



CONTRATO:		Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 Prestação de serviços de estudos hidrológicos, análise de cenários de rompimento hipotético (Dam-Break), elaboração e fornecimento dos mapas de inundação para as os complexos: UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera.				Nº 1042-PB-12-GL-810-RT-0001	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:		Arthur Santos Coelho – CREA 5070469089-SP Darci Luis Bertin – CREA 5063475179-SP					
CLIENTE:		CESP – COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO					
TÍTULO:		UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK					
ÍNDICE DE REVISÕES							
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS						
0	Emissão Inicial.						
1	Adequações sugeridas pela CESP.						
2	Atendimento a comentários CESP.						
3	Atendimento a comentários CESP (Inclusão dos Anexos 6 e 7).						
	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6
DATA	31/07/2020	20/08/2020	21/09/2020	10/11/2020			
PROJETO	COBE	COBE	COBE	COBE			
EXECUÇÃO	ACL/ASC	ACL/ASC	ACL/ASC	ACL/ASC			
VERIFICAÇÃO	ASC	ASC	ASC	ASC			
APROVAÇÃO	DLB	DLB	DLB	DLB			

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 2 de 58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	3
3. METODOLOGIA	3
4. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	3
4.1. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	3
4.2. ARRANJO GERAL.....	4
4.3. CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO	7
5. PREMISSAS E CRITÉRIOS	8
5.1. CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO	8
5.2. HIDROGRAMAS DE RUPTURA	8
5.2.1. Volume de Água Mobilizado.....	8
5.2.2. Parâmetros da Brecha	10
5.2.3. Desenvolvimento do Hidrograma de Ruptura	13
5.3. PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS	15
5.3.1. Caracterização do Trecho de Propagação	15
5.3.2. Coeficientes de Manning	16
5.3.3. Condições Iniciais e Condições de Contorno.....	16
5.3.5. Modelo Numérico	17
5.4. MAPAS DE INUNDAÇÃO	17
5.4.1. Seções Transversais.....	17
5.4.2. Parâmetros de Inundação	17
6. RESULTADOS.....	18
6.1. PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS	18
6.1.1. UHE SANTA BRANCA.....	20
6.2. MAPAS DE INUNDAÇÃO	22
7. CONCLUSÃO.....	22
8. ANEXOS	24
9. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIAS	24

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 3 de 58

1. INTRODUÇÃO

Este relatório caracteriza e apresenta os resultados da simulação de ruptura da UHE Paraibuna para diversos cenários de análise.

2. OBJETIVOS

O presente relatório possui o objetivo principal de apresentar os resultados da simulação de ruptura da UHE Paraibuna para diversos cenários hipotéticos. Os objetivos secundários são:

- a- Caracterizar o empreendimento;
- b- Descrever as premissas e critérios adotados;
- c- Apresentar a propagação dos hidrogramas de ruptura;
- d- Resumir o potencial de inundação do cenário mais crítico.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para construção do estudo de ruptura hipotética (Dam Break) da UHE Paraibuna está sintetizada nas seguintes fases:

- Avaliação dos dados e documentos existentes no empreendimento;
- Estudo de atualização das vazões máximas afluentes;
- Escolha dos cenários de ruptura;
- Definição dos parâmetros da brecha;
- Estimativa do hidrograma de ruptura;
- Propagação do hidrograma de ruptura;
- Mapeamento das áreas potencialmente inundáveis.

4. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

4.1. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A Usina de Paraibuna está localizada no município de Paraibuna, no Estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas: Latitude -23.410963° e Longitude -45.597630°.

O reservatório da usina é formado pelas barragens de Paraitinga e Paraibuna, localizadas na confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna, situado na cabeceira da bacia do rio Paraíba do Sul que se localiza na região Sudeste do Brasil. A Figura 1 apresenta a localização da UHE Paraibuna.



Figura 1 – Localização da UHE Paraibuna.

4.2. ARRANJO GERAL

A finalidade principal da UHE Paraibuna é a geração de energia elétrica, além de propiciar a regulação de vazões e abastecimento de água. A Tabela 1 apresenta as características gerais da UHE Paraibuna. O arranjo geral da UHE Paraibuna é apresentado de forma esquemática na Figura 2.

UHE Paraibuna		
Denominação	UHE Paraibuna	
Empreendedor	CESP	
Entidade fiscalizadora	Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL	
Localização		
Rio	Paraibuna e Paraitinga	
Município	Paraibuna	
Estado	SP	
Coordenadas	Lat: -23.410963°/Long: -45.597630°	
Dique Paraitinga		
Tipo de barramento	Terra	
Altura máxima do barramento	104	m
Cota da crista	719	m
Comprimento da crista	1116	m
Dique 5		
Tipo de barramento	Terra	
Altura máxima do barramento	47	m

Cota da crista	719	m
Comprimento da crista	210	m
Barramento Principal – UHE Paraibuna		
Tipo de barramento	Terra	
Altura máxima do barramento	94	m
Cota da crista	719	m
Comprimento da crista	1295	m
Reservatório		
Cota do NA mínimo operacional	694.6	m
Cota do NA máximo operacional	714	m
Cota do NA máximo excepcional	716.5	
Volume máximo	4963000000	m ³
Volume máximo	4963,3	hm ³
Vertedouro		
Tipo	Tulipa	
Cota da soleira	714	m
Diâmetro	27	m
Descarga máxima	671	m ³ /s
Válvulas Dispersoras		
Diâmetro	1.5	m
Quantidade	2	
Descarga máxima total 2 válvulas	110	m ³ /s

Tabela 1 – Características gerais da UHE Paraibuna.

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 6 de 58



Figura 2 – Arranjo geral esquemático da UHE Paraibuna.

4.3. CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO

A curva cota-área-volume do reservatório de Paraibuna foi fornecida pela CESP, o levantamento foi executado em julho de 2019. A Tabela 2 apresenta os dados levantados de forma resumida e a Figura 3 apresenta a curva cota-área-volume.

Cota (m)	Área (km²)	Volume (hm³)
610	0.0	0.0
630	1.3	5.9
650	10.2	97.9
670	30.3	477.7
680	50.9	875.2
690	78.3	1518.2
700	113.9	2472.3
710	159.1	3839.3
714	176.1	4509.7
716.5	186.7	4963.3
718	193.1	5248.1
719	197.3	5443.3

Tabela 2 – Dados levantados em julho de 2019.

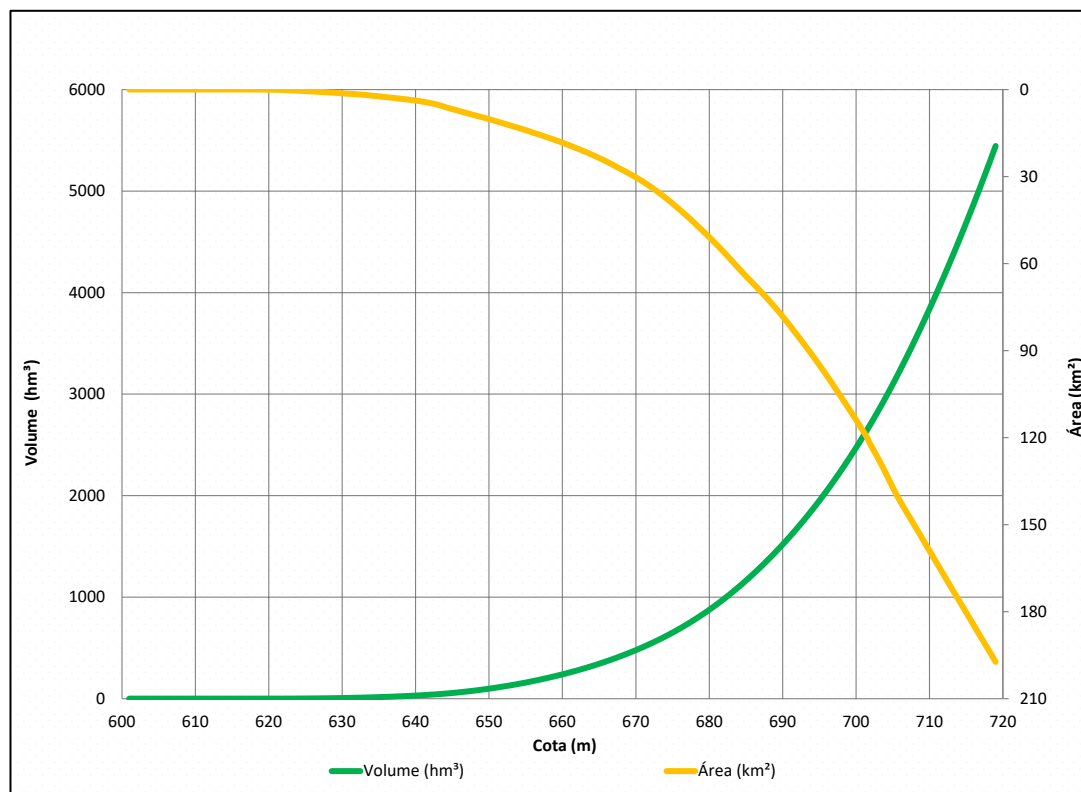


Figura 3 – Curva Cota-Área-Volume do Reservatório de Paraibuna em julho de 2019.

5. PREMISSAS E CRITÉRIOS

5.1. CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

Os cenários de simulação foram definidos em função das características da UHE Paraibuna, das condições hidrológicas associadas ao evento da ruptura e de alguns tipos de ruptura em barragens de terra. A Tabela 3 sintetiza todos os cenários avaliados.

Condição Hidrológica	Tipo de Ruptura	Estrutura de Ruptura	Cenário
Dia Chuvoso (TR=10.000 anos)	Tubular Regressiva	Barragem Paraibuna	1
		Dique Paraitinga	2
		Dique 5	3
Dia Chuvoso (TR=10.000 anos)	Galgamento	Barragem Paraibuna	4
		Dique Paraitinga	5
		Dique 5	6
Dia Ensolarado	Tubular Regressiva	Barragem Paraibuna	7
		Dique Paraitinga	8
		Dique 5	9

Tabela 3 – Cenários de Simulação.

5.2. HIDROGRAMAS DE RUPTURA

5.2.1. Volume de Água Mobilizado

Como premissa de análise, foi considerado, em todos os cenários, que o nível de água estaria na cota máxima maximorum, ou seja, na cota 716,5 m.

O reservatório possui uma divisão natural que pode ser verificada na Figura 4. Essa divisão faz com que o volume de água mobilizável seja diferente para cada estrutura rompida. Na verdade, o que se observa é a existência de dois reservatórios que se conectam quando o nível d'água atinge a cota de aproximadamente 680 m. Para estimar os volumes mobilizados em cada estrutura foi necessário estimar a curva cota-volume em cada reservatório até a cota de conexão entre eles (cota 680 m). Esse procedimento foi realizado por meio do software HEC RAS 5.0.7 tendo como base o modelo digital de terreno do reservatório fornecido pela CESP. A Figura 5 apresenta os volumes estimados, assim como o volume na cota 716,5 m.

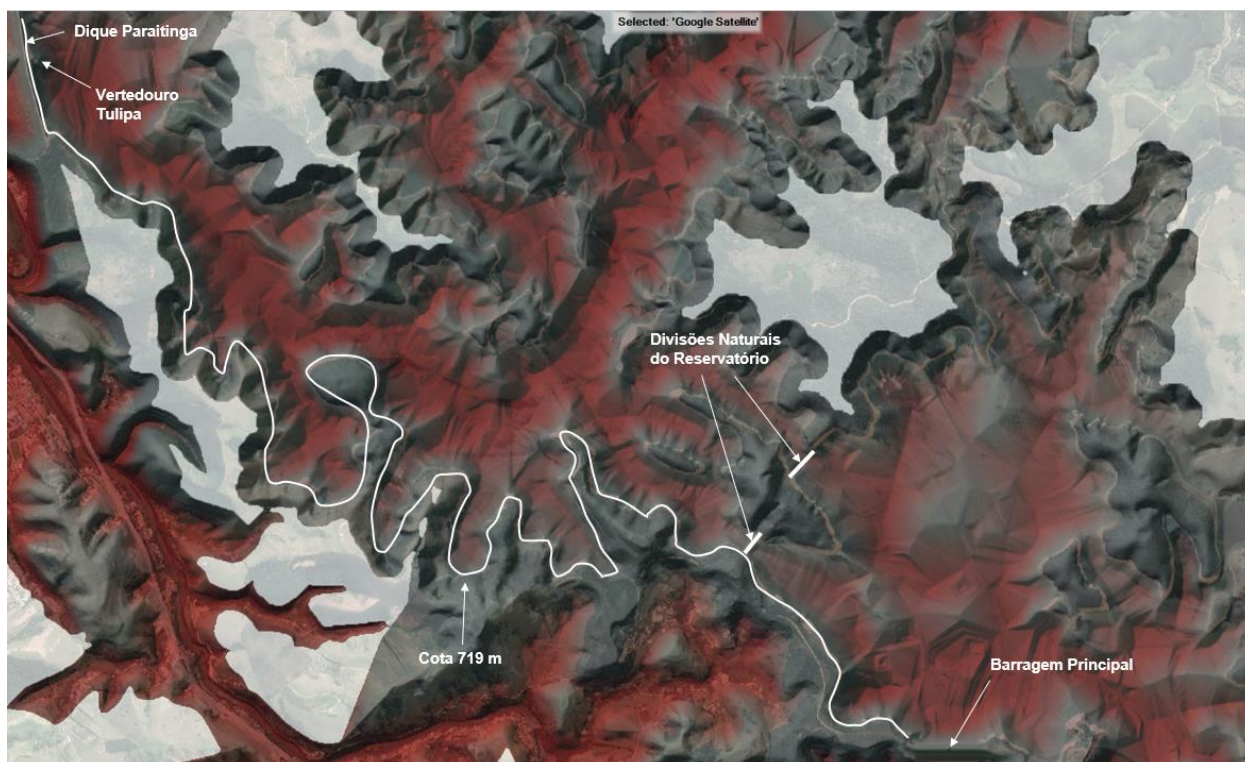


Figura 4 – Divisão natural existente no reservatório.

