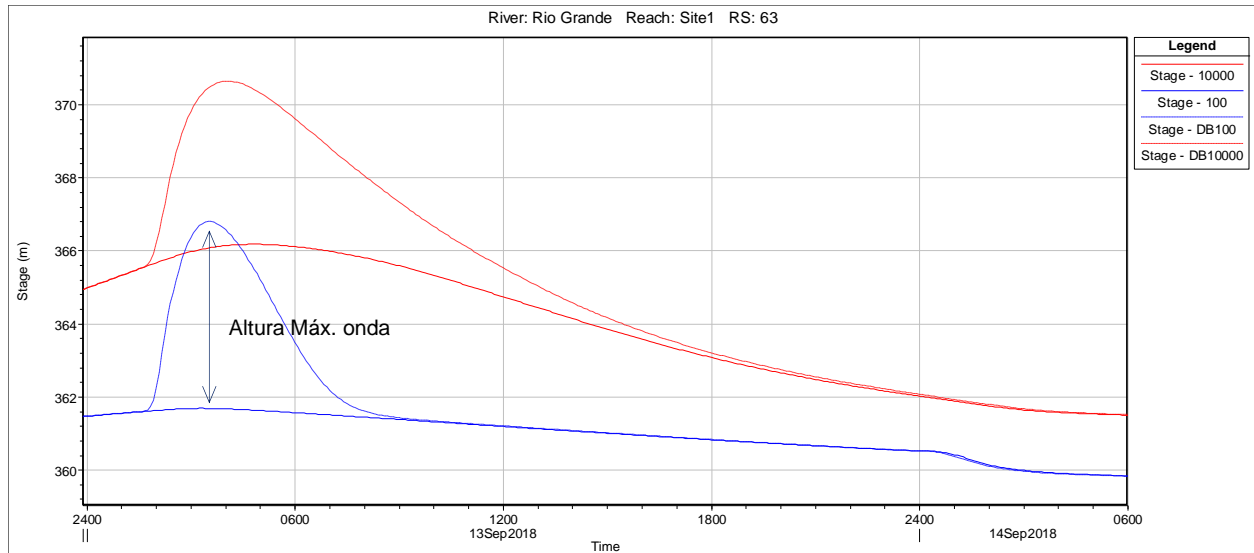


Figura 39 – Cotagrama - SL-63/60 – Propriedades

### 6.7.8 SL-58 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-58, está localizada cerca de 16,46 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 40).

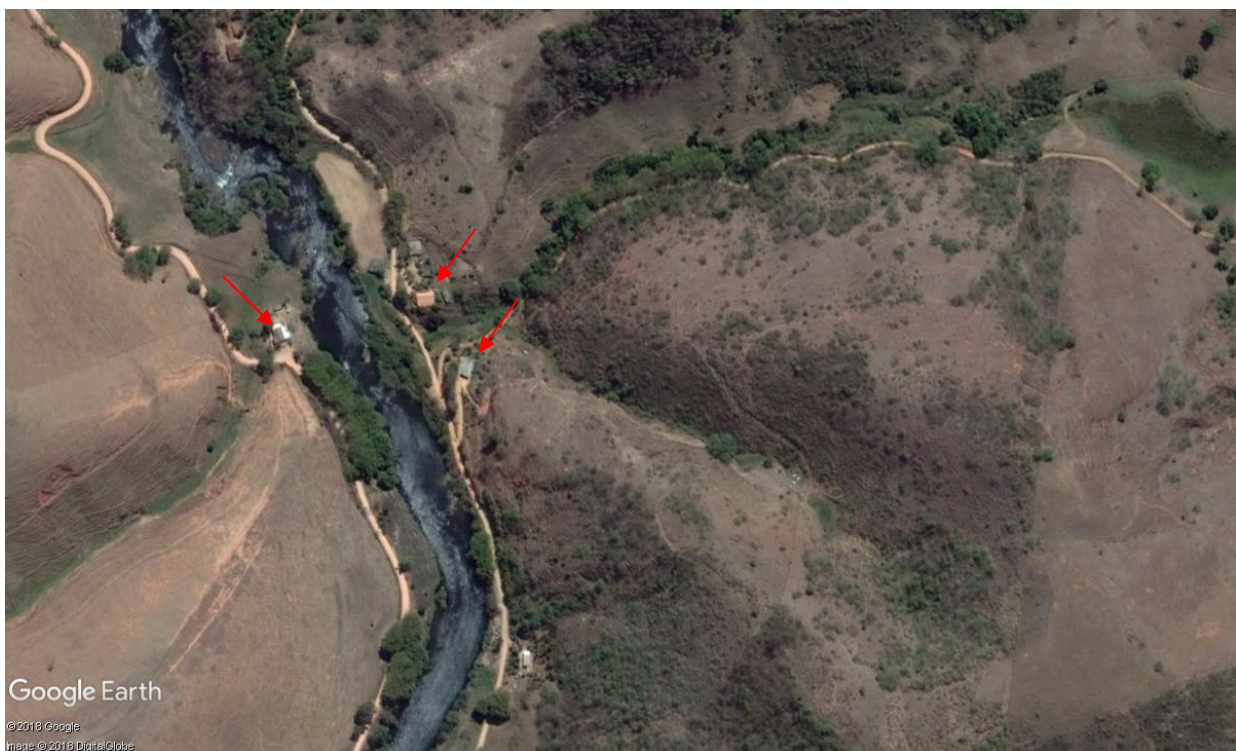


Figura 40 – Localização propriedades - SL-58

Tabela 28 – Detalhe das simulações - SL-58 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	360,41	366,57	6,16	00:45	02:35	10:15
10.000 ANOS	365,9	370,54	4,64	00:40	03:00	26:15

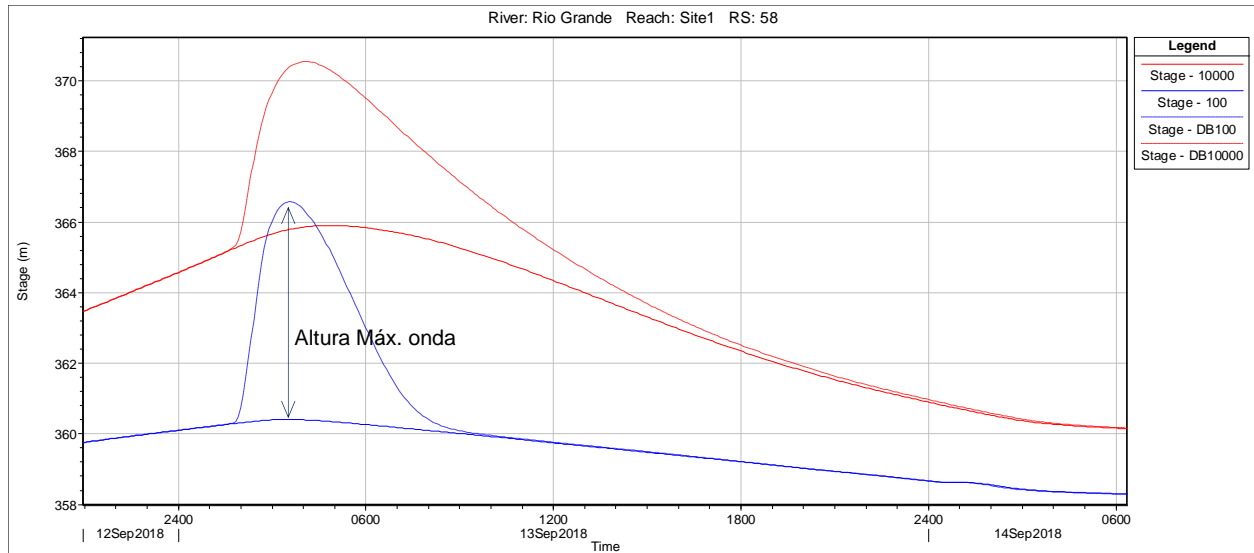


Figura 41 – Cotagrama - SL-58 – Propriedades

### 6.7.9 SL-53/51 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-53/51, está localizada cerca de 17,51 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 42).



