

VORTEX ENERGIA LTDA.

BARRAGEM PCH JACARÉ

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE



FICHA PARA CONTROLE DE REVISÕES			
Revisão	Data	Itens	Descrição das alterações
0	23/05/2022	Todos	Primeira Emissão
1	22/07/2022	I-8.5.4	Conferência das Edificações 03 e 12
Cópias distribuídas a: PCH Jacaré / Vortex Energia Ltda. Defesa Civil Estadual do Paraná Defesa Civil Regional – Francisco Beltrão – PR Defesa Civil Municipal Francisco Beltrão – PR Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão – PR			
Nº da ART de Referência: Inicial:		Responsável Técnico pela Elaboração: Eng. Eduardo Jefferson Mayer CREA PR 104.801/D	

Sumário

SEÇÃO I. CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM	4
I-1. APRESENTAÇÃO	4
I-2. OBJETIVOS DO PAE	4
I-3. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS	4
I-3.1 Lista de Contatos do PAE	4
I-3.2 Lista de Entidades para Distribuição de Cópia do PAE	5
I-4. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM; ESTRUTURAS ASSOCIADAS LOCALIZAÇÃO E ACESSO	5
I-4.1 Localização e Acesso	5
I-5. ESTRUTURAS ASSOCIADAS FUNDAÇÕES E ANCORAGEM	8
I-5.1. Descrição Geral	8
I-5.2. Ombreira Esquerda (OE).....	11
I-5.3. Vertedouro.....	17
I-5.4. Ombreira Direita (OD).....	18
I-6. RESERVATÓRIO E ESTUDOS HIDRÁULICOS DO VERTEDEDOR	20
I-6.1. Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro e Descarregador de Fundo	22
I-7. ESTUDO SOBRE ROMPIMENTO DA BARRAGEM	25
I-7.1. Premissas Técnicas Adotadas Neste Estudo	25
I-7.2. Falhas nas Fundações.....	25
I-7.3. Falhas no projeto, na Construção ou na Operação	26
I-7.4. Caracterização do Rompimento da Barragem	26
I-7.6. Identificação de Áreas de Risco à Jusante	27
I-8.1. Considerações Sobre os Efeitos da Ruptura.....	30
I-8.2. Cálculo da Brecha da Barragem e Hidrograma de Ruptura	31
I-8.3. Descrição da Topografia Utilizada do rio Santana.....	34
I-8.4. Pós-Processamento da Topografia.....	39
I-8.5. Modelagem HEC-RAS	40
I-8.5.1. HEC-RAS	41
I-8.5.2. RAS MAPPER	41
I-8.5.3. PROCESSAMENTO FINAL HEC-RAS	43

I-8.5.4 MANCHA DE INUNDAÇÃO E ANÁLISE DO VALE A JUSANTE	45
I-9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	50
SEÇÃO II: DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	52
II-1 Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura	52
II-2. Caracterização dos Níveis de Segurança das Barragens	52
II-2.1. Nível Normal	52
II-2.2. Nível de Atenção	52
II-2.3. Nível de Alerta	53
II-2.4. Nível de Emergência.....	53
II-3. Identificação e Análise das Possíveis Situações de Emergência.....	54
II.4. Ações esperadas para cada nível de segurança.....	72
II.5 Classificação do nível de resposta – indicadores qualitativos detectáveis pela inspeção visual na barragem	74
II.6 Ações Esperadas.....	76
II.6.1 Nível de Resposta: VERDE	76
II.6.2 Nível de Resposta: AMARELO	77
II.6.3 Nível de Resposta: LARANJA.....	79
II.6.4 Nível de Resposta: VERMELHO	81
SEÇÃO III- FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO	85
III-2. ANEXO: ART PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL – PCH JACARÉ	86
III-3. ANEXO: PLANILHA RESULTANTE DO CÁLCULO DO HIDROGRAMA DE PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA DECORRENTE DA RUPTURA DA BARRAGEM ...	87
III-4. ANEXO: MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTABILIDADE DA BARRAGEM DE CONCRETO – PCH JACARÉ	92
III-5. ANEXO: MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTABILIDADE DA BARRAGEM DE ENROCAMENTO / ARGILA – PCH JACARÉ	93

SEÇÃO I. CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM

I-1. APRESENTAÇÃO

A Lei Federal n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010 estabelece a política nacional de segurança de barragens (PNSB), além de criar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Em seu artigo 12, define-se que o PAE será responsável por estabelecer as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem, em caso de situação de emergência, bem como identificar os agentes a serem notificados em casos emergenciais.

Dado à pequena altura desta barragem, e a baixa densidade populacional à jusante desta barragem, estamos apresentando este documento em análise simplificada da simulação de uma eventual ruptura da barragem e a consequente de propagação de ondas, com níveis simulados e quais serão as preocupações quanto à população em risco a jusante.