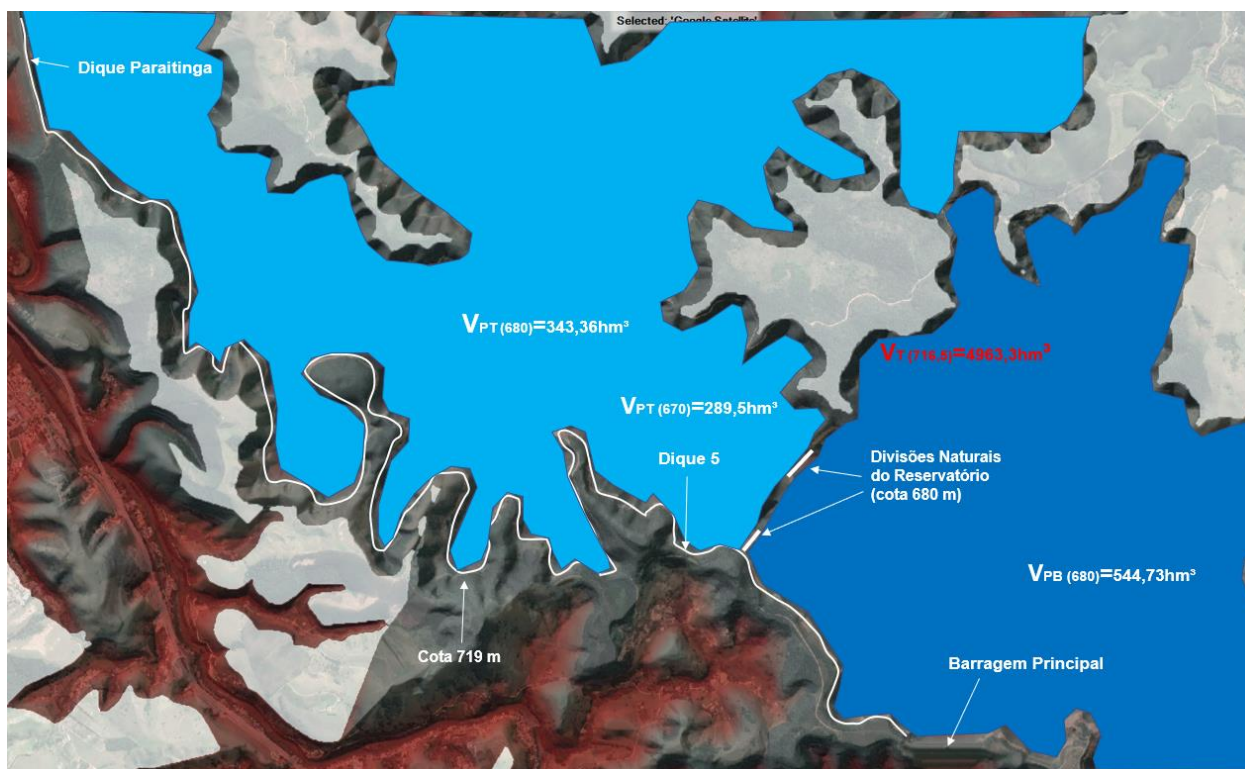


Figura 5 – Volumes associados a divisão do reservatório.

A determinação dos volumes mobilizados para cada estrutura foi feita da seguinte forma:

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 10 de 58

Barragem Principal: $V_{mob} = V_T - V_{PT(680)} \rightarrow 4619,94 \text{ hm}^3$

Dique Paraitinga: $V_{mob} = V_T - V_{PB(680)} \rightarrow 4418,57 \text{ hm}^3$

Dique 5: $V_{mob} = V_T - V_{PB(680)} - V_{PT(670)} \rightarrow 4129,10 \text{ hm}^3$

Onde:

V_{mob} representa o volume mobilizado;

V_T representa o volume total do reservatório (Paraitinga e Paraibuna);

$V_{PT(680)}$ representa o volume do reservatório Paraitinga na cota 680 m;

$V_{PT(670)}$ representa o volume do reservatório Paraitinga na cota 670 m;

$V_{PB(680)}$ representa o volume do reservatório Paraibuna na cota 680 m.

5.2.2. Parâmetros da Brecha

A definição dos parâmetros da brecha em estudos de ruptura hipotética de barragens é feita por formulações semiempíricas desenvolvidas por meio de retroanálises de rupturas ocorridas. Existem diversas formulações propostas, no entanto a variação de resultados para um mesmo barramento é frequentemente grande.

Visando aumentar a confiabilidade dos parâmetros definidos por meio dessas formulações, adotou-se o critério da redundância ao invés da escolha de um único método semiempírico para o cálculo dos parâmetros da brecha.

Os parâmetros a serem definidos são dois, a saber:

- Largura média da brecha (B_{bre})
- Tempo de formação da brecha ou tempo de ruptura (t_{rup})

As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, as formulações utilizadas no cálculo da largura da brecha e do tempo de formação da brecha.

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 11 de 58

TIPO DE BARRAGEM	AUTOR	FORMULAÇÃO	
TERRA	FREAD e HARBAUGH, 1973	$B_{bre} = 2,14764k_0(V_{res}H_{barr}B_{barr})^{0,25}$	
	JOHNSON e ILLES, 1976	$0,5H_{barr} \leq B_{bre} \leq 3 H_{barr}$	
	FERC, 1987	$2H_{barr} \leq B_{bre} \leq 4H_{barr}$	
	SINGH, 1989	$2H_{barr} \leq B_{bre} \leq 5H_{barr}$	
	USBR, 1989	$H_{barr} \leq B_{bre} \leq 3 H_{barr}$	
	FROEHLICH, 1987	$\bar{B}_{bre} = 0,47 k_0 \left(\frac{V_{res}}{H_{bre}} \right)^{0,5}$ $k_0 = 1,4$ para galgamento $k_0 = 1$ para rupturas não hidrológicas	
	FROEHLICH, 1995	$\bar{B}_{bre} = 0,47 k_0 V_{hid}^{0,32} H_{bre}^{0,19}$ $k_0 = 1,4$ para galgamento $k_0 = 1$ para rupturas não hidrológicas	
	FROEHLICH, 2016	$\bar{B}_{bre} = 0,23 k_0 V_w^{1/3}$ $k_0 = 1,5$ para galgamento $k_0 = 1$ para rupturas não hidrológicas	
	VON THUN e GILLETTE, 1990	$B_{bre} = 2,5 H_{hid} + C_b$	
		Volume do reservatório (m³)	C _b (m)
		< 1,23 x10 ⁶	6,1
		1,23 x 10 ⁶ - 6,17 x10 ⁶	18,3
6,17 x 10 ⁶ - 2,13 x10 ⁷		42,7	
> 1,23 x10 ⁷	54,9		
WISEU, 1994	$B_{ibre} \approx 2,5H_{barr}$		

Tabela 4 – Formulações para estimativa de largura média de brecha em barragens de terra.

TIPO DE BARRAGEM	AUTOR	TEMPO DE FORMAÇÃO DA BRECHA (TEMPO DE RUP)
TERRA	SINGH, 1989.	$0,25 \text{ h} \leq t_{rup} \leq 1,0 \text{ h}$
	FERC 1997.	$0,1 \text{ h} \leq t_{rup} \leq 1,0 \text{ h}$
	USBR 1988.	$t_{rup} = 0,011 B_{bre}$
	USBR 1989.	$0,5 \text{ h} \leq t_{rup} \leq 3 \text{ h}$
	FROEHLICH, 1987.	$t_{rup} = 0,007 \sqrt{\left(\frac{V_{res}}{(H_{bre})^2}\right)}$
	FROEHLICH, 1995.	$t_{rup} = 0,00254 \left(\frac{V_{hid}^{0,53}}{H_{bre}^{0,9}}\right)$
	FROEHLICH, 2016.	$t_{rup} = 0,0167 \sqrt{\frac{V_{res}}{g H_{bre}^2}}$
	Von THUN e GILETTE, 1990.	$t_{rup} = 0,02 H_{hid} + 0,25$
	Von THUN e GILETTE, 1990.	$t_{rup} = \frac{B_{bre}}{4 H_{hid}}$
	FREAD e HARBAUGH, 1973	$t_{rup} = 0,00714 V_{res}^{0,47} H_{bre}^{-0,9}$

Tabela 5 – Formulações para estimativa do tempo de formação da brecha.

Onde:

 V_{res} = Volume do reservatório da barragem no momento da ruptura [m³] (Volume mobilizado); H_{hid} = Altura hidráulica [m]; H_{barr} = Altura da barragem [m].

A partir dos valores obtidos, foi feita uma análise estatística com a finalidade de expurgar valores incoerentes com o caso em questão, tal metodologia é usada com frequência em projetos de engenharia. Inicialmente foi obtida a média e o desvio padrão dos valores calculados por todas as formulações apresentadas. Posteriormente, foi definido um limite superior e inferior de aceitação. Esses limites foram calculados da seguinte forma:

$$\text{Limite Superior} = \bar{X} + 1,2 * \sigma$$

$$\text{Limite Inferior} = \bar{X} - 1,2 * \sigma$$

Onde:

 $\bar{X}$ é a média dos resultados obtidos por meio das formulações utilizadas; σ é o desvio padrão dos resultados obtidos por meio das formulações utilizadas.

Os valores calculados que se encontravam fora dos limites superior e inferior foram expurgados e uma nova média foi obtida a partir dos valores remanescentes. Essa segunda média calculada foi o valor utilizado como parâmetro da brecha. A Tabela 6 apresenta os valores finais obtidos para cada estrutura.

Cenário	Estrutura	B_{bre} m	t_{rup} h
1	Barragem Principal	311	2.17
2	Dique Paraitinga	327	2.12
3	Dique 5	218	2.53
4	Barragem Principal	374	2.32
5	Dique Paraitinga	390	2.28
6	Dique 5	275	2.69
7	Barragem Principal	311	2.17
8	Dique Paraitinga	327	2.12
9	Dique 5	218	2.53

Tabela 6 – Parâmetros da Brecha para todos os cenários.

Salienta-se que para os casos de galgamento, a cota de início é claramente considerada como equivalente a elevação da crista do barramento em questão. Nos casos de ruptura por piping não é possível atribuir uma cota específica de início, visto que as formulações utilizadas não apresentam a posição específica da cota de início da brecha.

5.2.3. Desenvolvimento do Hidrograma de Ruptura

O hidrograma de ruptura pode ser determinado a partir de diversos modelos analíticos, os modelos mais comuns são o modelo triangular simplificado e o modelo com decaimento parabólico. A Tabela 7 apresenta os modelos referidos.

AUTOR	HIDROGRAMA
Hidrograma triangular simplificado (MASCARENHAS, 1990)	 $Q_{máx} = \frac{2V_r}{T_b}, \text{ para } T_p = 0$ $Q(t) = Q_{(máx)} - Q_{(máx)} \left(\frac{t - T_p}{T_b - T_p} \right), \text{ para } T_p \neq 0$
Hidrograma com decaimento parabólico (BARFIELD et al., 1981)	 $Q(t) = Q_{máx} \left[\left(\frac{t}{T_p} \right) e^{\left(1 - \frac{t}{T_p} \right)} \right]^k$

Tabela 7 – Modelos de hidrograma.

Onde:

Q_p = Descarga máxima efluente da barragem na ruptura [m³/s];

V_r = Volume do reservatório da barragem no momento da ruptura [m³];

T_p = Tempo de pico [s];

T_b = Tempo de base [s].

k = Coeficiente de ajuste.

Em todos os cenários, o modelo de hidrograma adotado foi o modelo com decaimento parabólico, pois representa melhor as condições de ruptura. A calibração do modelo em cada cenário foi feita em função dos respectivos volumes de água mobilizados. O Anexo 1 apresenta todos os hidrogramas de ruptura calibrados para cada cenário de análise.

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 15 de 58

5.3. PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS

5.3.1. Caracterização do Trecho de Propagação

O trecho de propagação do hidrograma de ruptura é delimitado pelo rio Paraíba do Sul por aproximadamente 346 km a jusante da UHE Paraibuna. A região é caracterizada pela predominância de áreas urbanas, áreas de pasto e áreas agrícolas. O relatório nº 1042-PB-12-GL-540-RT-0002 apresenta a classificação detalhada e o mapa de uso e ocupação da região de jusante delimitada.

O trecho compreendido entre a UHE Paraibuna e a cidade de Jacareí-SP, é caracterizado por um vale encaixado. Já o trecho a partir da cidade de Jacareí-SP até a cidade de Cachoeira Paulista-SP é formado por um vale aberto. A partir da cidade Cachoeira Paulista-SP até a PCH Lavrinhas localizada em Lavrinhas-SP, o vale torna a ser encaixado.

Na região encaixada do vale, a cerca de 54km a jusante da barragem principal da UHE Paraibuna está localizada a UHE Santa Branca de propriedade do Grupo Light S.A. Essa barragem possui aproximadamente 40m de altura, reservatório com área alagada de 27 km² e cota de coroamento na elevação 625,5 m. O vertedouro é do tipo soleira livre possuindo dois vãos de 18,3 m com comportas, a crista do vertedouro está na cota 615,7 m. A Figura 6 apresenta a localização da UHE Santa Branca.



Figura 6 – Localização da UHE Santa Branca.

5.3.2. Coeficientes de Manning

O coeficiente de Manning traduz o grau de rugosidade da superfície de escoamento. Como premissa de projeto, tais coeficientes foram definidos como sendo variáveis em função do uso e ocupação do solo na região de propagação da onda de inundação. De acordo com as regiões classificadas, os seguintes valores foram adotados:

Área	n
Canal	0.025
Água	0.01
Agrícola	0.06
Urbana	0.09
Floresta	0.08
Pasto	0.04
Silvicultura	0.08
Solo Exposto	0.035

Tabela 8 – Coeficientes de Manning.

Fonte: Washington State Department of Ecology (2007)

5.3.3. Condições Iniciais e Condições de Contorno

Para todos os cenários foram adotadas as seguintes condições iniciais:

- Cheia afluente ao reservatório da UHE Paraibuna associada a condição hidrológica de cada cenário.
- Para os cenários onde a ruptura se deu em dia chuvoso, foi considerado que o volume no reservatório da UHE Santa Branca foi o nível máximo maximorum (cota 623 m). Nos cenários onde a ruptura foi simulada em dia de sol, o volume no reservatório da UHE Santa Branca foi fixado no nível máximo operacional (cota 622 m).

As condições de contorno para todos os cenários foram as seguintes:

- Condição de Montante - Hidrograma de ruptura da estrutura rompida;
- Condição de Jusante - Declividade média do trecho final de propagação.

Conforme os projetos nº SB-11-001 e nº SB-02-034 compartilhados pela Light à CESP, o barramento e o vertedouro da UHE Santa Branca foram introduzidos na modelagem numérica com a finalidade de avaliar o galgamento dessa estrutura. Verificou-se que a barragem Santa Branca é galgada em todos os nove cenários de ruptura analisados. Sendo assim, foi introduzida uma terceira condição de contorno referente a ruptura da UHE Santa Branca no instante em que a elevação do nível d'água ultrapassa a cota de coroamento fixada em 625,5 m. Nesse caso, o volume mobilizado considerado foi de 375 hm³. O hidrograma de ruptura calculado está apresentado no Anexo 1 (Figura 20).

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 17 de 58

5.3.4. Critério para Definição das Zonas de Autossalvamento (ZASs)

De acordo com a resolução nº 236/2017 da ANA, a delimitação das zonas de autossalvamento pode ser feita a partir dos seguintes critérios: distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual ou inferior a 30 min ou 10 km. Deve-se escolher a maior distância atingida pela mancha em função desses dois critérios. A distância atingida pela mancha de inundação mais crítica (Cenário 4) nos primeiros 30 min foi de aproximadamente 12 km, dessa forma a distância adotada como base para delimitação da ZASs foi de 12 km a partir da barragem principal.

Os tempos de chegada da onda de inundação em cada ZAS/ZSS foram definidos tendo como referência a delimitação mais a montante.

5.3.5. Modelo Numérico

O modelo numérico de propagação do hidrograma de ruptura e o consequente mapeamento das áreas inundadas, foi realizado por meio do software HEC-RAS versão 5.0.7, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center – U. S. Army Corps of Engineers* (HEC-USACE). O programa é capaz de determinar a propagação do hidrograma de ruptura e os níveis de elevação a partir de simulações unidimensionais e bidimensionais baseado nas equações de Saint-Venant. Para o estudo em questão, utilizou-se simulações bidimensionais.

O modelo digital de terreno utilizado como dado de entrada está descrito no relatório nº 1042-PB-12-GL-540-RT-0001.

Foi adotada uma malha para o canal de forma separada das demais regiões. O intervalo de computação inicial recomendado é equivalente ao tempo de pico do hidrograma de ruptura dividido por 20. No entanto, esse valor não se mostrou adequado gerando instabilidade durante a modelagem. Adotou-se então um intervalo de computação controlado pelo coeficiente de Courant com faixa de valores entre 5 e 40 segundos, que garantiu simulações com excelente estabilidade apresentando coeficiente de Courant entre 0,2 e 1.