Figura 42 – Localização propriedades - SL-53/51

Tabela 29 – Detalhe das simulações - SL-53/51 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	359,4	366,47	7,07	00:45	02:35	12:15
10.000 ANOS	365,78	370,5	4,72	00:40	03:00	26:45

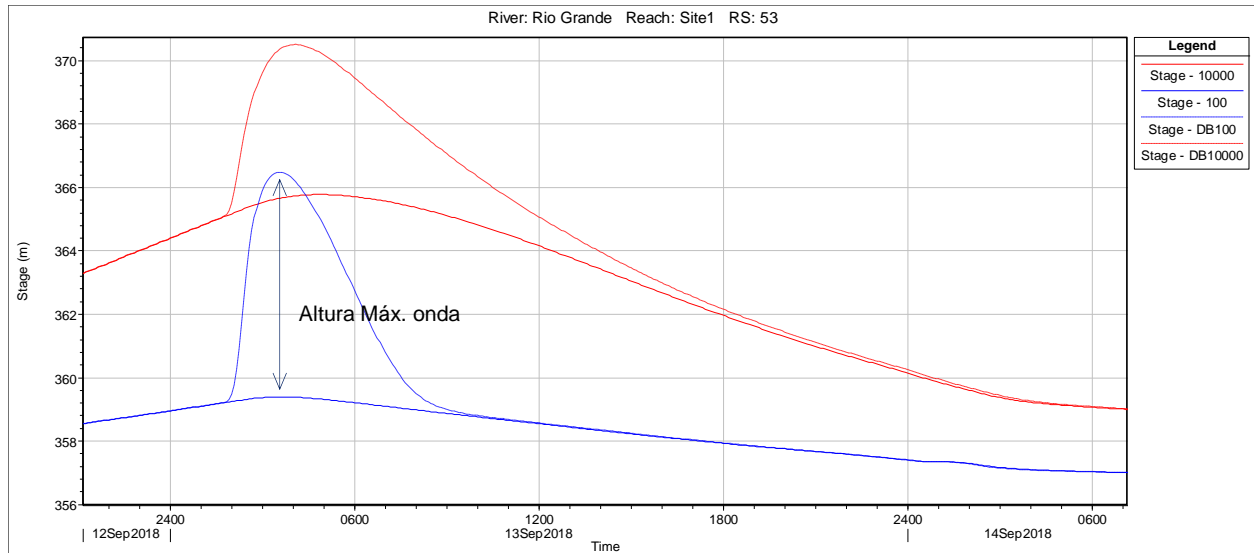


Figura 43 – Cotagrama - SL-53/51 – Propriedades

### 6.7.10 SL-45/40 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-45/40, está localizada cerca de 18,50 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 44).



Figura 44 – Localização propriedades - SL-45/40

Tabela 30 – Detalhe das simulações - SL-45/40 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	351,36	352,66	1,30	00:50	02:38	12:10
10.000 ANOS	352,56	353,02	0,46	00:43	03:05	28:12

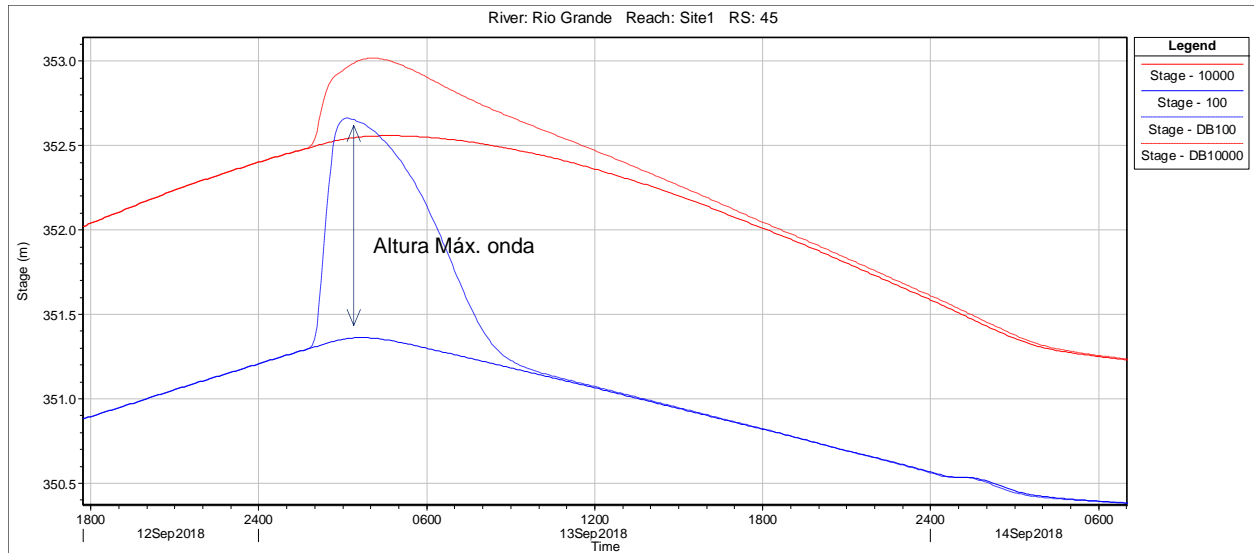


Figura 45 – Cotagrama - SL-45/40 – Propriedades

### 6.7.11 SL-37 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-37, está localizada cerca de 19,86 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 46).



Figura 46 – Localização propriedades - SL-37

Tabela 31 – Detalhe das simulações - SL-37 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	345,86	348,04	2,18	00:50	02:48	14:10
10.000 ANOS	347,83	349,33	1,50	00:45	03:20	28:10

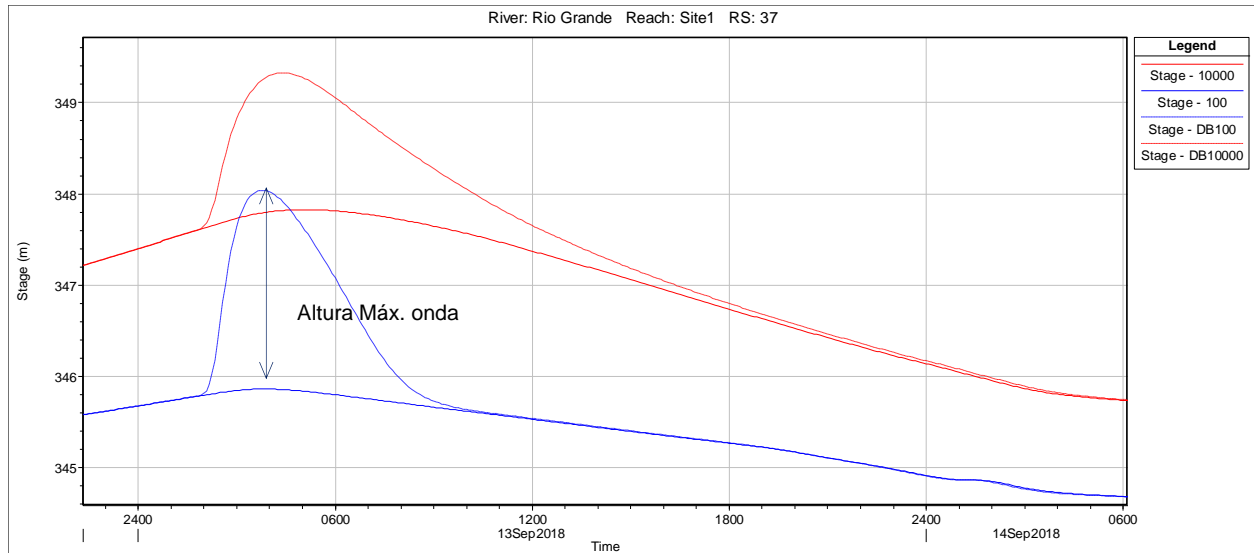


Figura 47 – Cotagrama - SL-37 – Propriedades

### 6.7.12 SL-32/27 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-32/27, está localizada cerca de 20,71 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 48).

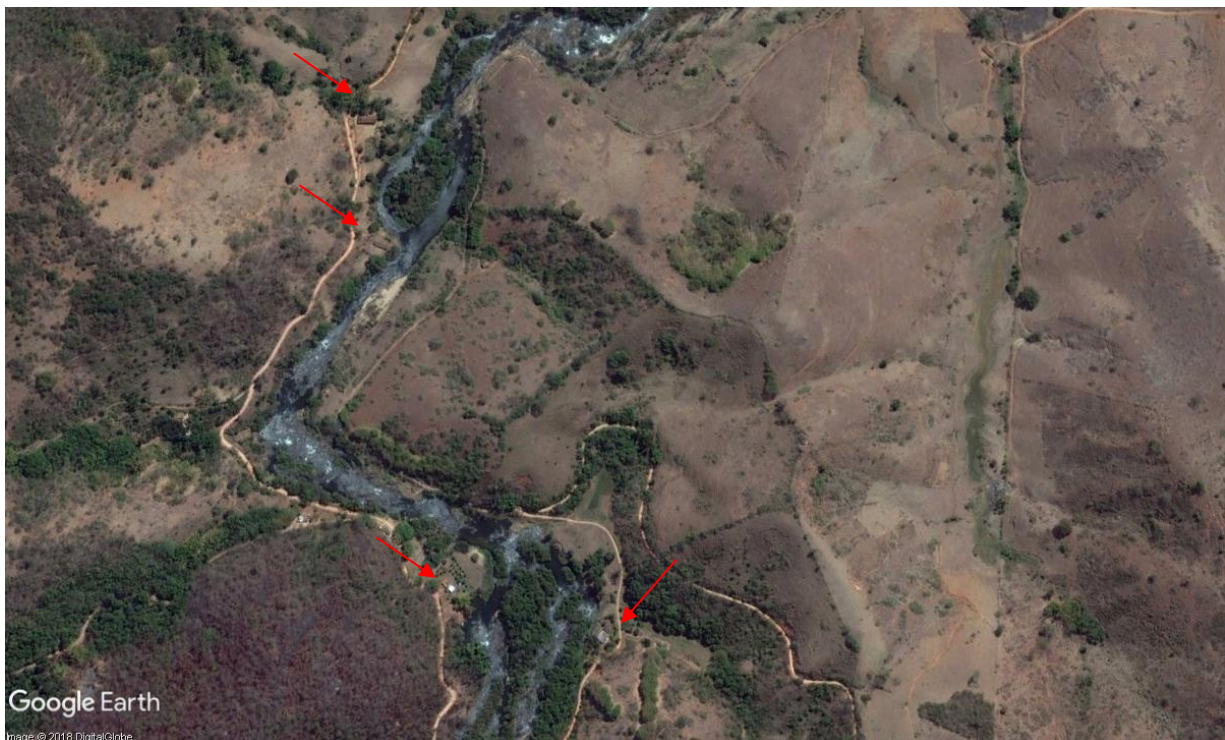


Figura 48 – Localização propriedades - SL-32/27

Tabela 32 – Detalhe das simulações - SL-32/27 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	338,52	339,87	1,35	01:00	02:50	15:00
10.000 ANOS	339,75	340,34	0,59	00:55	03:25	28:00

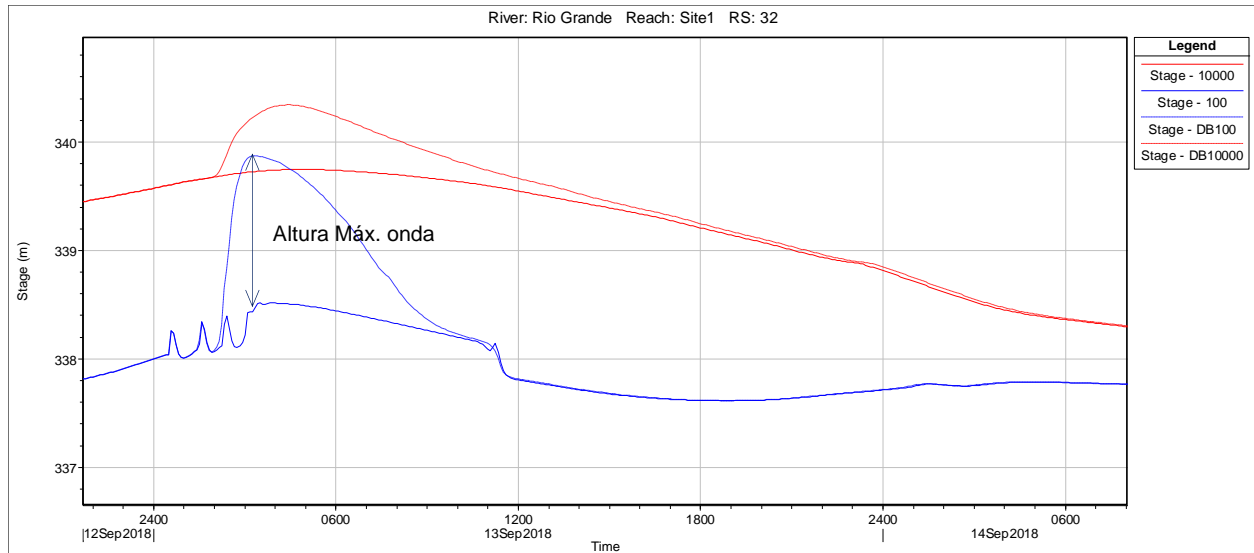


Figura 49 – Cotagrama - SL-32/27 – Propriedades

### 6.7.13 SL-8/4 – Propriedades

As propriedades a jusante da Barragem PCH Santa Rosa II, identificada pela seção SL-8/4, está localizada cerca de 24,35 km da barragem PCH Santa Rosa II (Figura 50).



Figura 50 – Localização propriedades - SL-8/4



Tabela 33 – Detalhe das simulações - SL-8/4 – Propriedades

HIDROGRAMA	Nível de 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	308,7	309,97	1,27	01:30	03:15	09:30
10.000 ANOS	309,87	310,57	0,70	01:05	03:35	27:50

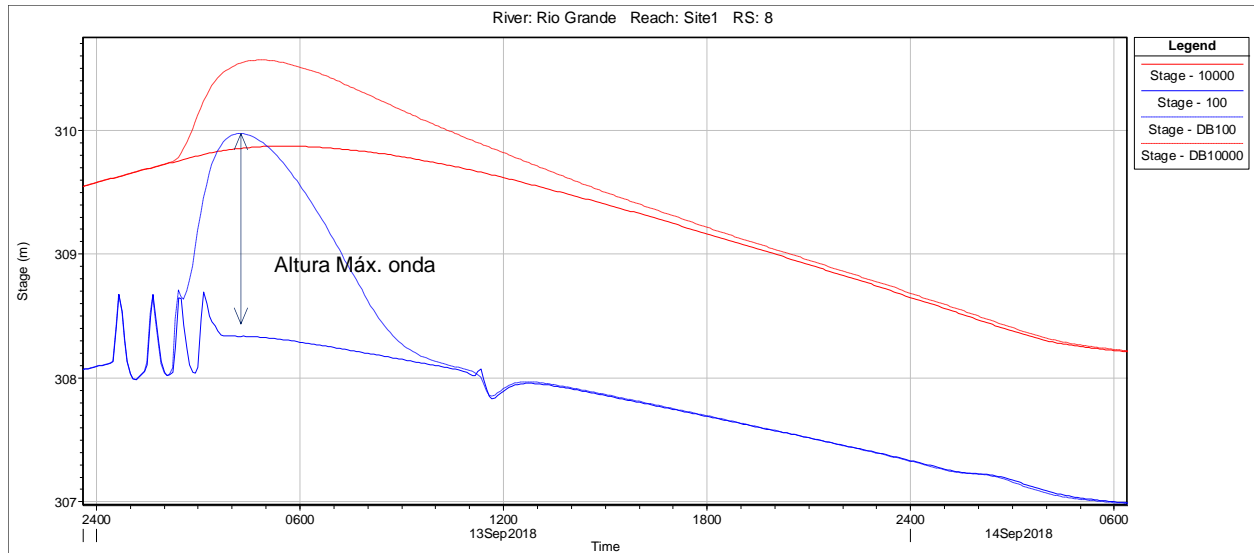


Figura 51 – Cotagrama - SL-8/4 – Propriedades

#### 6.7.14 Resumo Geral das Seções de Interesse

A Tabela 34 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-10.000 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 34. 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. Os desenhos de 8 a 12 representam os mapas SRO-C-MPI-004-00-18 – Mapa de Inundação – TR 100 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 05 e os desenhos de 13 a 17 representam os mapas SRO-C-MPI-005-00-18 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 05.

Tabela 34 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção

Seções de Interesse			Distância da Barragem PCH Santa Rosa II (km)	DB 100 anos								DB 10.000 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		
<b>Barragem Santa Rosa II - Tempo após Rompimento</b>																			
Rio Grande	128	Propriedades	2,91	425,58	435,61	10,03	00:05	00:25	04:55	2,84	2429,66	429,69	437,17	7,48	00:05	00:20	21:50	3,05	3077,99
	117	Propriedades	5,12	401,67	408,06	6,39	00:10	00:45	05:50	0,68	2165,59	404,74	409,29	4,55	00:07	00:40	21:48	0,67	2577,25
	97	Propriedades	8,95	378,69	382,25	3,56	00:15	01:10	06:45	2,5	2036,94	380,52	383,02	2,50	00:15	01:02	22:40	2,59	2462,38
	94	Propriedades	9,66	378,17	381,42	3,25	00:20	01:13	07:40	1,35	2018,11	379,81	382,15	2,34	00:15	01:05	22:40	1,5	2447,21
	90	Propriedades	10,34	377,68	380,57	2,89	00:22	01:15	07:38	2,71	2014,62	379,12	381,24	2,12	00:18	01:05	22:37	2,89	2442,93
	75	Propriedades	13,26	363,27	367,38	4,11	00:30	02:20	08:30	1,03	1348,52	366,84	370,86	4,02	00:25	02:55	22:30	0,72	1511,84
	73	Casa de Força-PCH Sta Rosa II	13,71	363,05	367,28	4,23	00:30	02:22	08:30	1,02	1318,06	366,73	370,83	4,10	00:25	02:56	22:30	0,74	1511,58
	67	Propriedades	14,66	362,07	366,93	4,86	00:35	02:30	09:25	0,95	1252,06	366,34	370,70	4,36	00:30	03:00	23:25	0,58	1500,43
	65	Ponte	15,01	361,92	366,84	4,92	00:35	02:30	09:25	1,33	1241,89	366,24	370,64	4,40	00:30	03:00	24:25	1,09	1497,1
	63	Propriedades	15,53	361,69	366,80	5,11	00:35	02:32	09:25	1,12	1241,86	366,18	370,64	4,46	00:30	03:00	24:25	0,83	1498,45
	60	Propriedades	16,13	360,88	366,58	5,70	00:40	02:35	10:20	1,61	1232,26	365,93	370,53	4,60	00:35	03:00	26:20	1,26	1496,06
	58	Propriedades	16,46	360,41	366,57	6,16	00:45	02:35	10:15	1,16	1232,08	365,90	370,54	4,64	00:40	03:00	26:15	0,85	1496
	53	Propriedades	17,51	359,40	366,47	7,07	00:45	02:35	12:15	0,65	1230,74	365,78	370,50	4,72	00:40	03:00	26:45	0,48	1495,82
	51	Propriedades	17,86	359,22	366,45	7,23	00:45	02:36	12:15	0,51	1230,28	365,75	370,49	4,74	00:41	03:03	26:46	0,41	1495,89
	45	Propriedades	18,50	351,36	352,66	1,30	00:50	02:38	12:10	2,54	1209,12	352,56	353,02	0,46	00:43	03:05	28:12	2,79	1495,78
	40	Propriedades	19,26	346,62	348,51	1,89	00:50	02:45	12:10	2,07	1229,28	348,33	349,63	1,30	00:45	03:20	28:10	2,04	1493,65
	37	Propriedades	19,86	345,86	348,04	2,18	00:50	02:48	12:10	1,59	1228,97	347,83	349,33	1,50	00:45	03:20	28:10	1,46	1493,55
	32	Propriedades	20,71	338,52	339,87	1,35	01:00	02:50	12:00	1,14	1192,41	339,75	340,34	0,59	00:55	03:25	28:00	1,27	1493,48
28	Propriedades	21,46	336,89	337,13	0,24	01:15	03:00	11:45	0,92	1225,49	336,92	338,36	1,44	00:55	03:27	28:00	0,95	1492,5	
27	Propriedades	21,70	330,07	330,07	0,00	01:20	03:00	11:40	8,48	1245,99	330,08	330,08	0,00	00:55	03:30	28:00	8,47	1246,9	
8	Propriedades	24,35	308,70	309,97	1,27	01:30	03:15	11:30	1,52	1223,83	309,87	310,57	0,70	01:05	03:35	27:50	1,51	1491,87	
4	Propriedades	24,83	0,00	0,00	0,00	01:30	03:15	11:30	2,3	1223,63	0,00	0,00	0,00	01:05	03:35	27:50	2,45	1491,84	