5.4. MAPAS DE INUNDAÇÃO

5.4.1. Seções Transversais

Para o cenário mais crítico simulado, utilizou-se 15 seções transversais a jusante da UHE Paraibuna como seções de controle para a verificação dos resultados simulados. As seções transversais definidas estão posicionadas no mapa nº 1042-PB-12-GL-540-MP-0596.

5.4.2. Parâmetros de Inundação

Os parâmetros de inundação observados foram a inundação máxima, a velocidade de fluxo máxima e o risco hidrodinâmico máximo associados ao cenário mais crítico de ruptura

analisado. O risco hidrodinâmico reflete o potencial de destruição da onda de inundação, ele é calculado da seguinte forma:

$$R_{hidro} = v * h$$

Onde: v é a velocidade da onda de inundação e h é a profundidade da onda de inundação.

6. RESULTADOS

6.1. PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS

Embora o Cenário 4 não tenha resultado no hidrograma de maior pico, o mesmo foi considerado o de maior impacto devido ao maior risco hidrodinâmico gerado no adensamento urbano mais próximo ao barramento (Cidade de Paraibuna).

O hidrograma de ruptura do cenário mais crítico (Cenário 4) foi detalhado em cada seção transversal de controle para refletir a propagação da onda de inundação através da região de jusante. A Tabela 9 apresenta os principais dados obtidos em cada seção transversal analisada. Ressalta-se que o tempo de rebaixamento do nível d'água (NA) apresentado está em função do NA máximo obtido devido a ruptura e do NA limite na calha do rio Paraíba do Sul sem a ocorrência de transbordamento.

A Figura 6 apresenta os hidrogramas em cada seção transversal analisada. Notar que a partir da seção transversal 02 (ST 02), os hidrogramas refletem a ruptura da barragem Santa Branca.

Seção	Cidade	Estado	Distância em Relação a Estrutura Rompida (km)	Vazão Máxima (m³/s)	Prof. Máxima do NA (m)	Elevação Máxima do NA (m)	Tempo de Rebaixamento do NA até a calha do rio Paraíba do Sul (h)	Risco Hidrodinâmico Máximo (m²/s)
01	Paraibuna	SP	8.5	88714.7	39.6	658.6	163	708
02	Santa Branca	SP	60.7	96624.7	44.6	619.4	178	464
03	Guararema	SP	92.6	83868.1	42.9	607.9	183	406
04	Jacareí	SP	122.9	81790.4	21.4	575.4	148	110
05	São José dos Campos	SP	148.9	71087.2	20.4	572.0	198	337
06	Caçapava	SP	184	62727.1	21.7	554.5	201	267
07	Tremembé	SP	223.7	62562.6	24.0	540.9	240	82
08	Pindamonhangaba	SP	240.8	51791.2	33.5	540.6	370	31
09	Potim/Aparecida	SP	272.8	22038.2	21.0	540.3	370	54
10	Guaratinguetá	SP	284.4	21933.2	24.8	537.6	315	174
11	Lorena	SP	297.3	20822.9	16.4	531.5	346	64
12	Canas	SP	310.7	19624.2	18.2	531.1	370	14
13	Cachoeira Paulista	SP	319.2	19560.7	20.5	529.1	245	185
14	Cruzeiro	SP	332	19535.3	19.9	520.3	341	73
15	Lavrinhas	SP	339.6	19530.8	19.0	509.1	188	250

Tabela 9 – Dados obtidos em cada seção analisada.

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 19 de 58

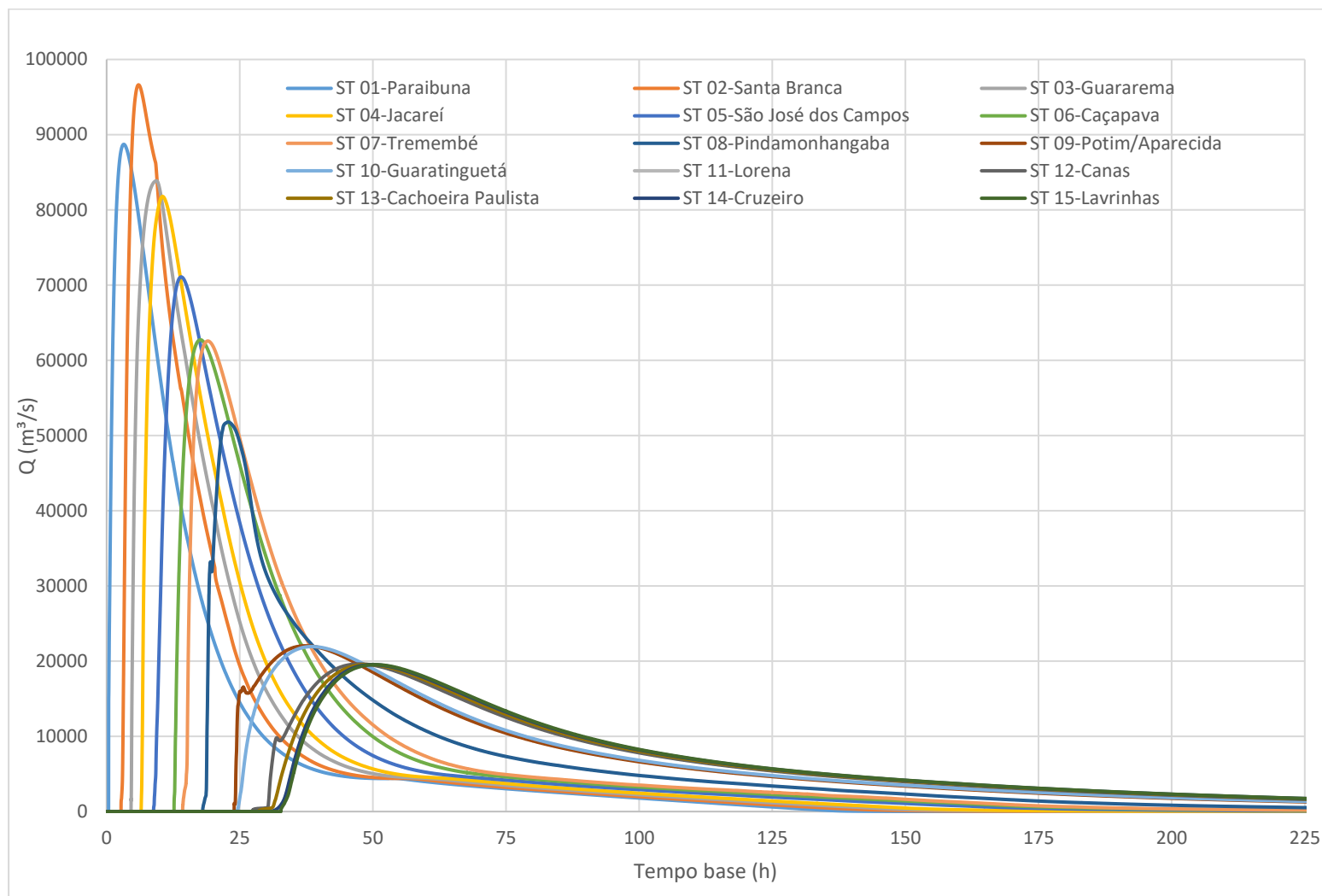


Figura 7 – Hidrogramas em cada seção analisada - (Cenário 4).

6.1.1. UHE SANTA BRANCA

A determinação dos hidrogramas afluentes e efluentes a UHE Santa Branca devido a ruptura da UHE Paraibuna, foi feita considerando duas seções de controle, conforme apresentado na Figura 8.



Figura 8 – Seções de controle em Santa Branca.

A Figura 9 apresenta os hidrogramas em cada seção de controle para o caso do cenário mais crítico (Cenário 4).

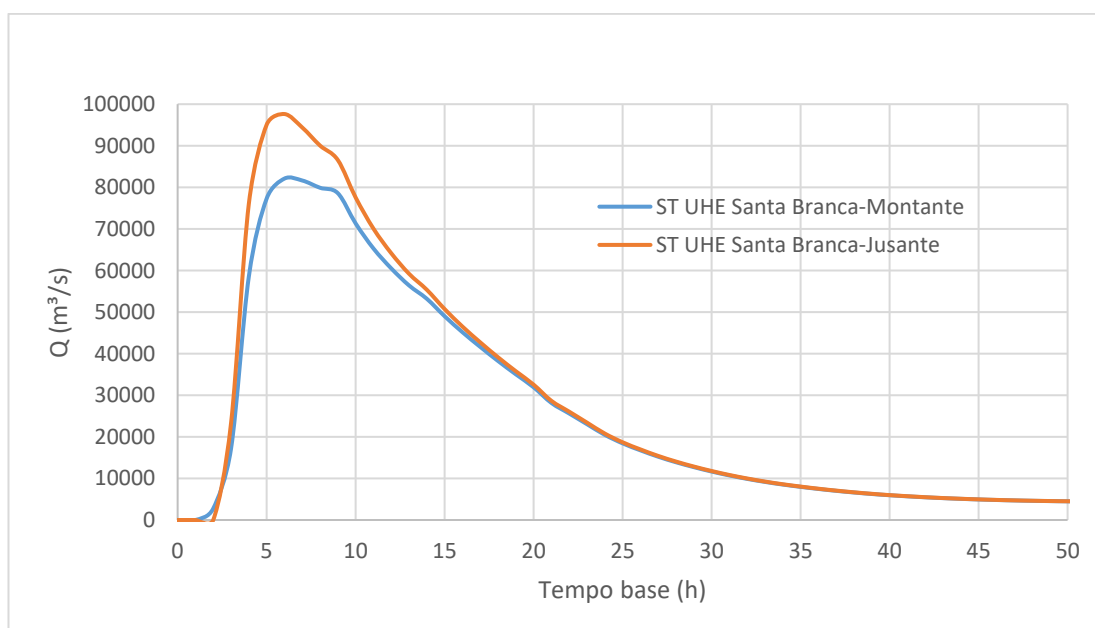


Figura 9 – Hidrogramas afluente e efluente da UHE Santa Branca para o cenário 4.

Os resultados mostraram que a consideração de ruptura da UHE Santa Branca gera um aumento de aproximadamente 20% no pico do hidrograma efluente em comparação com o hidrograma afluente. Estudos complementares foram conduzidos com a finalidade de considerar a hipótese de não ruptura da UHE Santa Branca, o objetivo foi o de verificar qual seria o amortecimento do hidrograma efluente caso a UHE Santa Branca não rompesse com a cheia induzida pela ruptura da UHE Paraibuna. A Figura 10 apresenta os hidrogramas na seção a montante e a jusante da UHE Santa Branca considerando as mesmas condições iniciais e de contorno do Cenário 4, com exceção da consideração de ruptura após o galgamento.

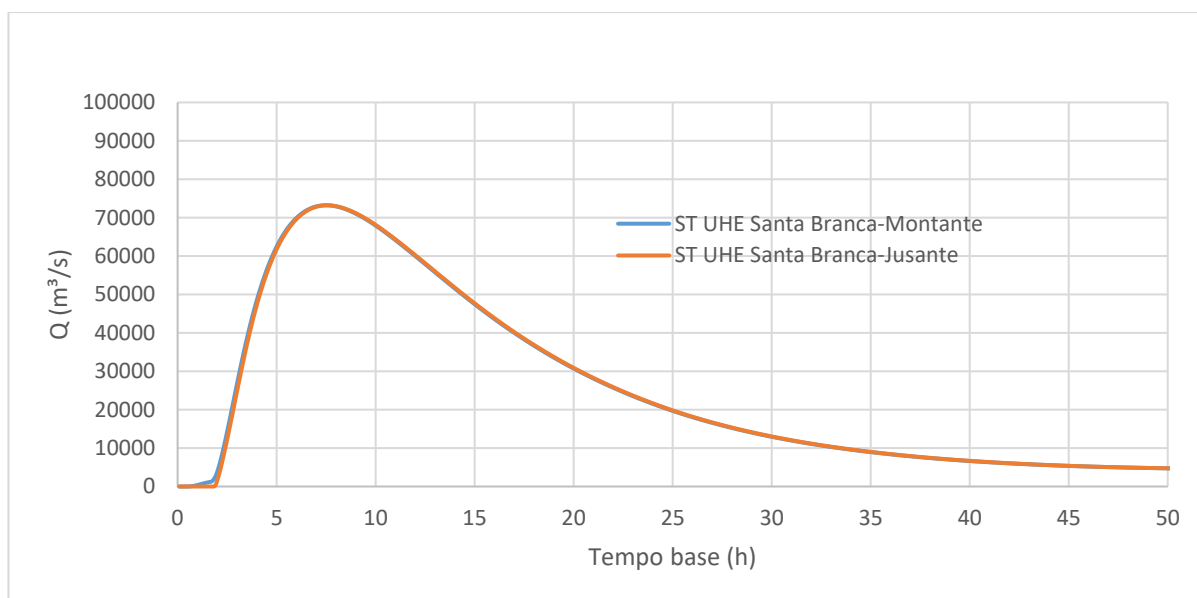


Figura 10 – Hidrogramas afluente e efluente da UHE Santa Branca sem considerar a ruptura do barramento.

Os resultados evidenciam que o hidrograma na seção a jusante da UHE Santa Branca é praticamente o mesmo que o hidrograma a montante, mostrando que, quando o nível d'água no reservatório se encontra na cota 623 m, praticamente não existe amortecimento em relação ao hidrograma determinado na seção de montante.

Ao comparar os hidrogramas da Figura 9 e 10, verifica-se que a consideração da ruptura em Santa Branca potencializa não apenas o hidrograma na seção a jusante, como era de se esperar, mas também o hidrograma na seção a montante de Santa Branca. Isso ocorre, pois, a consideração da ruptura em Santa Branca gera velocidades de escoamento 95% maiores que as velocidade para o caso de não ruptura, fazendo com que a vazão de pico seja mais acentuada não apenas no hidrograma efluente, mas também no hidrograma afluente ao barramento.

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 22 de 58

6.2. MAPAS DE INUNDAÇÃO

Os mapas de inundação gerados por meio da modelagem numérica foram tratados em ferramentas GIS para elaboração do mapa final. Foi gerado um total de 596 mapas incluindo zonas de auto salvamento (ZASs), zonas de salvamento secundário (ZSSs), geral da ruptura, velocidade máxima e risco hidrodinâmico contemplando todos os cenários avaliados. Todos os mapas foram entregues em meio digital nas extensões “pdf” e “shapefile”, os mapas referentes ao cenário 4 foram entregues também em meio físico.

7. CONCLUSÃO

O objetivo deste relatório foi o de descrever a modelagem numérica da ruptura hipotética da UHE Paraibuna.

Os resultados permitiram a produção de mapas de inundação para a região a jusante do barramento. Verificou-se que a máxima velocidade de propagação foi da ordem de 421 m/s, a profundidade máxima atingida foi de 63 m e o risco hidrodinâmico máximo foi de 708 m²/s.

Constatou-se que a UHE Santa Branca é galgada para qualquer cenário analisado e consequentemente foi considerada a ruptura em cascata dessa estrutura. Verificou-se que, se o reservatório da UHE Santa Branca estiver na cota 623 m, a capacidade de amortecimento do mesmo em relação a ruptura de Paraibuna é praticamente irrelevante. As simulações mostraram que, de um modo geral, a consideração da ruptura em Santa Branca potencializa a cheia induzida pela ruptura da UHE Paraibuna, devido a mobilização incremental do volume de água represado na UHE Santa Branca.