- A partir da Seção 67-Propriedade, cerca de 14,66 km a jusante da PCH Santa Rosa II, o tempo do pico da onda de inundação ultrapassa as três horas críticas para TR=10.000 que é um dos limites tradicionais de modelagem indicando a zona de maior risco. Já para TR=100 anos isso só ocorre a partir da SL-29 cerca de 21,29 km a jusante da PCH Santa Rosa II;
- A zona de autossalvamento fica definida como 30 min do início da onda, ou seja, até SL-63 cerca de 17,51 km a jusante do barramento PCH Santa Rosa II.

## 7 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, **Santa Rosa S.A.**, centralizar a veiculação de informações.

### 7.1 Agentes Internos

#### SPE

**Nome do Empreendedor: Santa Rosa S.A.**

**PCH:** Santa Rosa II

#### **MATRIZ**

**CNPJ:** 04.468.980/0001-02

**Endereço:** Rod Jose Carlos Daux Km 5, nº 5500, Sala 337, Andar 3, Jurere A, Saco Grande, Florianópolis/SC, CEP 88.032-005 - Fone: (48) 3878-7100

#### **FILIAL**

**CNPJ:** 04.468.980/0002-93

**Endereço:** Ponte Caciano, Zona Rural de Cordeiro, Cordeiro/RJ, CEP: 28.540-000

#### **Administrador – Statkraft Energias Renováveis S/A**

**Endereço:** Av. Prefeito Osmar Cunha, 416, 8º Andar – Centro, Florianópolis - SC CEP 88015-100

**Diretor Presidente:** Fernando De Lapuerta Montoya

**Fone:** (48) 3877-7100

**E-mail:** [fernando.delapuerta@statkraft.com](mailto:fernando.delapuerta@statkraft.com)

**Responsável Técnico da Segurança da Barragem:** Marcela Jeiss

**Telefone:** (48) 9 9131-1006

**E-mail:** [marcela.jeiss@statkraft.com](mailto:marcela.jeiss@statkraft.com)

**VP Strategic Operations:** Thiago Tomazzoli

**Telefone:** (48) 9 8841-3146

**E-mail:** [thiago.tomazzoli@statkraft.com](mailto:thiago.tomazzoli@statkraft.com)

**Diretor de O&M:** Alexandre Murakami

**Fone:** (48) 9 9152-3416

**E-mail:** [alexandre.murakami@statkraft.com](mailto:alexandre.murakami@statkraft.com)

**Gerente de Manutenção:** Rodrigo Dutra

**Fone:** (49) 9 9970-2065

**E-mail:** [rodrigo.dutra@statkraft.com](mailto:rodrigo.dutra@statkraft.com)

**Gerente de Operação:** Robson Guimarães da Silva

**Fone:** (48) 3877-7154/7117 / (48) 9 9107-2849

**E-mail:** [robson.guimaraes@statkraft.com](mailto:robson.guimaraes@statkraft.com)

**Coordenador Regional:** Gustavo Matosinhos

**Fone:** (27) 9 9879-3949

**E-mail:** [gustavo.matosinhos@statkraft.com](mailto:gustavo.matosinhos@statkraft.com)

**Supervisor da Planta:** Elton Alves de Alvarenga

**Fone:** (28) 9 9944-1064

**E-mail:** [elton.alvarenga@statkraft.com](mailto:elton.alvarenga@statkraft.com)

## 7.2 Agentes Externos

Tabela 35 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres

Orgão	Telefone
SEDEC	(61) 2034-5513
Secretaria Nacional de Defesa Civil	(61) 3414-5869
	(61) 2034-5736
CENAD	(61) 2034-4600
Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres	(61) 2034-4357
ANEEL SFG - Agência Nacional de Energia Elétrica	(61) 2192-8750
Superintendência de Fiscalização dos serviços de Geração	(61) 2192-8536
INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais	(12) 3208-6035
	(12) 3205-0215
CEMADEN	(12) 3205-0115
Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais	(12) 3205-0200
	(12) 3205-0201
INMET	(61) 2102-4602
Instituto Nacional de Meteorologia	(61) 2102-4700
Ministério da Defesa	(61) 3312-4000
	(61) 3312-8528
Comando do Exército	(61) 3415-5751
	(61) 3415-5813
	(61) 3429-1293
Comando da Marinha	(61) 9 9238-9790
	(61) 3429-1866
	(61) 3429-1874
Comando da Aeronáutica	(61) 2023-9400
	(61) 3966-9684
Polícia Rodoviária Federal	(61) 2025-6607

Tabela 36 – Órgãos do Estado do Rio de Janeiro que possuem atribuições em casos de desastres

Orgão	Telefone
SEA - Secretaria do Estado do Ambiente	(21) 2332-5609
SEDEC - Secretaria de Estado de Defesa Civil	(21) 2333-3123
SES - Secretaria de Estado da Saúde	0800 025 5525
PMERJ - Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro	(21) 3399-1199
CBMERJ - Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro	(21) 3806-5319
	0800 282 5070
	(21) 2334-9981
REDEC 8 – Defesa Civil Regional Serrana II	(22) 2533-0067
	(22) 99945-3147
	(22) 99953-8550

Tabela 37 – Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres

Município de Bom Jardim, RJ	
Orgão	Telefone
Defesa Civil Municipal	(22) 2566-2342
	(22) 99967-9029
	(22) 99953-8550
Município de Trajano de Moraes, RJ	
Orgão	Telefone
Defesa Civil Municipal	(22) 2564-2314
	(22) 98825-3672
	(22) 98876-0207
Município de Cordeiro, RJ	
Defesa Civil Municipal	(22) 2551-0145
	(22) 98165-2188
Município de Macuco, RJ	
Defesa Civil	(22) 2554-9100 ramal 227 (22) 98127-1183

### 7.2.1 Outros Órgãos

Os municípios atingidos são: Bom Jardim, Cordeiro, Trajano de Moraes e Macuco.

Órgãos municipais que possuem atribuições natas em relação aos desastres:

#### Município – MACUCO

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	R. Dr. Mario Freire Martins, 100 - Centro, Macuco - RJ, 28545-000	(22) 2554-9100 -
Secretaria Municipal de Defesa Civil	R. Dr. Mario Freire Martins, 100 - Centro, Macuco - RJ, 28545-000	(22) 2554-9100 - ramal:227
Delegacia de Polícia Civil	R. Ibrahim Roda, 2 - Parada Santo Expedito, Cordeiro - RJ, 28540-000	(22) 2551-0255
Secretaria Municipal da Saúde	Rua Francisco Lopes Martins, s/nº - Centro, Macuco – RJ, 28545-000	(22) 2554-1474

### Município – Bom Jardim

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	Praça Governador Roberto Silveira, 44 - Centro, Bom Jardim - RJ, 28.660-000	(22) 2566-2916 Fax: (22) 2566-2460
Secretaria Municipal de Defesa Civil	Praça Governador Roberto Silveira, 44 - Centro, Bom Jardim - RJ, 28.660-000	(22) 2566-2342
Polícia Civil	Praça Gov. Roberto Silveira, 170 Bom Jardim - RJ, 28.660-000	(22) 2566-2300
Polícia Militar	Rua Venâncio Pereira Veloso, 78 Centro, Bom Jardim – RJ, 28.660-000	190
Secretaria Municipal de Saúde	Praça Governador Roberto Silveira, 44 - Centro, Bom Jardim - RJ, 28.660-000	(22) 2566-2916 Fax: (22) 2566-2766
Destacamento de Bombeiro Militar	Rua Eno Feliciano Pinto, s/nº - São Miguel Bom Jardim – RJ 28.660-000	193 (22) 2566-6487

### Município – Cordeiro

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	R. Vereador José Regazzi, 86 - Centro Cordeiro - RJ, 28.540-000	(22) 2551-0145 (22) 2551-0593 (22) 2551-2473 (22) 2551-0616
Secretaria de Defesa Civil	Av. Pres. Vargas - Centro Cordeiro - RJ, 28.540-000	(22) 2551-0199
Delegacia de Polícia Civil	Av. Pres. Vargas, 296 Cordeiro - RJ, 28.540-000	(22) 2551-0122 Plantão: (22) 2555-4150 Plantão: (22) 2555-4241 Plantão: (22) 2555-4864 Plantão: (22) 2555- 5274 Fax: (22)2551-1499
Polícia Militar	R. Dr. Souza Mendes, s/n - Centro Cordeiro - RJ, 28.540-000	(22) 2551-0190
Secretaria Municipal da Saúde	Rua Cel. José Olímpio de Carvalho - Rodolfo Gonçalves Cordeiro – RJ, 28.540-000	(22) 2551-2245 (22) 2551-2588 contato@saudecordeiro.rj.gov.br
Destacamento de Bombeiro Militar	Parque de Exposições Raul Veiga, s/nº - Centro Cordeiro – RJ, 28.540-000	193 (22) 2551-0916

### Município – Trajano de Moraes

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	Praça Waldemar Magalhães, 1 – Centro Trajano de Moraes – RJ, 28.750-000	(22) 2564-1115
Secretaria Municipal de Defesa Civil	Rua Oliveira Botelho, S/Nº – Centro Trajano de Moraes – RJ, 28.750-000	(22) 2564-1131
Delegacia de Polícia Civil	Alameda Rui Barbosa, s/nº Trajano de Moraes – RJ, 28.750-000	Plantão: (22) 2564-2341
Secretaria Municipal da Saúde	Rua Dr. João Guimarães, S/Nº – Centro Trajano de Moraes – RJ, 28.750-000	(22) 2564-2292

## 8 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

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

### 8.1 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 Santa Rosa II. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme o gráfico abaixo.

O nível de **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.

Na Figura 52 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia de 1000 anos fica definido o nível de EMERGÊNCIA.

A Tabela 38 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

### 8.2 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 Santa Rosa II garante a integridade da estrutura e reduzem drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.**

A Tabela 38 apresenta os níveis de segurança para as condições estruturais na alínea b) juntamente com as providências a serem tomadas pela equipe de operação.

### 8.2.1 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:

#### 8.2.1.1 Inspeções Rotineiras

São aquelas que devem ser executadas pela equipe de manutenção ou empresa terceira especializada 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.

#### 8.2.1.2 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** ou conforme a classificação do barramento perante a RN ° 696/2015, da ANEEL. 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;



data da última calibração dos leitores utilizados para leitura dos instrumentos;  
condições climáticas;  
níveis operacionais e potência gerada no dia da inspeção;

- Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

### 8.2.1.3 Inspeções Segurança Especial

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

Depois de cheias e chuvas torrenciais com recorrência maior que 100 anos, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificados. O Aumento da vazão nos medidores de vazão ou subpressão nos piezômetros sem justificativas aparentes e, principalmente, com carreamento de material, motivam o acionamento do nível ATENÇÃO e estabelecem a necessidade de inspeção especial no local.

### 8.2.2 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 5, 7 ou 10 anos, conforme a classificação da barragem segundo RN nº 696/2015, da ANEEL.. Para a PCH Santa Rosa II, a RPS deve ser realizada a cada 7 anos, uma vez que o empreendimento está classificado como Classe B.

### 8.2.3 Tramitação das Informações

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.

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. No Fluxograma de Ações, em caso de caracterização de ação emergencial, deverá ser acionado o Fluxograma de Emergência., e concomitantemente acionar o documento PS-HSE-R-50-ERP-TIR 1 (Emergency Response Plan) e seus respectivos anexos, no caso da PCH Santa Rosa II / Anexo V.

**PCH SANTA ROSA II - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO**

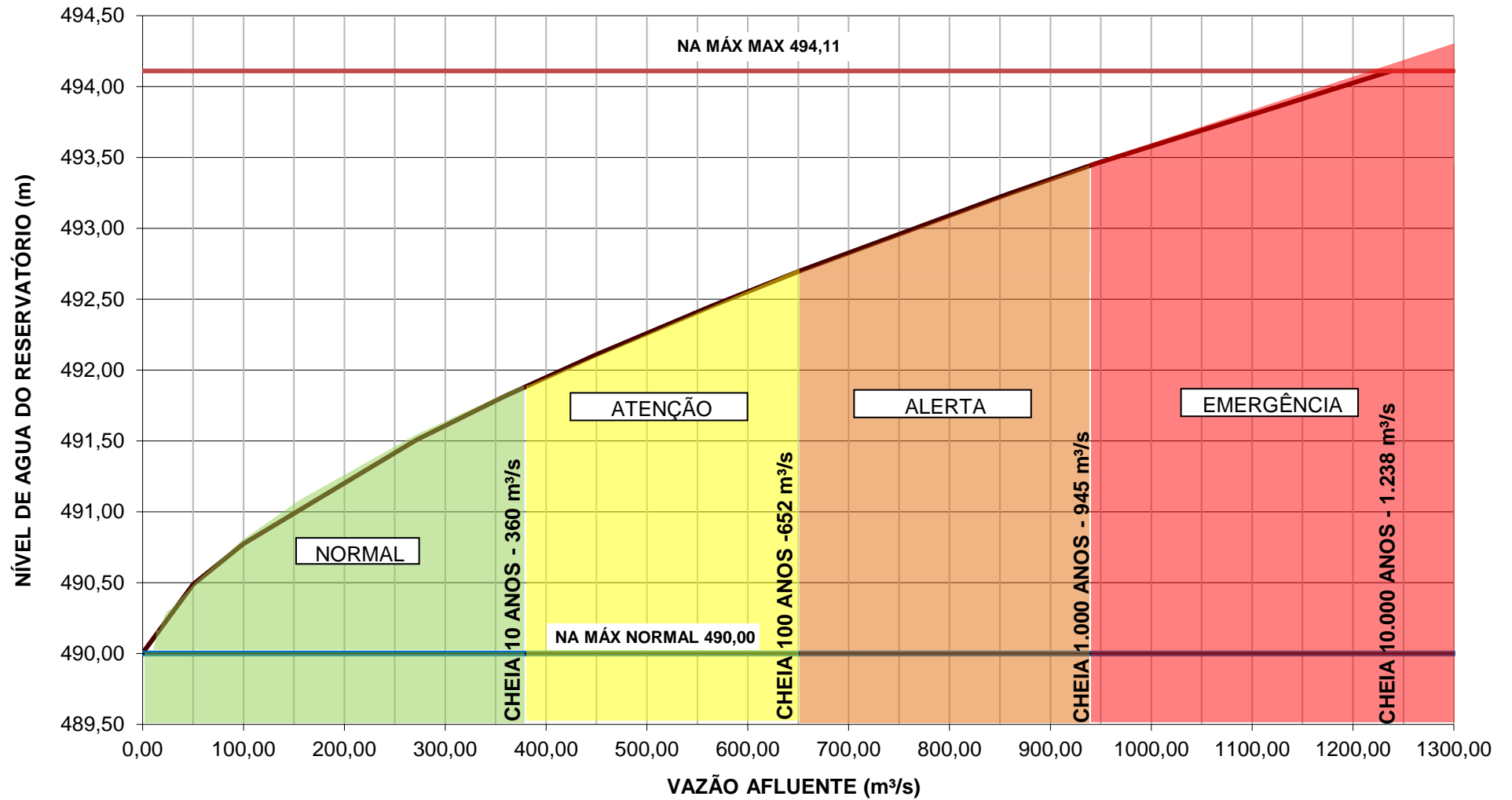


Figura 52 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 38 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