Apesar das considerações apresentadas em relação aos aspectos estruturais da UHE Santa Branca, recomenda-se que o empreendedor responsável pela mesma conduza um estudo próprio levando em consideração o hidrograma de ruptura em Paraibuna e as peculiaridades do seu próprio empreendimento.

O estudo mostrou que o cenário mais crítico analisado é o cenário 4, referente a um galgamento na barragem principal durante um período de chuva intensa.

A Tabela 10 apresenta um resumo dos danos totais estimados para o cenário 4. A estimativa do número de pessoas atingidas foi feita em função da consideração de 4 pessoas por edificação afetada.

Tabela 10 – Danos totais estimados.

Danos Estimados	
Municípios	19
Edificações	92408
Infraestruturas	79
Centros de Aglomeração	834
Pessoas	369632

Em relação aos picos de vazão, constatou-se que o amortecimento da cheia induzida em todo o trajeto analisado é de aproximadamente 80%.

Cabe ressaltar que o estudo ora apresentado é hipotético e está sujeito a incertezas associadas as premissas e critérios adotados. O estudo não possui a finalidade de estimar o risco de rompimento da UHE Paraibuna, mas sim de embasar a elaboração de um plano de ação de emergência para uma eventual ruptura.

CONTRATO:	Nº 4601021827/PEDIDO Nº 4513252401 UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera	Nº	1042-PB-12-GL-810-RT-0001
TÍTULO:	UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK		FOLHA: 24 de 58

8. ANEXOS

- Anexo 1 – Hidrogramas de Ruptura Calibrados
- Anexo 2 – Localização das Estruturas de Concentração
- Anexo 3 – Quantitativo de Edificações Atingidas por ZAS
- Anexo 4 – Quantitativo de Edificações Atingidas por ZSS
- Anexo 5 – Tempo de Chegada da Onda de Inundação por ZAS/ZSS
- Anexo 6 – Dados obtidos na seção analisada em relação ao tempo de chegada da onda de inundação no município de Paraibuna
- Anexo 7 - Municípios e quantidade de edificações afetadas até a UHE Santa Branca

9. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIAS

- Relatório nº 1042-PB-30-GL-820-RT-0001 (Estudos Hidrológicos)
- Relatório nº 1042-PB-12-GL-540-RT-0001 (Modelo Digital de Terreno – MDT)
- Projeto Vertedouro (UHE Paraibuna)
- Projeto Arranjo Geral (UHE Paraibuna)
- Projeto Barragem Principal (UHE Paraibuna)
- Projeto Dique Paraitinga (UHE Paraibuna)
- Projeto Dique 5 (UHE Paraibuna)
- Projeto Vertedouro (UHE Santa Branca)
- Projeto Barragem Principal (UHE Santa Branca)
- Dam Break Inundation Analysis and Downstream Hazard Classification - (Washington State Department of Ecology, 2007).