Nível de Segurança	Condições e Situações (OPERACIONAL (a) e CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS (b))
<b>Nível NORMAL (verde)</b> a) Operação normal das estruturas de descarga	a) cheia até 271 m³/s (TR até 5 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.
	a) cheia de 271 até 360 m³/s (TR entre 5 e 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.
<b>Nível ATENÇÃO (amarelo)</b> a) Aumento da condição hidrológica e localidades com possibilidade de alagamento a partir do eixo do barramento	a) cheia de 320 até 652 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com possibilidade alagamento em localidades dos municípios.
<b>Nível ALERTA (laranja)</b> a) Localidades com possibilidade de alagamento a partir do eixo do barramento b) Início Infiltração no bloco de concreto com qualquer condição hidrológica	a) cheia de 652 até 945 m³/s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente com alagamento em localidades do município → Retirada dos atingidos de jusante; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração.
<b>Nível EMERGÊNCIA (vermelho)</b> a) Localidades alagadas a partir do eixo do barramento ou galgamento da barragem a partir de TR 10.000 anos. b) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.	a) cheia de 945 até 1238 m³/s (TR entre 1.000 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente extrema com alagamento em localidades do município → Retirada dos atingidos de jusante; a) cheia a partir de 1238 m³/s (TR igual ou superior a 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de <b>galgamento</b> 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

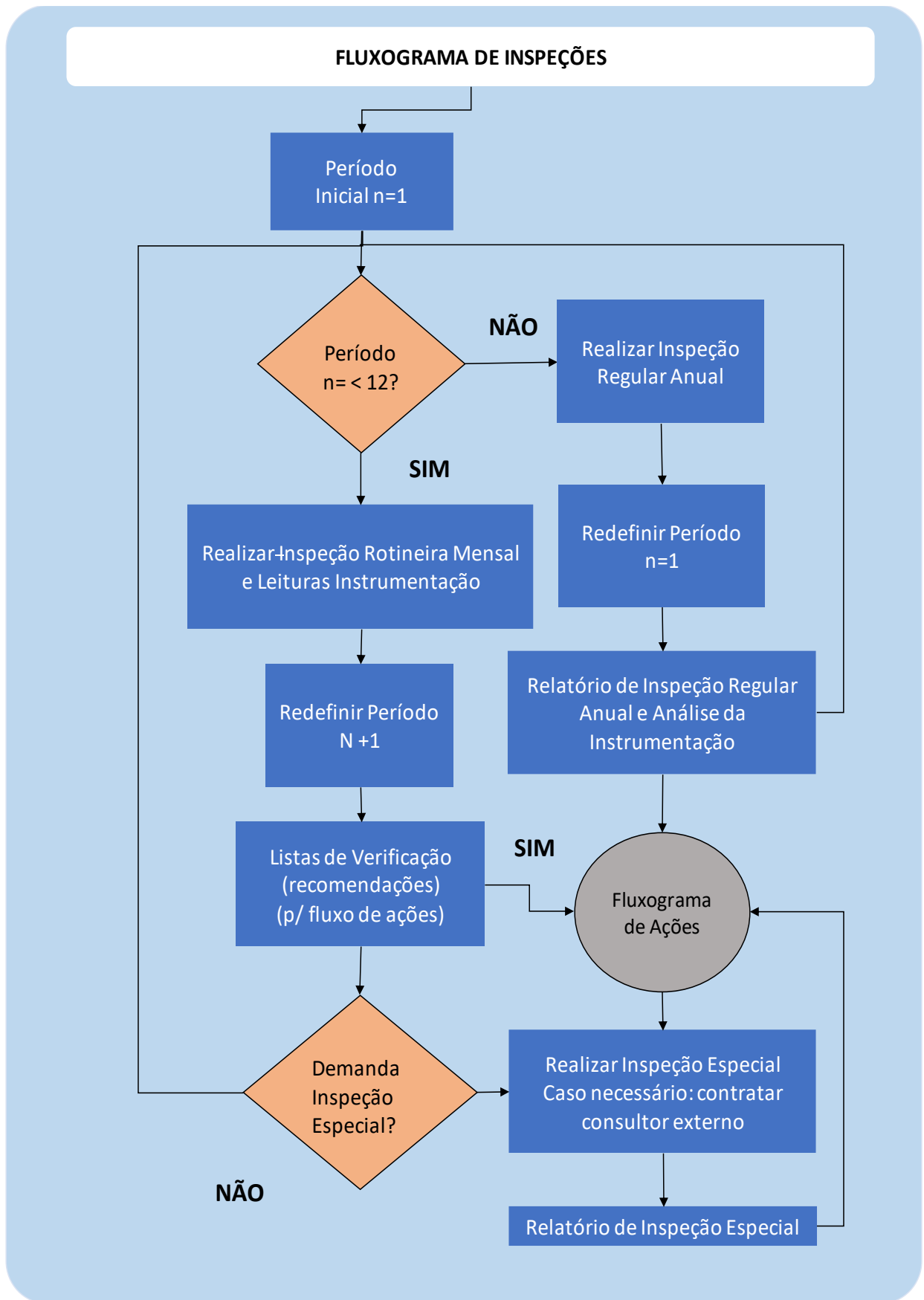
a) nível de segurança devido as condições hidrológicas;

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

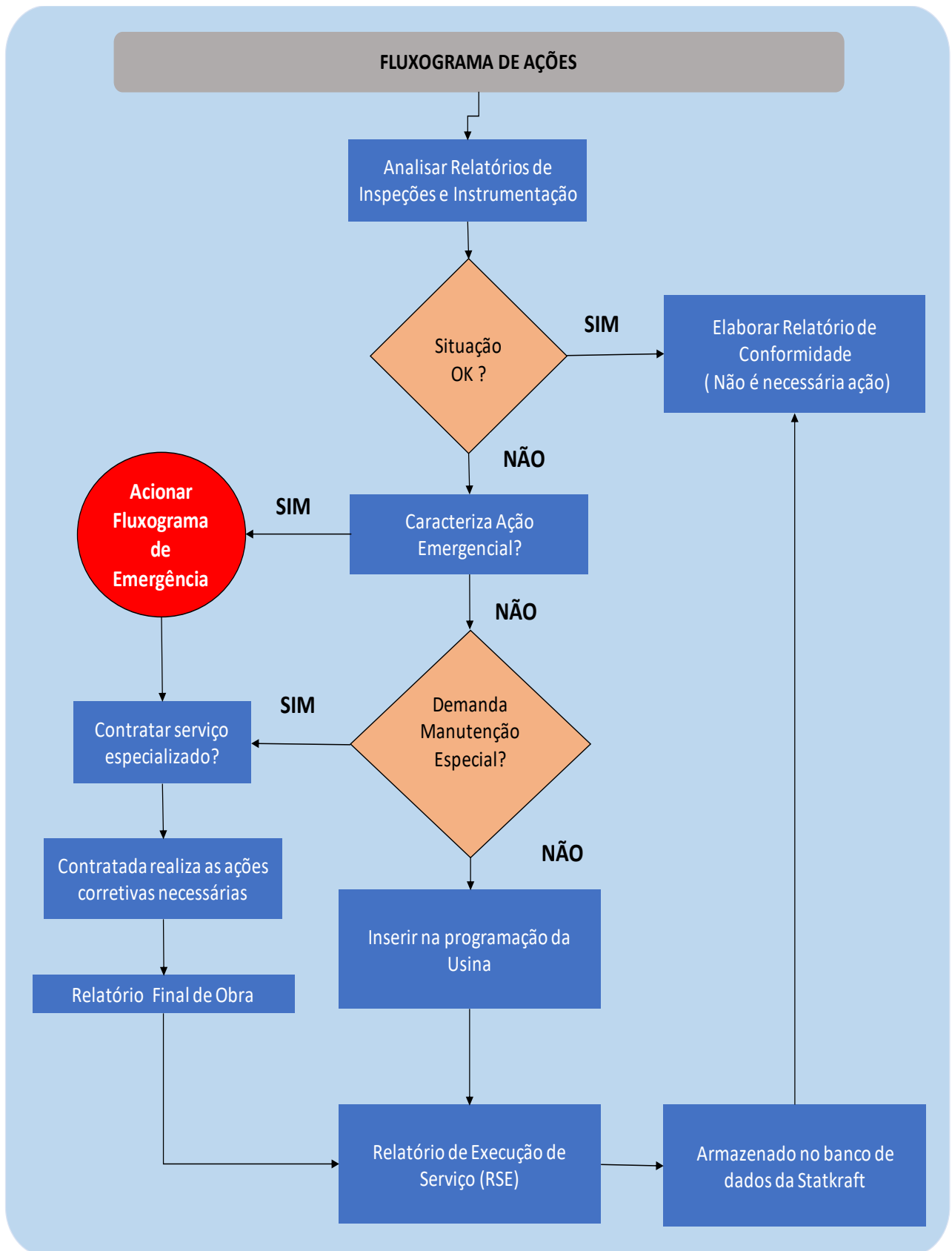
**EMERGÊNCIA** – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica formação de brecha ou em eventos extremos. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do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

## **9 RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS**

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

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

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

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

### **9.1 Agente Interno – SANTA ROSA S.A.**

O proprietário da Usina é a SANTA ROSA S.A., que 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;
- 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.

## 9.2 Agentes Externos

Os agentes externos diretos serão Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, e dos municípios de Bom Jardim, Cordeiro, Trajano de Moraes e Macuco, bem como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e Civil e, Secretaria da Saúde dos municípios destes municípios

### 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.

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

Após o término do Plano de Ação de Emergência, deverá ser realizada uma apresentação deste plano 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.