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 25 de 58

ANEXO 1 – HIDROGRAMAS DE RUPTURA CALIBRADOS

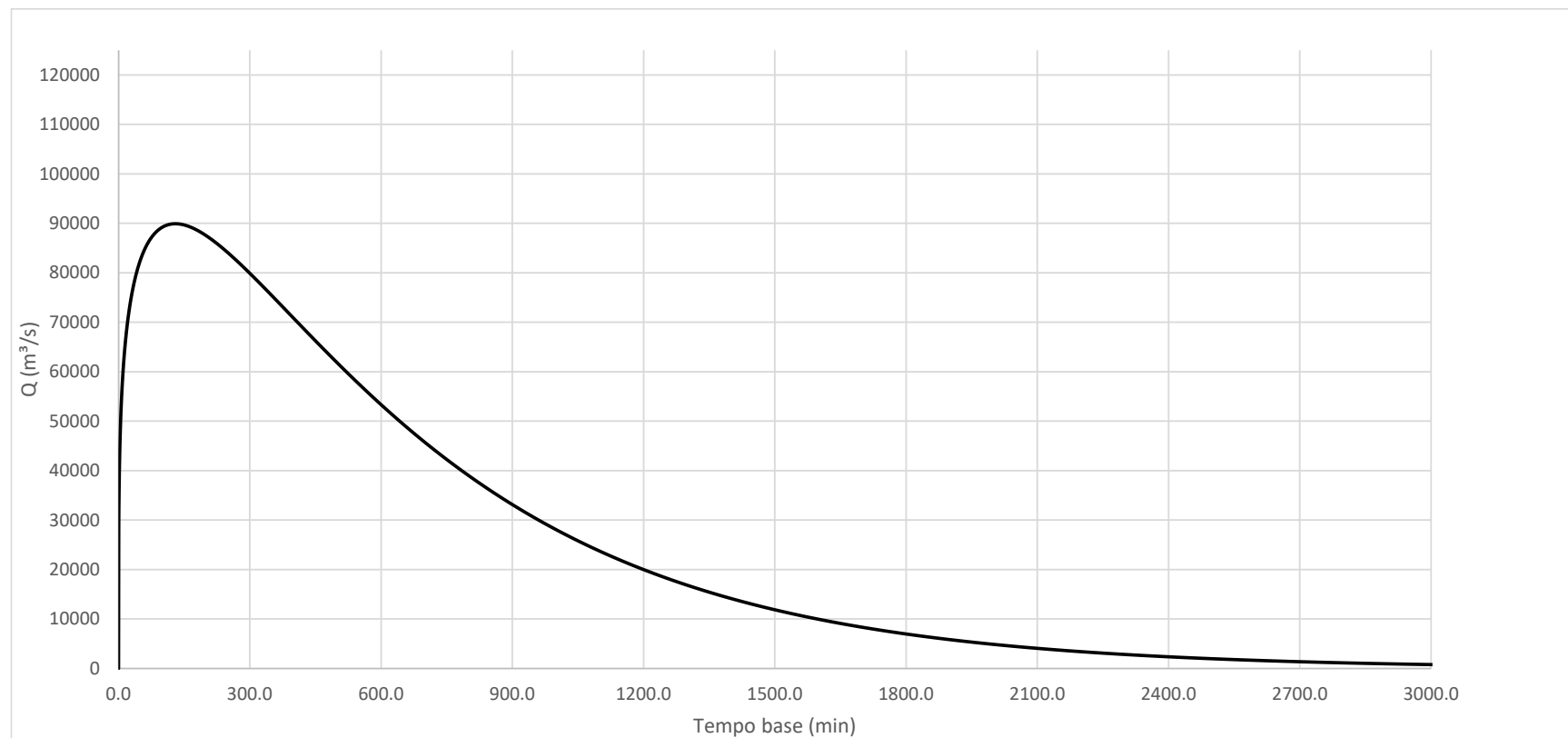


Figura 11 – Cenário 1

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 26 de 58

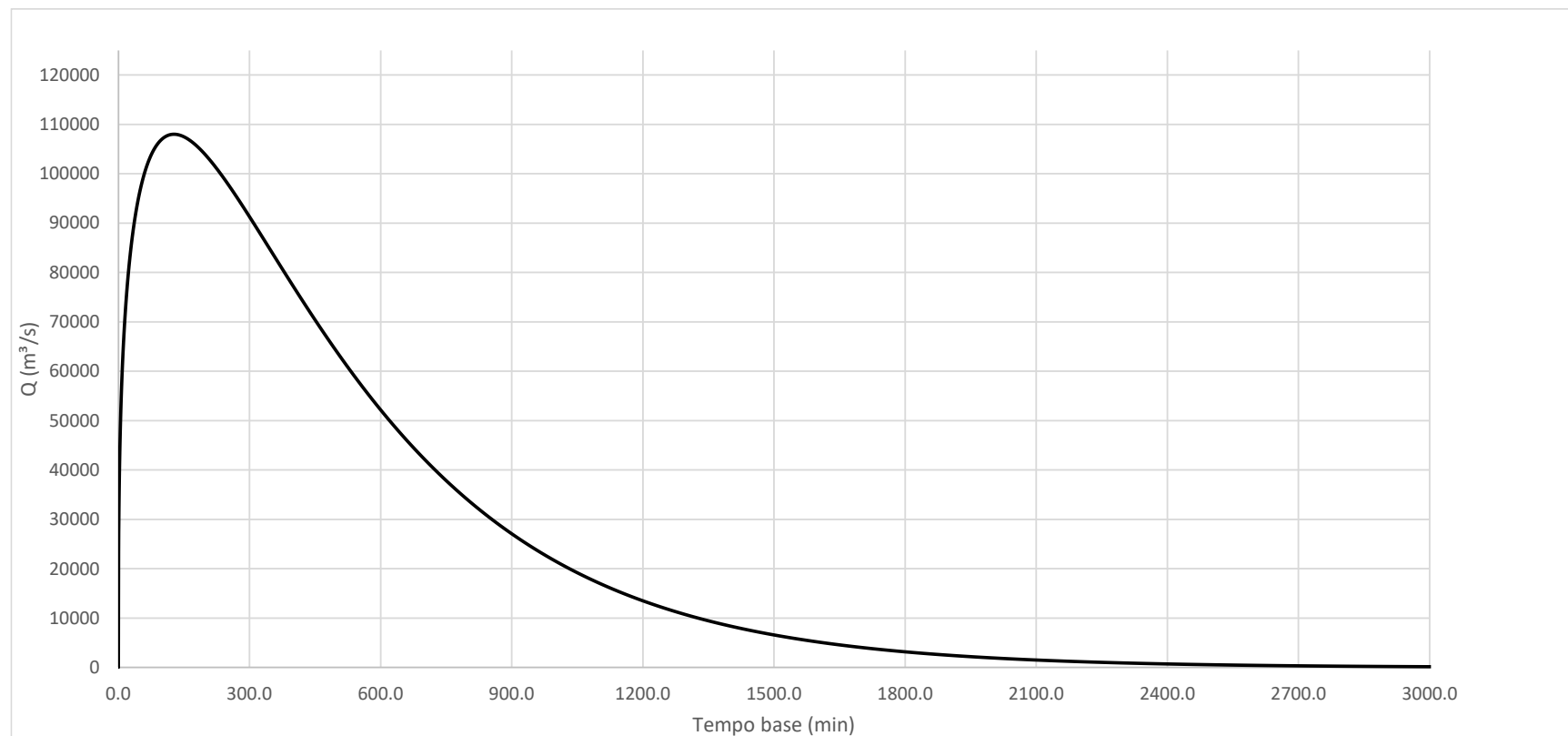


Figura 12 – Cenário 2

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 27 de 58

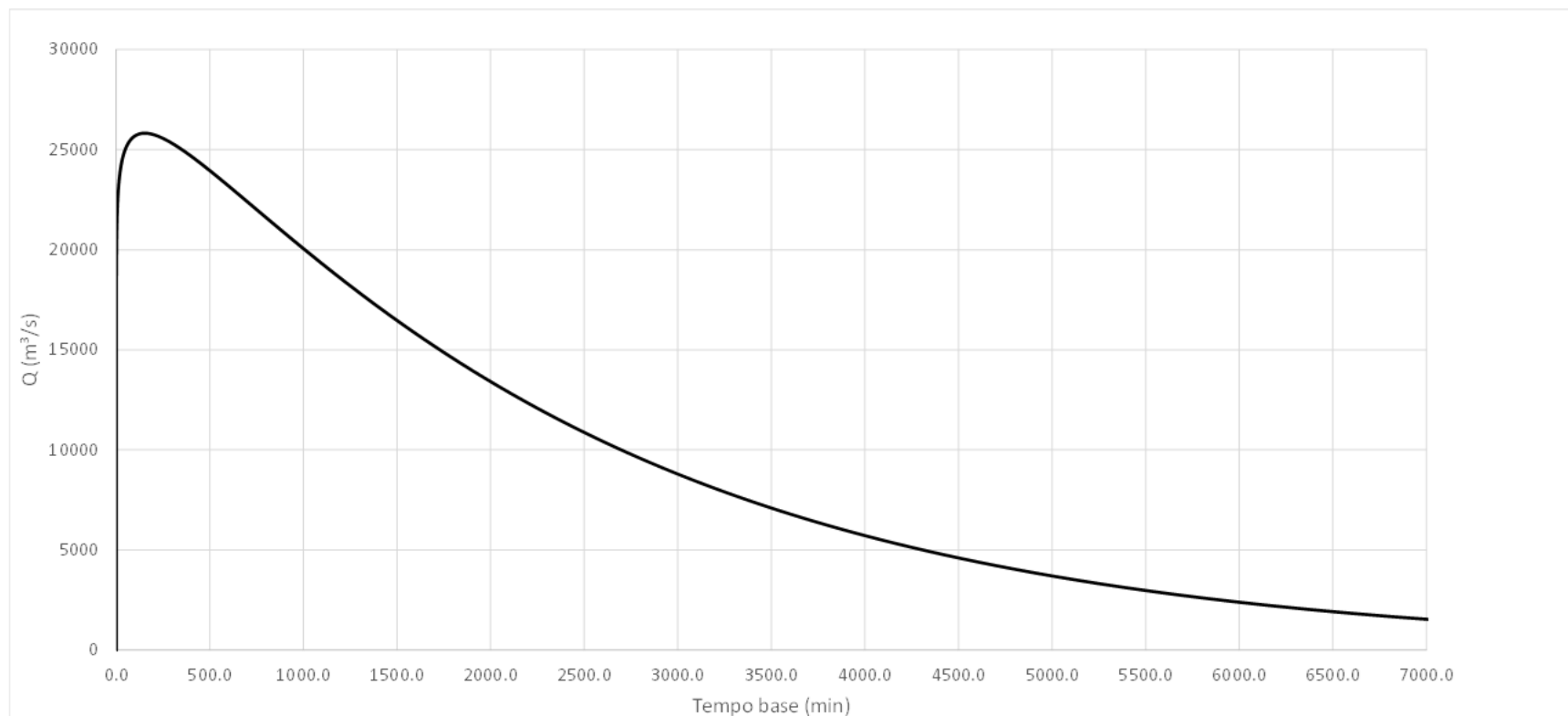


Figura 13 – Cenário 3

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 28 de 58

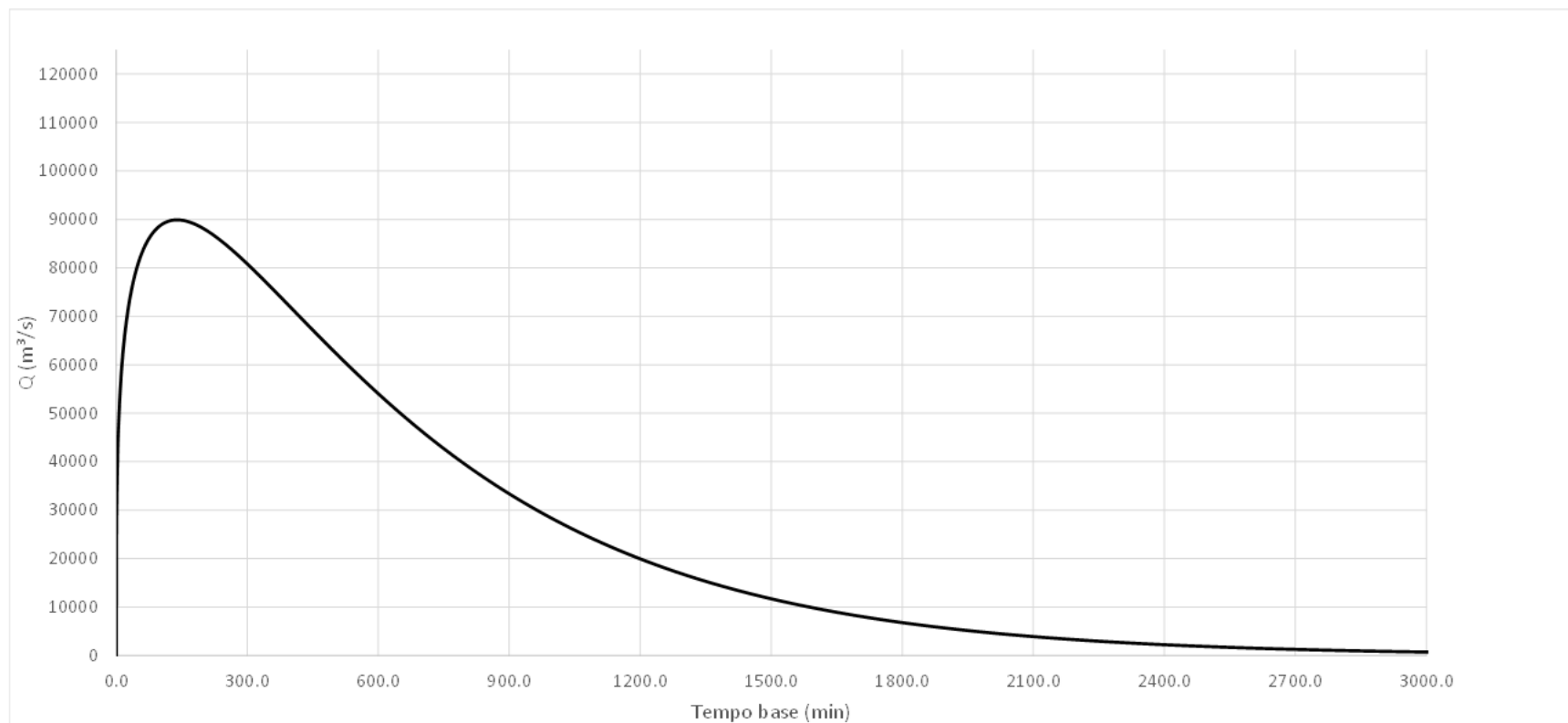


Figura 14 – Cenário 4

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 29 de 58

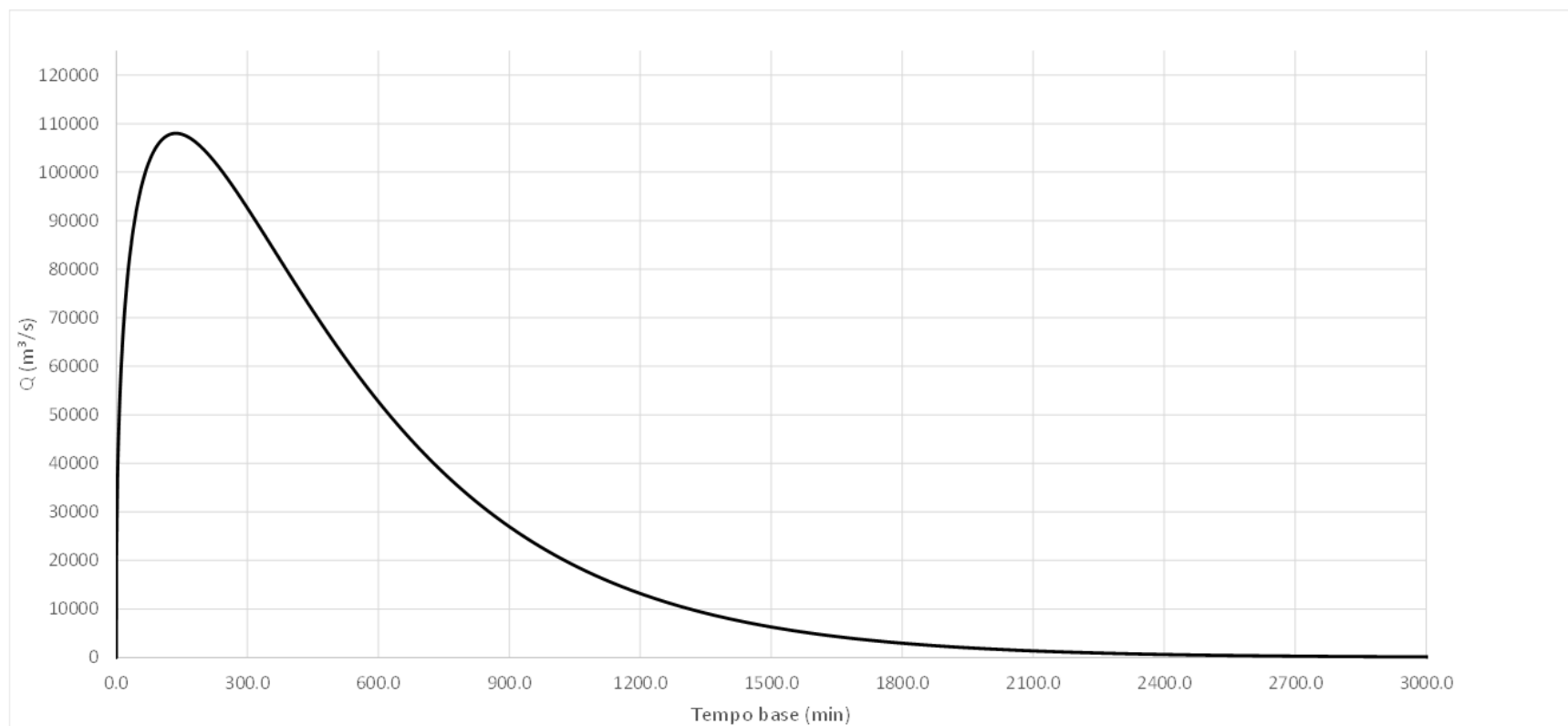


Figura 15 – Cenário 5

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 30 de 58

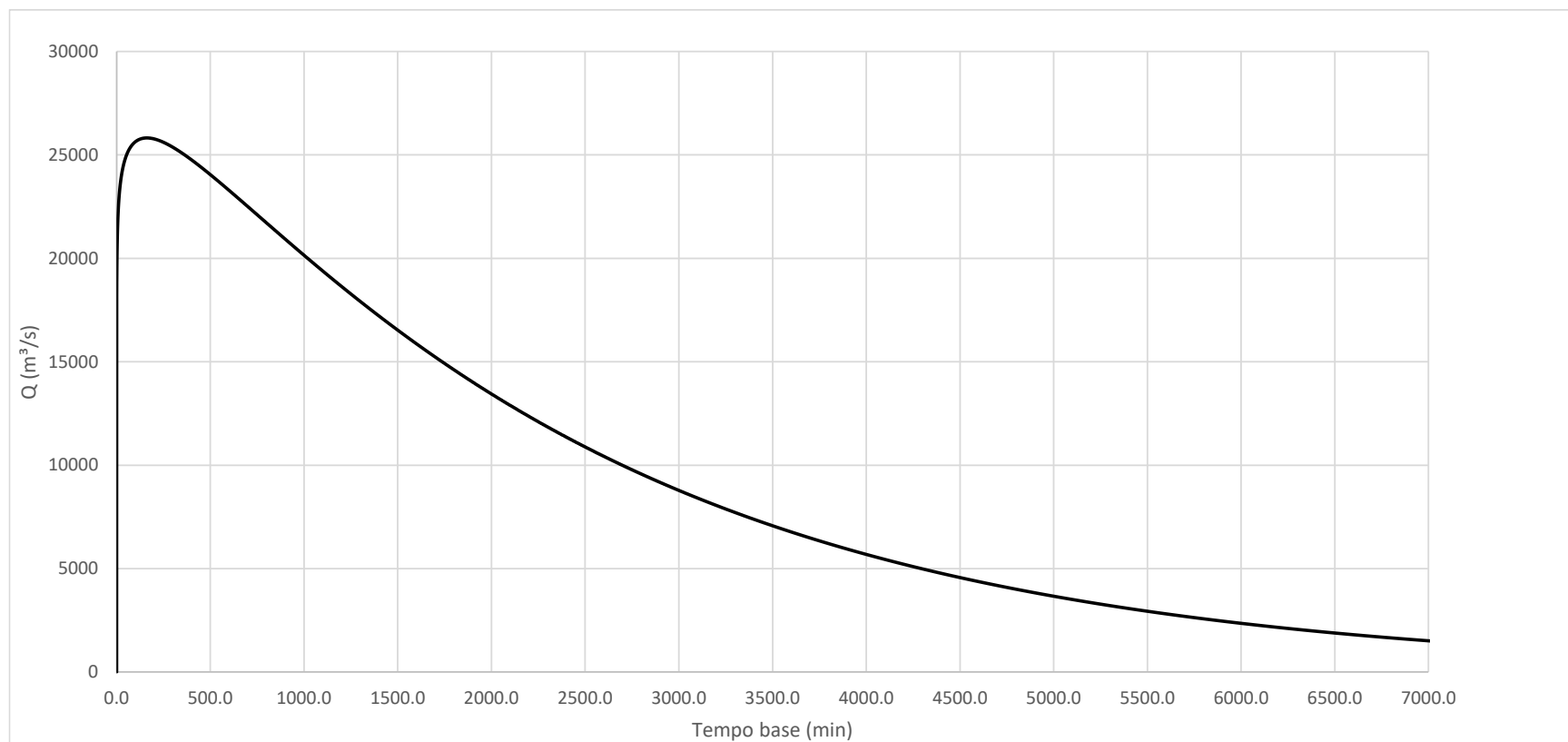


Figura 16 – Cenário 6

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 31 de 58

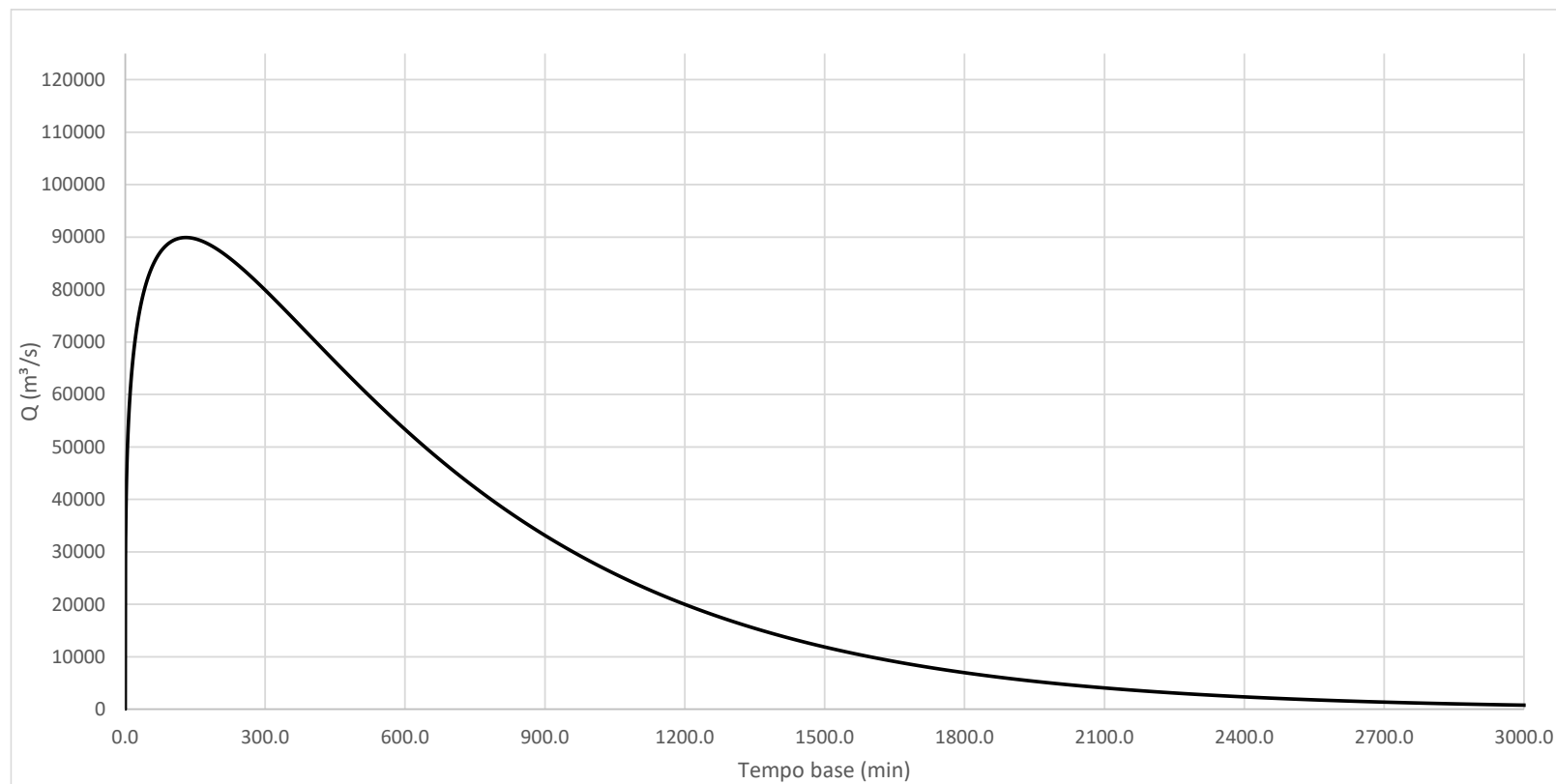


Figura 17 – Cenário 7

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 32 de 58

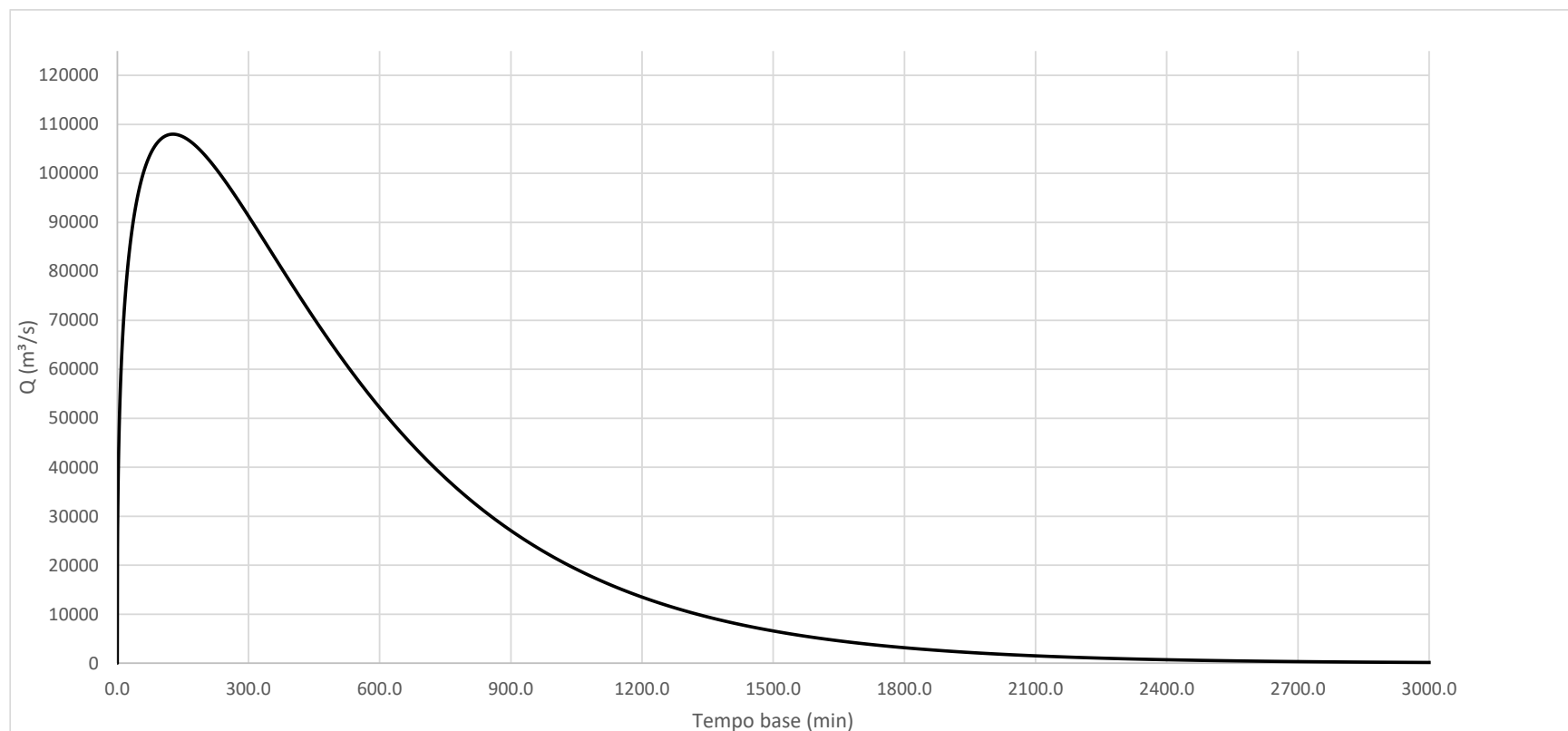


Figura 18 – Cenário 8

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 33 de 58

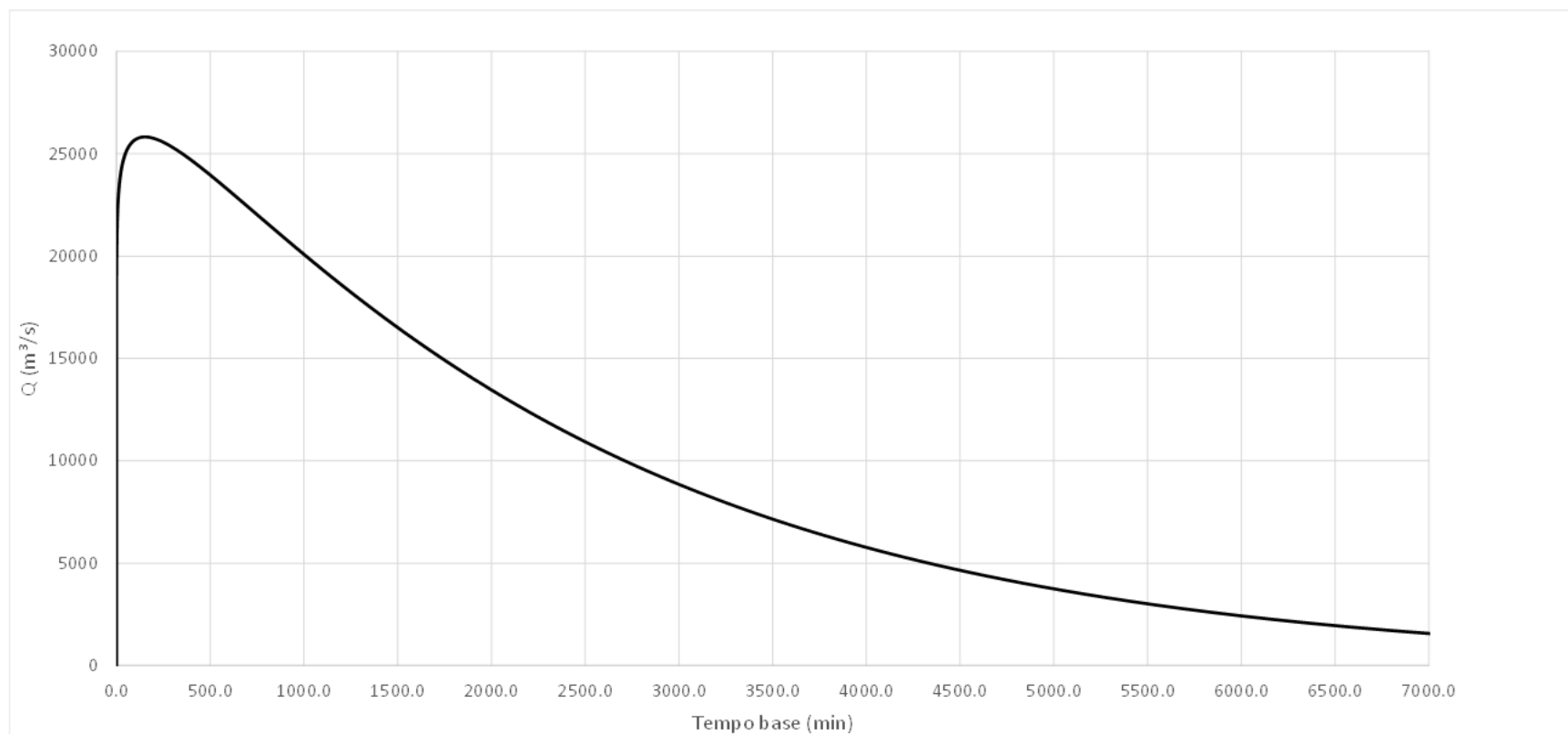


Figura 19 – Cenário 9

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 34 de 58

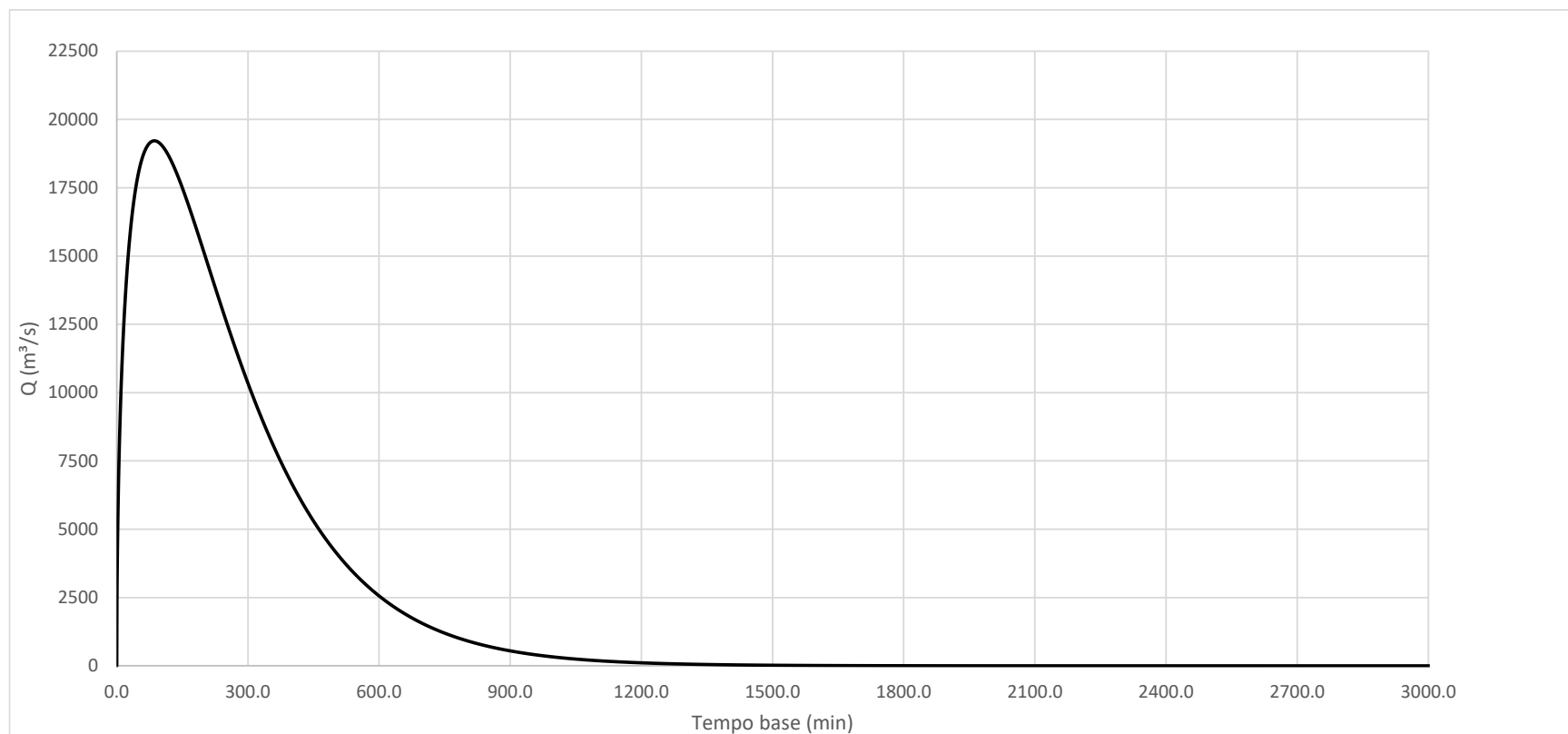


Figura 20 – Hidrograma de Ruptura da Barragem da UHE Santa Branca (Light).

ANEXO 2 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCENTRAÇÃO

ID	X	Y
1	394699.04	7409464.70
2	393345.55	7410119.30
3	394100.79	7410246.55
4	393854.68	7410366.57
5	394518.76	7410382.41
6	394253.03	7410391.48
7	393527.31	7410419.57
8	393996.85	7410489.39
9	394282.80	7410513.59
10	395454.72	7409525.45
11	395370.46	7409879.16
12	396031.86	7410271.38
13	395571.51	7410345.63
14	395397.65	7410366.54
15	391931.11	7413497.16
16	391930.62	7413563.59
17	395260.00	7415661.74
18	395205.38	7415707.35
19	399763.27	7410783.32
20	396129.66	7415873.85
21	396114.86	7415896.67
22	400522.12	7420222.98
23	401042.61	7420370.41
24	401194.13	7420648.22
25	401163.38	7420659.09
26	397937.75	7421334.73
27	400319.65	7421439.54
28	399203.65	7421642.35
29	397918.30	7421704.31
30	397918.90	7421706.12
31	397918.90	7421706.12
32	399274.40	7421764.63
33	399979.22	7421880.13
34	400377.95	7421893.89
35	400112.01	7421903.17
36	400049.73	7421950.13
37	400479.31	7422027.43
38	400734.51	7422095.58
39	400580.68	7422160.98
40	400243.00	7422191.92
41	401531.31	7422222.69
42	400702.79	7422250.38
43	400549.33	7422260.42
44	400088.87	7422301.61
45	400385.05	7422358.96
46	399648.70	7422365.06
47	401704.12	7422378.85

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 36 de 58

ID	X	Y
48	401049.44	7422407.70
49	400895.90	7422428.82
50	401324.88	7422509.19
51	401702.95	7422555.99
52	401283.31	7422608.56
53	401814.99	7422623.17
54	399534.11	7422674.30
55	401312.73	7422796.98
56	400859.25	7422877.10
57	399287.02	7422916.21
58	400933.10	7422982.67
59	400810.24	7423003.99
60	400953.33	7423016.02
61	399040.31	7423102.75
62	399485.89	7423112.74
63	400185.38	7423154.80
64	401872.83	7423155.00
65	402138.64	7423156.82
66	401770.27	7423198.61
67	402250.77	7423223.93
68	402199.27	7423278.95
69	402127.32	7423333.84
70	402720.32	7423359.89
71	398556.93	7423498.04
72	402023.73	7423543.57
73	399262.05	7423580.36
74	402226.81	7423755.23
75	402154.64	7423843.33
76	401701.86	7424261.07
77	401833.71	7424428.02
78	402691.51	7424632.97
79	402660.40	7424676.95
80	399671.39	7425055.71
81	402361.60	7425277.43
82	402745.75	7425718.37
83	399220.38	7425952.88
84	401745.98	7426863.26
85	401428.74	7426883.30
86	401035.68	7426903.69
87	401498.21	7427204.85
88	401036.12	7427467.50
89	400663.56	7428107.18
90	432492.50	7413076.09
91	432417.94	7413230.62
92	432568.88	7413310.90
93	432559.45	7413311.58
94	432196.94	7413681.84
95	428069.88	7415645.81
96	406789.44	7434155.23
97	406967.65	7434271.19
98	406650.81	7434285.22

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 37 de 58

ID	X	Y
99	406624.42	7434303.60
100	406169.91	7434326.66
101	406690.60	7434360.36
102	406016.91	7434444.58
103	405973.52	7434493.18
104	405973.52	7434493.18
105	405980.04	7434496.23
106	406729.90	7434574.24
107	404552.79	7435080.01
108	406561.73	7437475.22
109	408725.95	7437583.29
110	408721.82	7437589.90
111	408469.08	7437971.18
112	408388.31	7438163.71
113	407961.83	7438171.32
114	408470.01	7438262.58
115	408801.43	7438314.38
116	407078.36	7438472.12
117	406919.78	7438491.09
118	408129.76	7438564.79
119	408201.70	7438580.12
120	408847.55	7438706.37
121	408802.45	7438843.51
122	407872.66	7439367.27
123	407863.60	7439396.45
124	407800.87	7439450.91
125	407611.58	7439519.77
126	422938.78	7442346.80
127	422881.03	7442366.08
128	426057.56	7444111.26
129	426222.71	7444141.78
130	427244.43	7444410.35
131	427184.23	7444608.06
132	427269.34	7444634.95
133	426058.82	7444716.58
134	427486.75	7445267.99
135	427486.75	7445267.99
136	427464.05	7445536.74
137	427587.03	7445718.86
138	427471.14	7445743.00
139	427204.64	7445822.49
140	427019.47	7445829.84
141	428352.00	7445991.39
142	428351.95	7446002.46
143	427588.70	7446264.36
144	426649.29	7447755.27
145	426949.46	7447875.46
146	426076.06	7447906.40
147	427092.07	7448030.99
148	426786.33	7448558.28
149	441252.23	7457069.04

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 38 de 58

ID	X	Y
150	443154.75	7459000.36
151	439324.19	7462391.15
152	451704.96	7464789.16
153	451888.33	7464874.65
154	459832.78	7468379.56
155	460830.40	7468511.78
156	461619.60	7468851.91
157	462122.17	7468994.32
158	474516.79	7472157.74
159	475108.36	7473186.40
160	475626.20	7473203.60
161	475248.18	7473470.15
162	474164.77	7473768.92
163	474073.89	7473944.62
164	474206.88	7474098.33
165	476210.62	7474132.35
166	474170.88	7474229.72
167	474165.68	7474295.17
168	474195.08	7474416.66
169	473916.11	7474441.90
170	476895.38	7474514.31
171	473116.03	7474691.88
172	473416.34	7474761.79
173	473838.08	7474882.50
174	472496.00	7474920.79
175	473380.35	7474935.34
176	477574.97	7475512.90
177	486554.56	7484920.48
178	486557.16	7484920.69
179	486013.19	7485083.50
180	486932.87	7485165.08
181	487736.68	7485959.27
182	488113.75	7486062.36
183	486823.91	7486098.45
184	486809.21	7486204.10
185	487585.54	7486282.82
186	487005.21	7486324.36
187	488894.23	7486689.87
188	488057.77	7486760.39
189	487476.95	7486859.55
190	489041.73	7487175.91
191	489041.73	7487175.91
192	487354.04	7487338.70
193	488652.65	7487360.69
194	487532.43	7487492.22
195	488520.72	7487723.89
196	493873.91	7488804.68
197	494569.84	7489575.32
198	498264.23	7492978.49
199	498448.90	7493351.28
200	498274.11	7493430.93