## 10 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 monitoramento 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 moradores de jusante da barragem, os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 10 anos para recomendação de evacuação da área, através das Defesas Civis municipais.

A partir de **critérios operacionais** direcionados conforme a Figura 52 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura e a Tabela 38 – Níveis de Segurança e risco Ruptura, e **critérios de conservação das estruturas**, as situações serão classificadas como a seguir, sendo a classificação final sempre a situação mais desfavorável entre os dois critérios (**operacional** e **conservação das estruturas**).

### 10.1 Situação NORMAL (verde)

#### OPERACIONAL:

Cheia até 360 m<sup>3</sup>/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 360 m<sup>3</sup>/s – TR 10 Anos**

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

**10.2 Situação de ATENÇÃO (Amarelo)****OPERACIONAL:****Cheia de 360 até 652 m<sup>3</sup>/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 360 até 652 m<sup>3</sup>/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.

**10.3 Situação de ALERTA (laranja)****OPERACIONAL:****Cheia de 652 até 945 m<sup>3</sup>/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 em localidades dos municípios a jusante (Mapas de Inundação TR 100 anos e TR 10.000 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 652 até 945 m<sup>3</sup>/s – TR entre 100 e 1.000 anos  
Infiltração sem controle com perda de massa da barragem**

- 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.

#### 10.4 Situação de EMERGÊNCIA (Vermelha)

**OPERACIONAL: Cheia de 945 até 1238 m<sup>3</sup>/s – TR entre 1.000 e 10.000 anos  
Cheia a partir de 1238 m<sup>3</sup>/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 a cota 494,11m**

- 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)**

## 11 ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS

O desenho 1 - SRO-C-AGE-001-00-18 apresenta localização e acessos a PCH Santa Rosa II e o desenho 2 - SRO-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 moradores de jusante da barragem devem ser avisados através de suas respectivas Defesas Civis Municipais a partir de cheias de 10 anos de recorrência (360 m<sup>3</sup>/s) para evacuação da área ou em uma eventual ruptura da barragem.

### 11.1 Acessos

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

### 11.2 Propriedades Atingidas

As propriedades nas seções SL-117, SL-97, SL-94, SL-90, SL-75, SL-73, SL-67, SL-65 e SL-63 são atingidas em condições de enchente e em caso de rompimento do barramento e estão dentro da área de autossalvamento. Como estão muito próximas da barragem o tempo de chegada e de pico da onda nessas seções é bastante curto sendo então necessário a evacuação desses locais o mais breve possível na ocorrência da **EMERGÊNCIA**.

Após a seção SL-63 ocorrem diversas propriedades onde já ocorrem alagamentos com o nível de cheia a partir de 100 anos e devem ser alertados os órgãos responsáveis conforme já mencionado.

Todas as seções indicadas se referem a pontos estratégicos de infraestrutura a jusante do barramento de Santa Rosa II 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 as possuem risco.

A Tabela 39 indica o resultado da simulação dos estudos para as seções de interesse que ocorre inundação.

Os mapas de inundação para o tempo de recorrência de 100 e 10.000 anos foram obtidos nas seguintes simulações:

- SRO-C-MPI-004-00-18 – Mapa de Inundação – TR 100 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 05;
- SRO-C-MPI-005-00-18 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 05.

Os mapas estão apresentados no Volume II – Anexo III.

Já o mapa da zona de autossalvamento está apresentando para pior condição que é a inundação com tempo de recorrência de 10.000 anos associado ao rompimento da barragem:

- SRO-C-MPI-006-00-18 – Zona de Autossalvamento – Natural e Dam Break – TR 10.000 Anos – Folhas 01 e 02.

Tabela 39 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Santa Rosa II

Seções de Interesse	Distância da Barragem PCH Santa Rosa II (km)	DB 100 anos										DB 10.000 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				
<b>Barragem Santa Rosa II - Tempo após Rompimento</b>																			
Rio Grande	117	Propriedades	5,12	401,67	408,06	6,39	00:10	00:45	05:50	0,68	2165,59	404,74	409,29	4,55	00:07	00:40	21:48	0,67	2577,25
	97	Propriedades	8,95	378,69	382,25	3,56	00:15	01:10	06:45	2,5	2036,94	380,52	383,02	2,50	00:15	01:02	22:40	2,59	2462,38
	94	Propriedades	9,66	378,17	381,42	3,25	00:20	01:13	07:40	1,35	2018,11	379,81	382,15	2,34	00:15	01:05	22:40	1,5	2447,21
	90	Propriedades	10,34	377,68	380,57	2,89	00:22	01:15	07:38	2,71	2014,62	379,12	381,24	2,12	00:18	01:05	22:37	2,89	2442,93
	75	Propriedades	13,26	363,27	367,38	4,11	00:30	02:20	08:30	1,03	1348,52	366,84	370,86	4,02	00:25	02:55	22:30	0,72	1511,84
	73	Casa de Força-PCH Sta Rosa II	13,71	363,05	367,28	4,23	00:30	02:22	08:30	1,02	1318,06	366,73	370,83	4,10	00:25	02:56	22:30	0,74	1511,58
	67	Propriedades	14,66	362,07	366,93	4,86	00:35	02:30	09:25	0,95	1252,06	366,34	370,70	4,36	00:30	03:00	23:25	0,58	1500,43
	65	Ponte	15,01	361,92	366,84	4,92	00:35	02:30	09:25	1,33	1241,89	366,24	370,64	4,40	00:30	03:00	24:25	1,09	1497,1
	63	Propriedades	15,53	361,69	366,80	5,11	00:35	02:32	09:25	1,12	1241,86	366,18	370,64	4,46	00:30	03:00	24:25	0,83	1498,45
	60	Propriedades	16,13	360,88	366,58	5,70	00:40	02:35	10:20	1,61	1232,26	365,93	370,53	4,60	00:35	03:00	26:20	1,26	1496,06
	58	Propriedades	16,46	360,41	366,57	6,16	00:45	02:35	10:15	1,16	1232,08	365,90	370,54	4,64	00:40	03:00	26:15	0,85	1496
	53	Propriedades	17,51	359,40	366,47	7,07	00:45	02:35	12:15	0,65	1230,74	365,78	370,50	4,72	00:40	03:00	26:45	0,48	1495,82
	51	Propriedades	17,86	359,22	366,45	7,23	00:45	02:36	12:15	0,51	1230,28	365,75	370,49	4,74	00:41	03:03	26:46	0,41	1495,89
	45	Propriedades	18,50	351,36	352,66	1,30	00:50	02:38	12:10	2,54	1209,12	352,56	353,02	0,46	00:43	03:05	28:12	2,79	1495,78
	40	Propriedades	19,26	346,62	348,51	1,89	00:50	02:45	12:10	2,07	1229,28	348,33	349,63	1,30	00:45	03:20	28:10	2,04	1493,65
	37	Propriedades	19,86	345,86	348,04	2,18	00:50	02:48	12:10	1,59	1228,97	347,83	349,33	1,50	00:45	03:20	28:10	1,46	1493,55
	32	Propriedades	20,71	338,52	339,87	1,35	01:00	02:50	12:00	1,14	1192,41	339,75	340,34	0,59	00:55	03:25	28:00	1,27	1493,48
28	Propriedades	21,46	336,89	337,13	0,24	01:15	03:00	11:45	0,92	1225,49	336,92	338,36	1,44	00:55	03:27	28:00	0,95	1492,5	
27	Propriedades	21,70	330,07	330,07	0,00	01:20	03:00	11:40	8,48	1245,99	330,08	330,08	0,00	00:55	03:30	28:00	8,47	1246,9	
8	Propriedades	24,35	308,70	309,97	1,27	01:30	03:15	11:30	1,52	1223,83	309,87	310,57	0,70	01:05	03:35	27:50	1,51	1491,87	

(\*) Até SL-63 – região de autossalvamento.

(\*\*) Destacados propriedades atingidas conforme condição.

### 11.3 Zona de Autossalvamento– ZAS

Estudos de rompimentos em barragens indicam que a área de maior risco a população se encontra no trecho entre a barragem e 10 km a jusante ou o local onde o início da onda de cheia demore 30 minutos para chegar, sendo considerado sempre o ponto mais distante entre os dois critérios. Essa área é chamada de Zona de Autossalvamento (ZAS), pois em caso de rompimento não há tempo hábil para a chegada de socorro sendo que a população atingida deve sair da área de risco por conta própria mediante aviso de emergência.

No estudo de rompimento da barragem da PCH Santa Rosa II o local do limite da ZAS se encontra a 15,53 km de distância da barragem sendo nesse caso o critério de 30 minutos da chegada da onda de cheia para a pior condição de estudo que é o rompimento com a cheia de 10.000 anos.

Dentro da ZAS existem aproximadamente (09) regiões (casas e edificações) no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia que resultante da ruptura da barragem. Na Tabela 40 apresenta-se a sua localização e principais características.

Tabela 40 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem

PAE DA BARRAGEM SANTA ROSA II					
Infraestrutura e Edificações na ZAS					
Denominação	Descrição	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância do barramento (Km)	Cota (m) - TR=10.000
SL-117	Propriedades	-22° 06' 50,41"	-48° 17' 37,64"	5,12	409,29
SL-97	Propriedades	-22° 07' 03,99"	-48° 15' 46,58"	8,95	383,02
SL-94	Propriedades	-22° 06' 44,17"	-48° 15' 52,29"	9,66	382,15
SL-90	Propriedades	-22° 06' 22,63"	-48° 15' 56,86"	10,34	381,24
SL-75	Propriedades	-22° 05' 51,40"	-48° 16' 31,39"	13,26	370,86
SL-73	Casa de Força-PCH Sta Rosa II	-22° 05' 45,23"	-48° 16' 43,67"	13,71	370,83
SL-67	Propriedades	-22° 05' 28,11"	-48° 16' 18,89"	14,66	370,7
SL-65	Ponte	-22° 05' 21,27"	-48° 16' 10,95"	15,01	370,64
SL-63	Propriedades	-22° 05' 10,82"	-48° 16' 07,26"	15,53	370,64

Próximo as propriedades atingidas foram identificadas áreas de fuga onde não há o risco de inundação e devem ser definidas como ponto de encontro da população residente na zona de autossalvamento. A população dessas áreas deve ser orientada a identificar e se locomover para as áreas de fuga em caso de situações de emergência com risco de rompimento da barragem.

As edificações atingidas e as áreas de fuga estão identificadas no Mapa Zona de Autossalvamento SRO-C-MPI-006-00-18 no Volume II – Anexo IV.



## 12 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

### 12.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de sistema de alerta sonoro por sirenes instaladas em toda a Zona de Autossalvamento, bem como através de contato telefônico com a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, Defesas Civas municipais, Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, Polícia Civil e Prefeituras dos municípios de Bom Jardim, Cordeiro, Trajano de Moraes e Macuco (atingidos).

### 12.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo fluxograma que mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, COS-Florianópolis e SANTA ROSA S.A., e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil do estado de Rio de Janeiro, bem como Defesa Civil municipais, e Prefeituras dos municípios de Bom Jardim, Cordeiro, Trajano de Moraes e Macuco.

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

Este fluxograma deverá ser acionado nas seguintes hipóteses:

- Cheias ocorridas a partir do **tempo de recorrência de 1.000 anos**, ou seja, **vazão afluente maior que 945 m<sup>3</sup>/s**, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição os proprietários atingidos deverão ser avisados para evacuação da área de inundação;
- Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.

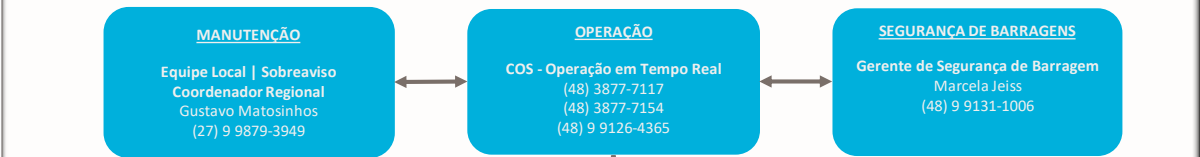
**Como o risco de galgamento da barragem da PCH Santa Rosa II em condições normais de operação é baixo, quase nulo, a segurança da estrutura depende da qualidade do monitoramento e da agilidade na recuperação de eventuais danos estruturais.**

O rebaixamento do reservatório é uma condição possível de ser realizada (em condições hidrológicamente favoráveis) até o limite imposto pela tomada de água 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.

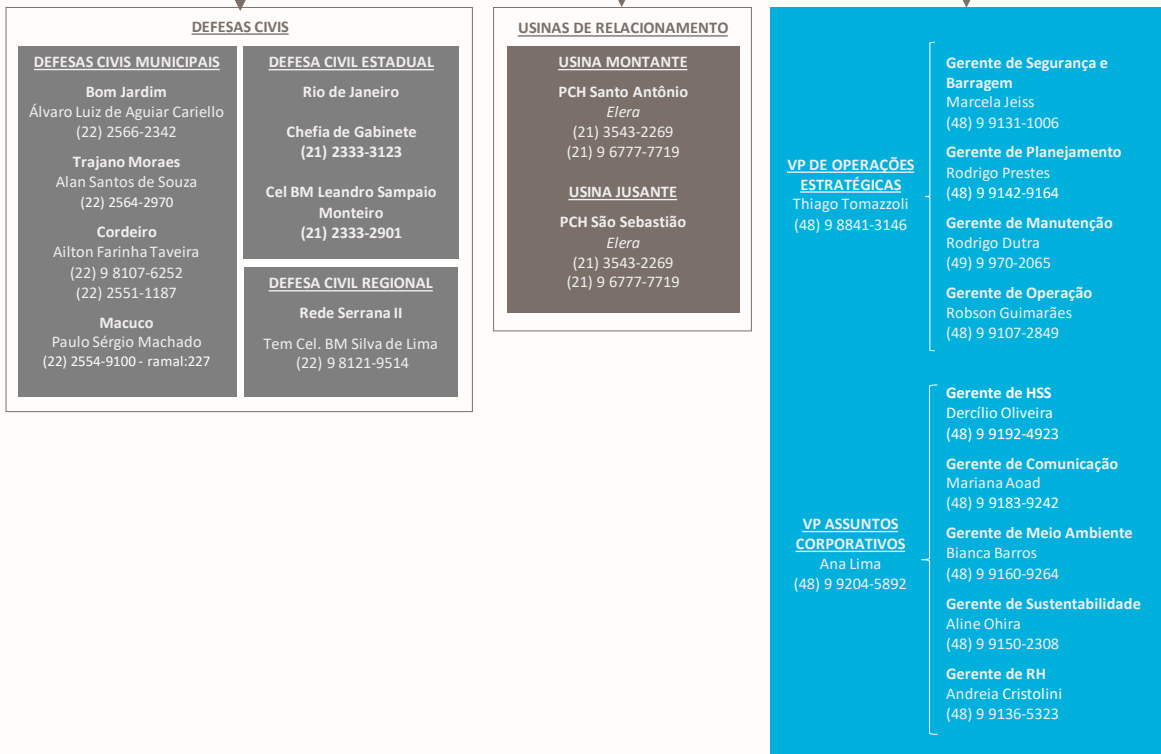
**FLUXO DE ACIONAMENTO DO PAE** Atualizado: 29/06/2023

**PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PCH SANTA ROSA II**

COORDENAÇÃO PAE



**TIER\* 1**



**TIER\* 2**



**LEGENDA:**

- Relacionamento Interno
- Acionamento Externo
- Notificação Externa
- Comunicar
- Acionar

**OUTRAS ENTIDADES PARA CONSULTA**  
(INPE; IMET; CEMADEN; CENAD; CEDEC)

Nota: \* **TIER** - Nível da situação do plano de resposta à emergência (ERP) interno da empresa, que promove notificações de caráter corporativo.

### **12.3 Plano de Segurança e Contingências**

O Plano de Segurança e Contingências da PCH Santa Rosa II 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 Santa Rosa II, 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.

### 13 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:

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

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor:

\_\_\_\_\_  
Entidade Fiscalizadora: Agência Nacional de Energia Elétrica

\_\_\_\_\_  
SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL DO ESTADO - RJ - SEDEC

\_\_\_\_\_  
SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL – BOM JARDIM E CORDEIRO

\_\_\_\_\_  
Barragens a montante: PCH Santo Antônio

\_\_\_\_\_  
Barragem a jusante: PCH São Sebastião do Alto

\_\_\_\_\_  
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.)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 14 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 41).

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

Tabela 41 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado - RJ - SEDEC	1
Secretaria Municipal De Defesa Civil – Bom Jardim	1
Secretaria Municipal De Defesa Civil – Macuco	1
Secretaria Municipal De Defesa Civil – Trajano de Moraes	1
Secretaria Municipal De Defesa Civil – Cordeiro	1
Prefeitura – Macuco	1
Prefeitura – Bom Jardim	1
Prefeitura – Trajano de Moraes	1
Prefeitura – Cordeiro	1

## 15 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 de Ação de Emergências realizar novos levantamentos cartográficos/topográficos de modo a melhorar a precisão dos dados e dos mapas de inundação obtidos bem como novas simulações de cheia e rompimentos com todos os dados de topografia, hidrologia e sócio econômicos atualizados.

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.

**Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR 10 anos ( $Q \Rightarrow 360 \text{ m}^3/\text{s}$ ) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil, em particular a calha do vertedouro no trecho em rocha sã. Essa inspeção pode ser realizada pela equipe de segurança de barragem do empreendedor.**

**Recomenda-se após condição de cheia igual ou maior que TR 100 anos ( $Q \Rightarrow 652 \text{ m}^3/\text{s}$ ) seja realizada uma inspeção de Segurança Especial na estrutura do barramento e região do entorno. Essa inspeção deve ser realizada por equipe de consultores especialistas.**



## 16 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.

## 17 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](http://www.prpb.mpf.gov.br)>. Acesso em 23/09/2008.

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

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

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

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

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

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

LEI Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010, **Política Nacional de Segurança de Barragens**, Presidência da República.

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.

## **18 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**