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 39 de 58

ID	X	Y
201	498802.31	7493552.79
202	498804.52	7493564.84
203	498805.62	7493568.13
204	499116.52	7493655.20
205	499174.98	7493691.59
206	498999.04	7493771.98
207	498438.00	7493884.27
208	498554.81	7494209.78
209	498530.55	7494265.94
210	499845.85	7498987.90
211	510058.65	7503911.01
212	509993.70	7504016.89
213	509993.70	7504016.89
214	394062.87	7410120.05
215	394009.69	7410125.20
216	394009.69	7410125.20
217	394009.69	7410125.20
218	394254.69	7410159.07
219	394254.69	7410159.07
220	394254.69	7410159.07
221	394254.69	7410159.07
222	394254.69	7410159.07
223	394216.72	7410180.95
224	393803.86	7410186.83
225	394086.72	7410213.23
226	393823.85	7410248.98
227	393825.31	7410258.36
228	394171.64	7410340.06
229	393905.95	7410341.48
230	394051.58	7410411.17
231	394001.25	7410446.24
232	394068.68	7410447.83
233	393646.62	7410453.65
234	393646.62	7410453.65
235	394080.72	7410478.92
236	394394.05	7410531.00
237	395449.19	7409792.63
238	399976.89	7409850.27
239	394316.46	7410807.25
240	394316.46	7410807.25
241	394316.46	7410807.25
242	394316.46	7410807.25
243	401027.80	7420422.34
244	400176.44	7421488.89
245	398301.49	7421564.44
246	399106.09	7421583.65
247	398444.67	7421673.70
248	400791.18	7421785.28
249	400768.48	7421842.44
250	400777.42	7421949.72
251	400756.95	7421951.79

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 40 de 58

ID	X	Y
252	400756.95	7421951.79
253	399923.81	7422210.81
254	399924.76	7422221.89
255	399819.30	7422240.00
256	399819.30	7422240.00
257	399819.30	7422240.00
258	399819.30	7422240.00
259	399876.49	7422252.56
260	399720.69	7422304.65
261	399720.69	7422304.65
262	399898.61	7422308.07
263	399898.61	7422308.07
264	399845.27	7422332.07
265	399905.98	7422356.17
266	399905.98	7422356.17
267	399905.98	7422356.17
268	400855.90	7422397.50
269	400855.90	7422397.50
270	400855.90	7422397.50
271	400855.91	7422397.54
272	400855.91	7422397.54
273	400855.91	7422397.54
274	400855.91	7422397.54
275	400855.91	7422397.54
276	400855.91	7422397.54
277	400855.91	7422397.54
278	400855.91	7422397.54
279	399700.58	7422556.96
280	399700.58	7422556.96
281	399681.08	7422566.79
282	399681.08	7422566.79
283	399681.08	7422566.79
284	399834.44	7422874.52
285	401441.09	7423640.41
286	401995.66	7423864.89
287	401959.39	7423869.87
288	401969.86	7423947.29
289	402017.17	7424370.55
290	402021.26	7424391.11
291	401390.43	7426889.88
292	401482.29	7426983.30
293	401501.97	7426986.23
294	401484.62	7427095.14
295	432108.29	7413403.54
296	432279.80	7413440.87
297	432262.46	7413564.61
298	432350.63	7413593.97
299	432350.63	7413593.97
300	432286.95	7414108.50
301	432286.95	7414108.50
302	432286.95	7414108.50

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 41 de 58

ID	X	Y
303	432286.95	7414108.50
304	432286.95	7414108.50
305	432286.95	7414108.50
306	432286.95	7414108.50
307	432286.95	7414108.50
308	432286.95	7414108.50
309	432286.95	7414108.50
310	432286.95	7414108.50
311	403672.48	7433605.33
312	404291.01	7434180.63
313	404291.01	7434180.63
314	406508.52	7433413.06
315	406646.53	7433466.21
316	406646.53	7433466.21
317	406646.53	7433466.21
318	406646.53	7433466.21
319	406646.53	7433466.21
320	406646.53	7433466.21
321	406646.53	7433466.21
322	407128.62	7434177.11
323	406023.31	7434460.33
324	407051.24	7434508.13
325	405815.03	7434648.72
326	405815.03	7434648.72
327	405747.10	7434708.07
328	405747.10	7434708.07
329	405747.10	7434708.07
330	405747.10	7434708.07
331	408701.82	7435440.81
332	408701.82	7435440.81
333	408701.82	7435440.81
334	408701.82	7435440.81
335	408701.82	7435440.81
336	408701.82	7435440.81
337	408835.68	7436757.84
338	408831.81	7437056.74
339	408543.96	7437415.80
340	408606.41	7437422.94
341	408685.12	7437441.14
342	408687.16	7437442.26
343	408660.17	7437502.98
344	408624.78	7437599.09
345	406467.87	7437768.39
346	405948.58	7437828.22
347	406706.45	7437921.57
348	406263.64	7438011.79
349	407836.16	7438159.99
350	407836.16	7438159.99
351	408323.95	7438243.82
352	407077.03	7438370.16
353	408158.29	7438380.09

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 42 de 58

ID	X	Y
354	408340.21	7438429.92
355	407935.71	7438450.68
356	407151.20	7438504.50
357	408241.46	7438505.71
358	408211.44	7438560.88
359	408455.96	7438584.53
360	408017.21	7438632.24
361	408925.29	7438678.19
362	408098.67	7438752.83
363	408081.95	7438806.98
364	407733.31	7439229.98
365	407714.62	7439252.80
366	407847.02	7439357.27
367	422439.65	7442156.88
368	426248.08	7444171.06
369	427502.59	7444585.71
370	427502.59	7444585.71
371	427502.59	7444585.71
372	427502.59	7444585.71
373	427503.62	7444585.72
374	427629.46	7444610.68
375	427629.46	7444610.68
376	427629.46	7444610.68
377	427629.46	7444610.68
378	427629.45	7444612.90
379	427627.35	7444622.85
380	427625.21	7444641.66
381	427482.73	7444668.65
382	427482.73	7444668.65
383	427482.73	7444668.65
384	427483.61	7444698.54
385	427483.61	7444698.54
386	427483.61	7444698.54
387	427889.22	7445321.59
388	427956.76	7445332.98
389	428001.79	7445340.95
390	428001.79	7445340.95
391	428084.60	7445371.24
392	427669.21	7445379.20
393	427832.41	7445422.06
394	427375.68	7445492.84
395	427650.77	7445554.68
396	427014.78	7445705.93
397	427981.54	7445717.26
398	428734.95	7445796.15
399	427510.97	7445814.63
400	427516.03	7445827.94
401	427759.80	7446249.81
402	427813.77	7446278.91
403	426271.67	7447922.42
404	427050.06	7448132.86

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 43 de 58

ID	X	Y
405	427040.80	7448141.67
406	443719.65	7461024.44
407	443719.65	7461024.44
408	443719.65	7461024.44
409	443719.65	7461024.44
410	443719.65	7461024.44
411	443719.65	7461024.44
412	443825.95	7461065.54
413	443825.95	7461065.54
414	444317.15	7461349.91
415	441633.55	7464755.10
416	452125.87	7465055.85
417	452194.19	7465077.76
418	453126.10	7465144.90
419	452672.71	7465189.98
420	453619.02	7465914.69
421	461044.33	7468226.02
422	460803.14	7468263.33
423	461404.11	7468488.26
424	460680.39	7468619.77
425	475898.05	7473332.63
426	474247.43	7473838.02
427	474247.43	7473838.02
428	473962.08	7473908.38
429	473962.08	7473908.38
430	473962.08	7473908.38
431	473736.60	7474100.58
432	473786.27	7474156.72
433	473786.27	7474156.72
434	474205.89	7474245.22
435	474262.08	7474270.88
436	473031.65	7474391.61
437	473274.21	7474468.08
438	474022.66	7474532.32
439	476700.92	7474756.81
440	473096.69	7475319.38
441	486462.44	7484826.17
442	486457.22	7484887.05
443	486374.04	7484941.21
444	486180.92	7485040.67
445	486180.92	7485040.67
446	487887.10	7485405.20
447	487795.58	7485574.50
448	486901.19	7485637.96
449	487682.55	7485678.46
450	487662.00	7485698.37
451	487662.00	7485698.37
452	487608.56	7485750.35
453	487602.39	7485756.99
454	487577.73	7485780.21
455	487577.73	7485780.21

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 44 de 58

ID	X	Y
456	487577.73	7485780.21
457	487577.73	7485780.21
458	487562.32	7485789.06
459	487541.78	7485795.68
460	487541.78	7485795.68
461	487541.78	7485795.68
462	487541.78	7485795.68
463	487541.78	7485795.68
464	487538.70	7485796.79
465	487538.70	7485796.79
466	487538.70	7485796.79
467	487538.70	7485796.79
468	487533.57	7485797.89
469	487521.24	7485801.20
470	487719.39	7485832.36
471	487263.48	7485839.73
472	487810.73	7485883.35
473	487810.73	7485883.35
474	487207.98	7485898.35
475	487666.95	7485925.30
476	487491.35	7485934.01
477	487491.35	7485934.01
478	487021.04	7485969.04
479	487021.04	7485969.04
480	487021.04	7485969.04
481	487600.12	7486027.09
482	487257.16	7486033.44
483	487946.12	7486073.86
484	487946.12	7486073.86
485	487229.39	7486084.34
486	487229.39	7486084.34
487	487229.39	7486084.34
488	487438.85	7486103.33
489	487580.85	7486113.42
490	487024.38	7486133.04
491	487526.10	7486134.40
492	488237.69	7486144.93
493	487256.03	7486149.67
494	487241.79	7486175.87
495	487241.79	7486175.87
496	487241.79	7486175.87
497	487241.79	7486175.87
498	487241.79	7486175.87
499	487241.79	7486175.87
500	487241.79	7486175.87
501	487241.83	7486175.89
502	487241.83	7486175.89
503	487241.83	7486175.89
504	487266.63	7486178.65
505	487266.63	7486178.65
506	487266.63	7486178.65

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 45 de 58

ID	X	Y
507	487231.35	7486193.93
508	487367.89	7486231.68
509	487374.04	7486248.29
510	487164.56	7486252.54
511	487164.56	7486252.54
512	487164.56	7486252.54
513	487164.56	7486252.54
514	487164.56	7486252.54
515	487164.56	7486252.54
516	487164.56	7486252.54
517	487164.56	7486252.54
518	487164.56	7486252.54
519	487164.56	7486252.54
520	487164.56	7486252.54
521	487381.21	7486266.01
522	487660.49	7486289.48
523	487336.99	7486340.14
524	486834.86	7486344.14
525	487435.51	7486411.07
526	487561.79	7486447.70
527	487441.32	7486447.74
528	486934.38	7486448.28
529	487182.85	7486478.38
530	487187.99	7486478.38
531	487039.09	7486480.47
532	487039.09	7486480.47
533	487534.03	7486481.99
534	487465.22	7486497.43
535	487411.79	7486542.78
536	486934.73	7486544.26
537	486934.73	7486544.26
538	486934.73	7486544.26
539	487492.89	7486561.66
540	487510.31	7486610.38
541	487670.49	7486627.12
542	487667.40	7486635.97
543	487525.68	7486652.46
544	487682.77	7486673.62
545	487683.79	7486679.15
546	487683.79	7486679.15
547	487683.79	7486679.15
548	487683.79	7486679.15
549	487683.79	7486679.15
550	487683.79	7486679.15
551	487683.79	7486679.15
552	487683.79	7486679.15
553	487683.79	7486679.15
554	487683.79	7486679.15
555	487683.79	7486679.15
556	487683.79	7486679.15
557	487683.79	7486679.15

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 46 de 58

ID	X	Y
558	487683.79	7486679.15
559	487683.79	7486679.15
560	487683.79	7486679.15
561	487683.79	7486679.15
562	487683.79	7486679.15
563	487683.79	7486679.15
564	487683.79	7486679.15
565	487683.79	7486679.15
566	487683.79	7486679.15
567	487683.79	7486679.15
568	487685.85	7486679.16
569	487696.11	7486688.02
570	487696.11	7486688.02
571	487696.11	7486688.02
572	487515.22	7486882.70
573	487515.22	7486882.70
574	487515.22	7486882.70
575	487515.22	7486882.70
576	487515.22	7486882.70
577	487515.22	7486882.70
578	487515.22	7486882.70
579	487515.22	7486882.70
580	487515.22	7486882.70
581	487515.22	7486882.70
582	487515.22	7486882.70
583	487515.22	7486882.70
584	487515.22	7486882.70
585	487515.22	7486882.70
586	487515.22	7486882.70
587	487515.22	7486882.70
588	487515.22	7486882.70
589	487515.22	7486882.70
590	487515.22	7486882.70
591	487515.22	7486882.70
592	487515.22	7486882.70
593	487515.22	7486882.70
594	489152.26	7487162.35
595	487477.55	7487244.20
596	488597.03	7487584.25
597	488569.96	7487941.02
598	486601.22	7488991.66
599	494147.82	7490721.29
600	498292.65	7492952.73
601	498278.43	7492986.71
602	497938.93	7493200.44
603	498972.70	7493212.92
604	499269.58	7493384.52
605	499268.55	7493402.23
606	498960.35	7493425.45
607	499284.99	7493443.18
608	499018.91	7493460.88

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 47 de 58

ID	X	Y
609	499293.20	7493465.32
610	499293.20	7493465.32
611	499175.06	7493468.64
612	499295.26	7493471.97
613	499295.26	7493471.97
614	499295.26	7493471.97
615	499299.37	7493486.36
616	499300.39	7493490.78
617	499310.67	7493520.67
618	498895.63	7493525.08
619	498919.25	7493537.25
620	498802.31	7493552.79
621	498802.31	7493552.79
622	498802.31	7493552.79
623	499075.41	7493563.83
624	499075.41	7493563.83
625	499075.41	7493563.83
626	499075.41	7493563.83
627	499075.41	7493563.83
628	499327.10	7493568.27
629	498907.79	7493590.95
630	498907.91	7493591.01
631	498907.91	7493591.01
632	499106.22	7493647.96
633	499105.19	7493649.07
634	499203.82	7493669.00
635	499211.00	7493719.92
636	498728.13	7494054.18
637	499373.92	7494312.19
638	498594.30	7493873.71
639	488116.85	7487284.12
640	393685.28	7410613.89
641	393312.21	7410388.46
642	504689.98	7502500.93
643	503705.60	7502650.44
644	503912.92	7502693.05
645	503624.54	7502800.00
646	504916.38	7503047.44
647	504808.17	7503108.12
648	504806.60	7503109.17
649	503935.54	7503248.73
650	505058.02	7503255.90
651	503939.45	7503262.57
652	504056.67	7503581.18
653	503937.27	7503691.89
654	503937.27	7503691.89
655	504336.97	7503855.62
656	504006.06	7504155.61
657	506842.52	7504182.68
658	504013.85	7504284.48
659	504751.24	7504384.40

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 48 de 58

ID	X	Y
660	505526.89	7504453.84
661	504128.20	7502665.71
662	504067.57	7502756.50
663	504067.57	7502756.50
664	504022.36	7502825.14
665	504103.57	7502829.54
666	503912.38	7502859.48
667	504023.40	7502860.56
668	504104.61	7502863.86
669	503704.74	7502867.28
670	504024.46	7502970.15
671	504005.96	7502976.79
672	504005.96	7502976.79
673	504005.96	7502976.79
674	504005.96	7502976.79
675	503978.20	7502986.76
676	503756.17	7503008.96
677	504250.62	7503009.94
678	503872.33	7503024.43
679	504085.12	7503028.80
680	504089.24	7503038.76
681	503628.71	7503044.41
682	504098.49	7503047.61
683	503875.25	7503055.67
684	503875.25	7503055.67
685	503874.40	7503056.53
686	503730.49	7503074.27
687	503728.43	7503075.38
688	504109.81	7503076.39
689	504109.81	7503076.39
690	504109.81	7503076.39
691	504233.16	7503079.68
692	504187.58	7503087.36
693	503786.00	7503096.40
694	504047.11	7503107.40
695	504113.93	7503109.60
696	503676.02	7503131.85
697	504123.18	7503132.84
698	503914.51	7503143.97
699	504011.14	7503158.33
700	504022.45	7503163.86
701	504022.45	7503163.86
702	503837.42	7503178.30
703	503930.97	7503189.35
704	504150.96	7503192.61
705	503713.04	7503201.58
706	503812.76	7503205.98
707	503820.85	7503209.00
708	503820.85	7503209.00
709	503820.85	7503209.00
710	504102.65	7503233.58

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 49 de 58

ID	X	Y
711	503726.41	7503239.21
712	504082.09	7503241.33
713	503730.53	7503253.60
714	504025.56	7503261.27
715	504025.56	7503261.27
716	504025.56	7503261.27
717	504025.56	7503261.27
718	503700.72	7503262.46
719	503700.72	7503262.46
720	503700.72	7503262.46
721	503833.33	7503265.75
722	503688.39	7503266.89
723	504067.85	7503277.29
724	503840.53	7503287.89
725	503966.43	7503314.29
726	503966.43	7503314.29
727	503859.05	7503339.91
728	503859.05	7503339.91
729	503859.05	7503339.91
730	503755.23	7503353.22
731	504235.31	7503402.90
732	505161.63	7503410.89
733	504662.95	7503411.63
734	504662.95	7503411.63
735	504662.95	7503411.63
736	504662.95	7503411.63
737	504662.95	7503411.63
738	504662.95	7503411.63
739	504662.95	7503411.63
740	504662.95	7503411.63
741	504662.95	7503411.63
742	504662.95	7503411.63
743	504662.95	7503411.63
744	504662.95	7503411.63
745	504652.67	7503413.85
746	503888.88	7503419.60
747	503776.83	7503420.73
748	503776.83	7503420.73
749	503778.89	7503427.38
750	503778.89	7503427.38
751	504231.21	7503438.33
752	503897.11	7503443.95
753	504246.64	7503479.28
754	503798.43	7503482.72
755	504252.81	7503494.77
756	503810.78	7503515.92
757	503785.09	7503561.31
758	504190.12	7503572.28
759	503849.86	7503579.01
760	503849.86	7503579.01
761	504186.01	7503583.35

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 50 de 58

ID	X	Y
762	504457.41	7503600.98
763	503783.04	7503602.27
764	503783.04	7503602.27
765	503783.04	7503602.27
766	504384.43	7503617.61
767	504296.12	7503624.55
768	503970.15	7503649.82
769	504318.65	7503671.87
770	504394.73	7503691.77
771	504318.66	7503699.54
772	503889.88	7503705.12
773	503889.88	7503705.12
774	503882.79	7503715.15
775	503888.96	7503730.65
776	504182.97	7503736.11
777	504182.97	7503736.11
778	504211.76	7503758.24
779	504211.76	7503758.24
780	504010.27	7503760.51
781	504010.27	7503760.51
782	504010.27	7503760.51
783	504010.27	7503760.51
784	504010.27	7503760.51
785	503931.13	7503808.12
786	504027.76	7503809.21
787	504339.25	7503810.23
788	504339.25	7503810.23
789	504339.25	7503810.23
790	504339.25	7503810.23
791	504339.25	7503810.23
792	504339.25	7503810.23
793	504339.25	7503810.23
794	504339.25	7503810.23
795	504339.25	7503810.23
796	504442.80	7503810.44
797	503928.95	7503812.03
798	504441.03	7503830.12
799	504441.03	7503830.12
800	504441.03	7503830.12
801	504233.94	7503883.24
802	504233.94	7503883.24
803	504479.08	7503890.99
804	504479.08	7503890.99
805	504409.19	7503916.47
806	504100.79	7503967.48
807	504100.79	7503967.48
808	504361.92	7503998.40
809	504353.70	7504001.72
810	504353.70	7504001.72
811	504470.91	7504080.28
812	504146.89	7504120.63

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 51 de 58

ID	X	Y
813	504196.17	7504181.05
814	504112.65	7504237.67
815	504872.99	7504441.02
816	504872.99	7504441.02
817	505614.21	7504471.27
818	504721.99	7504856.17
819	504721.99	7504856.17
820	504721.99	7504856.17
821	504721.99	7504856.17
822	504746.68	7504883.84
823	504746.68	7504883.84
824	504746.68	7504883.84
825	505122.96	7504888.14
826	487263.48	7485839.73
827	487207.98	7485898.35
828	487521.24	7485801.20
829	487491.35	7485934.01
830	487438.85	7486103.33
831	487367.89	7486231.68
832	487336.99	7486340.14
833	479841.50	7476694.76
834	479977.26	7476760.75
835	480538.84	7476467.78
836	479269.43	7477027.73
837	480213.46	7477117.08
838	481022.47	7477373.01
839	481394.08	7477579.01
840	480632.36	7476157.80
841	480638.41	7476239.72
842	480614.63	7476378.07
843	480511.88	7476485.31
844	480504.68	7476495.27
845	479255.78	7476543.02
846	479212.87	7476603.13
847	479264.70	7476643.15
848	479774.38	7477011.27
849	480042.80	7477013.49
850	479973.46	7477015.96
851	479429.56	7477021.87
852	480460.82	7477056.92
853	479387.42	7477070.52
854	479387.42	7477070.52
855	480180.64	7477103.68
856	480012.24	7477183.16
857	480724.22	7477285.72
858	480528.27	7477304.50
859	480440.01	7477313.24
860	479418.87	7477332.92
861	479418.87	7477332.92
862	479418.87	7477332.92
863	479418.87	7477332.92

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 52 de 58

ID	X	Y
864	479418.87	7477332.92
865	479418.87	7477332.92
866	480573.38	7477338.87
867	480180.31	7477354.97
868	480180.31	7477354.97
869	480180.31	7477354.97
870	480180.31	7477354.97
871	480147.46	7477364.89
872	480583.61	7477366.56
873	479619.47	7477382.16
874	479656.88	7477394.12
875	480641.97	7477476.22
876	480647.10	7477476.23
877	480647.10	7477476.23
878	480647.10	7477476.23
879	480647.10	7477476.23
880	480647.10	7477476.23
881	479871.25	7477476.33
882	480465.43	7477492.60
883	480465.43	7477492.60
884	480611.15	7477500.54
885	480611.15	7477500.54
886	480611.15	7477500.54
887	480611.15	7477500.54
888	480611.15	7477500.54
889	480611.15	7477500.54
890	480611.15	7477500.54
891	480611.15	7477500.54
892	480611.15	7477500.54
893	480611.15	7477500.54
894	480611.15	7477500.54
895	480611.15	7477500.54
896	480611.15	7477500.54
897	480611.15	7477500.54
898	480611.15	7477500.54
899	479846.59	7477502.86
900	480691.19	7477503.96
901	480620.37	7477510.51
902	480575.21	7477511.56
903	480402.99	7477521.32
904	480464.57	7477534.85
905	480413.03	7477541.24
906	480355.55	7477548.92
907	480355.55	7477548.92
908	480355.55	7477548.92
909	480355.55	7477548.92
910	480355.55	7477548.92
911	480355.55	7477548.92
912	480271.27	7477561.30
913	480271.27	7477561.30
914	480271.27	7477561.30

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 53 de 58

ID	X	Y
915	480214.88	7477606.30
916	480214.88	7477606.30
917	480484.76	7477621.04
918	480205.61	7477629.53
919	480007.44	7477707.87
920	480472.33	7477714.01
921	480469.24	7477719.54
922	480469.24	7477719.54
923	480469.24	7477719.54
924	480469.24	7477719.54
925	480469.24	7477719.54
926	479848.31	7477751.93
927	480432.25	7477759.34
928	480359.77	7477800.77
929	481073.58	7477005.20
930	481073.58	7477005.20
931	481071.52	7477010.73
932	481129.89	7477127.10
933	481206.69	7477148.99
934	481055.75	7477307.38
935	481055.75	7477307.38
936	481055.75	7477307.38
937	481055.75	7477307.38
938	481055.75	7477307.38
939	481055.75	7477307.38
940	481055.75	7477307.38
941	481055.75	7477307.38
942	481055.75	7477307.38
943	480958.22	7477338.25
944	481100.85	7477351.71
945	481100.85	7477351.71
946	480895.59	7477366.95
947	480984.68	7477518.72
948	480984.68	7477518.72

ANEXO 3 – QUANTITATIVO DE EDIFICAÇÕES ATINGIDAS POR ZAS

ZAS	Edificações Atingidas até 30 min no Cenário 4
ZAS 1	52
ZAS 2	324
ZAS 3	183
ZAS 4	191
ZAS 5	1012
ZAS 6	232
Total	1994

ANEXO 4 – QUANTITATIVO DE EDIFICAÇÕES ATINGIDAS POR ZSS

ZSS	Município	C4
ZSS1	Aparecida	2183
ZSS2	Aparecida	1645
ZSS1	Caçapava	4597
ZSS2	Caçapava	2149
ZSS1	Cachoeira Paulista	3530
ZSS2	Cachoeira Paulista	300
ZSS1	Canas	617
ZSS1	Cruzeiro	4313
ZSS1	Guararema	4574
ZSS1	Guaratinguetá	461
ZSS2	Guaratinguetá	3364
ZSS3	Guaratinguetá	3871
ZSS4	Guaratinguetá	4175
ZSS5	Guaratinguetá	2499
ZSS1	Jacareí	71
ZSS2	Jacareí	236
ZSS3	Jacareí	4100
ZSS4	Jacareí	16678
ZSS5	Jacareí	329
ZSS1	Jambeiro	27
ZSS1	Lavrinhas	230
ZSS1	Lorena	6765
ZSS2	Lorena	60
ZSS1	Paraibuna	172
ZSS2	Paraibuna	101
ZSS3	Paraibuna	190
ZSS1	Pindamonhangaba	2445
ZSS2	Pindamonhangaba	3076
ZSS1	Potim	3576
ZSS1	Roseira	12
ZSS1	Santa Branca	82
ZSS2	Santa Branca	1092
ZSS1	São José dos Campos	2709
ZSS2	São José dos Campos	7810
ZSS3	São José dos Campos	41
ZSS1	Taubaté	277
ZSS2	Taubaté	150
ZSS1	Tremembé2	1488
ZSS2	Tremembé2	419

ANEXO 5 – TEMPO DE CHEGADA DA ONDA DE INUNDAÇÃO

Cenário	Município	ZAS/ZSS	Tempo de Chegada da Onda (h)
C4	Paraibuna	ZAS 1	00:00
C4	Paraibuna	ZAS 2	00:04
C4	Paraibuna	ZAS 3	00:14
C4	Paraibuna	ZAS 4	00:16
C4	Paraibuna	ZAS 5	00:20
C4	Paraibuna	ZAS 6	00:24
C4	Paraibuna	ZSS 1	00:31
C4	Paraibuna	ZSS 2	00:32
C4	Paraibuna	ZSS 3	00:38
C4	Jambeiro	ZSS 1	01:37
C4	Santa Branca	ZSS 1	01:26
C4	Santa Branca	ZSS 2	02:10
C4	Jacareí	ZSS 1	01:42
C4	Jacareí	ZSS 2	02:35
C4	Jacareí	ZSS 3	04:57
C4	Jacareí	ZSS 4	06:19
C4	Jacareí	ZSS 5	07:09
C4	Guararema	ZSS 1	03:59
C4	São José dos Campos	ZSS 1	07:10
C4	São José dos Campos	ZSS 2	08:16
C4	São José dos Campos	ZSS 3	10:00
C4	Caçapava	ZSS 1	10:22
C4	Caçapava	ZSS 2	12:42
C4	Taubaté	ZSS 1	13:18
C4	Taubaté	ZSS 2	13:58
C4	Tremembé	ZSS 1	14:21
C4	Tremembé	ZSS 2	15:19
C4	Pindamonhangaba	ZSS 1	15:20
C4	Pindamonhangaba	ZSS 2	19:33
C4	Roseira	ZSS 1	20:55
C4	Potim	ZSS 1	21:35
C4	Aparecida	ZSS 1	23:00
C4	Aparecida	ZSS 2	23:53
C4	Guaratinguetá	ZSS 1	23:45
C4	Guaratinguetá	ZSS 2	24:05
C4	Guaratinguetá	ZSS 3	24:16
C4	Guaratinguetá	ZSS 4	24:39
C4	Guaratinguetá	ZSS 5	25:01
C4	Lorena	ZSS 1	25:37
C4	Lorena	ZSS 2	26:19
C4	Canas	ZSS 1	26:54
C4	Cachoeira Paulista	ZSS 1	27:00

CONTRATO: N° 4601021827/PEDIDO N° 4513252401
UHE Paraibuna e UHE Porto Primavera

N° 1042-PB-12-GL-810-RT-0001

TÍTULO: UHE PARAIBUNA – SIMULAÇÃO DE RUPTURA – DAM BREAK

FOLHA: 57 de 58

Cenário	Município	ZAS/ZSS	Tempo de Chegada da Onda (h)
C4	Cachoeira Paulista	ZSS 2	28:37
C4	Cruzeiro	ZSS 1	29:37
C4	Lavrinhas	ZSS 1	32:11

ANEXO 6 – PARÂMETROS OBTIDOS NAS SEÇÕES DE ENTRADA DAS ZAS E ZSS DO MUNICÍPIO DE PARAIBUNA

Cenário	Município	ZAS/ZSS	Tempo de Chegada da Onda (h)	Distância em Relação a Estrutura Rompida (km)	Vazão Máxima (m ³ /s)	Prof. Máxima do NA (m)	Elevação Máxima do NA (m)	Tempo de Rebaixamento do NA até a calha do rio Paraíba do Sul (h)	Risco Hidrodinâmico Máximo (m ² /s)
C4	Paraibuna	ZAS 1	0:00	0.0	87459	28	671	135	615
C4	Paraibuna	ZAS 2	0:04	1.2	89220	47	669	141	524
C4	Paraibuna	ZAS 3	0:14	5.9	10400	34	665	128	48
C4	Paraibuna	ZAS 4	0:16	5.2	88829	46	665	153	650
C4	Paraibuna	ZAS 5	0:20	7.9	88768	40	661	141	576
C4	Paraibuna	ZAS 6	0:24	9.7	88624	35	655	146	488
C4	Paraibuna	ZSS 1	0:31	4.3	2350	19	669	22	15
C4	Paraibuna	ZSS 2	0:32	9.0	4754	21	666	25	33
C4	Paraibuna	ZSS 3	0:38	16.7	88003	32	644	128	590

ANEXO 7 – MUNICÍPIOS E QUANTIDADE DE EDIFICAÇÕES AFETADAS ATÉ A UHE SANTA BRANCA

Município	Edificações Afetadas
Paraibuna	2.457
Jambeiro	27
Santa Branca	82
Jacareí	37