I-2. OBJETIVOS DO PAE

Apresentar todas as informações pertinentes a Barragem da PCH Jacaré, sob os moldes exigidos pela ANA (Agência Nacional de Águas), suas características principais e os efeitos relativos aos seu colapso, de modo que tais informações estejam disponíveis a quaisquer agentes que necessitem de informações sobre este empreendimento, para que sejam tomadas todas as ações de segurança constantes na Lei acima citada.

I-3. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS

I-3.1 Lista de Contatos do PAE

Tabela 1 - Lista de contatos de emergência

EMPREENDEDOR	Nome: Elisandro Carles	
	Contato: (46) 98802-5480	
COORDENADOR DO PAE	Nome: Ubirajara Martins Ferreira Função: Engenheiro de Segurança do Trabalho	
	Contato: (46) 98802-5480	
ENTIDADE FISCALIZADORA	Nome: ANEEL	Nome: Gentil Nogueira de Sa Junior
		Fone: (61) 2192-8931
		Celular: (61) 99323-3693

BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA	Montante: PCH Bedim	Nome:
		Contato:
	Montante: PCH Vila Galupo	Nome:
		Contato:
AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL	Comissão Municipal de Defesa Civil de Francisco Beltrão	Fone: 193 ou (46) 3520-2123
		Celular: (46) 98404-9669
	Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão	Contato: (46) 3520-2121
	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná	Contato: (41) 3281-2512
	Gabinete do Governador de Estado	Contato: (41) 3350-2400
VALE A JUSANTE	Associação de Moradores (inexistente)	Contato: /

I-3.2 Lista de Entidades para Distribuição de Cópia do PAE

Tabela 2 – Lista de Entidades para Distribuição do PAE

Entidade	Nº de Cópias
Entidade Fiscalizadora: ANEEL	1
Comissão Municipal de Defesa Civil (COMDEC) de Francisco Beltrão	1
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) do Estado do Paraná	1
Centro Nacional de Administração de Desastres (CENAD)	1
Prefeitura de Francisco Beltrão	1

I-4. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM; ESTRUTURAS ASSOCIADAS LOCALIZAÇÃO E ACESSO

I-4.1 Localização e Acesso

A **BARRAGEM PCH Jacaré**, (de propriedade de Vortex Energia Ltda., inscrita sob CNPJ nº 23.742.160/0001-01, está localizada no rio Santana, sendo este afluente do rio Marrecas pela margem esquerda, na bacia do rio Paraná, sub bacia 65, localizada entre os municípios de

Francisco Beltrão e Bom Sucesso do Sul, PR, cujo reservatório está inserido integralmente nos municípios citados.

A seguir são apresentadas as coordenadas da barragem:

- Coordenadas Geográficas: 26° 2' 21,24" S; 52° 55' 57,93" W.
- Coordenadas UTM: 306.596,85 m E; 7.118.472,92 m S. SIRGAS 2000 (Processado com o auxílio do Software ProGrid IBGE).

A área da bacia de contribuição é de 767 km² desde a sua nascente até o barramento desta usina.

A barragem da PCH Jacaré, cuja autorização foi outorgada para fins de exploração do aproveitamento de energia hidráulica, cuja potência instalada é 5,60 MW, tem sua barragem localizada entre os municípios de Francisco Beltrão e Bom Sucesso do Sul, PR, e sua casa de força inserida integralmente em Francisco Beltrão.

Tabela 3 – Localização da Barragem

Localização da Barragem	
Coordenadas	-52° 55' 57,93" N / -26° 02' 21,24903" L
Curso d'água	Rio Santana
Sub-bacia/Código	Rio Iguaçu/65
Bacia/Código	Rio Paraná/06

As figuras a seguir apresentam a localização da barragem da PCH Jacaré:

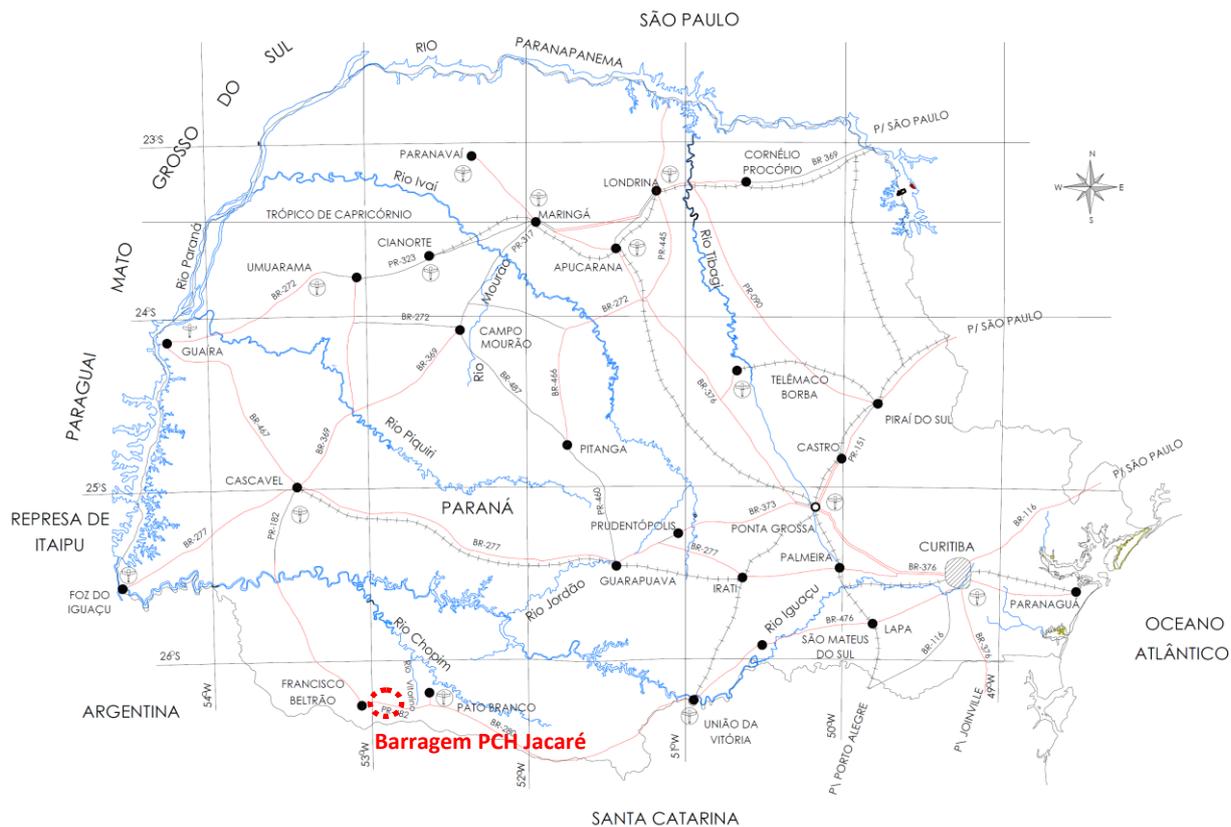


Figura 1 - Localização da PCH Jacaré.

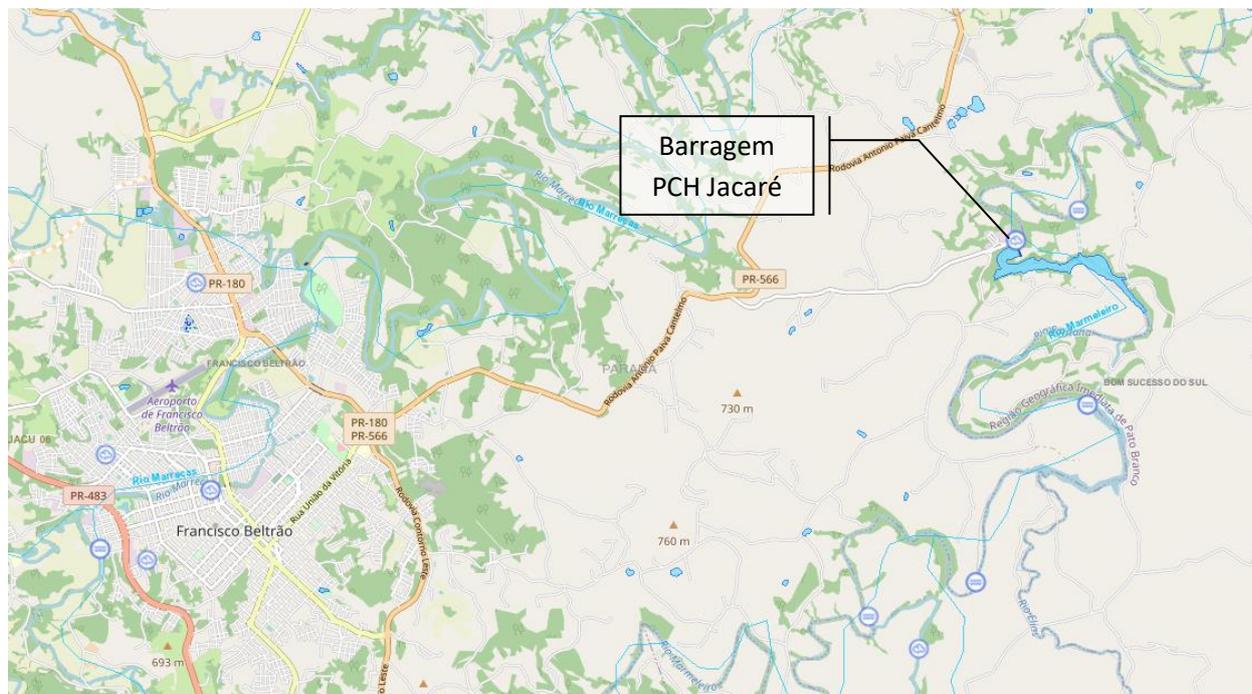


Figura 2 - Localização da PCH Jacaré.

Para o acesso principal à **BARRAGEM PCH Jacaré**:

A barragem localiza-se em área rural (Seção Jacaré) distante cerca de 11 km do município de Francisco Beltrão, no estado do Paraná.

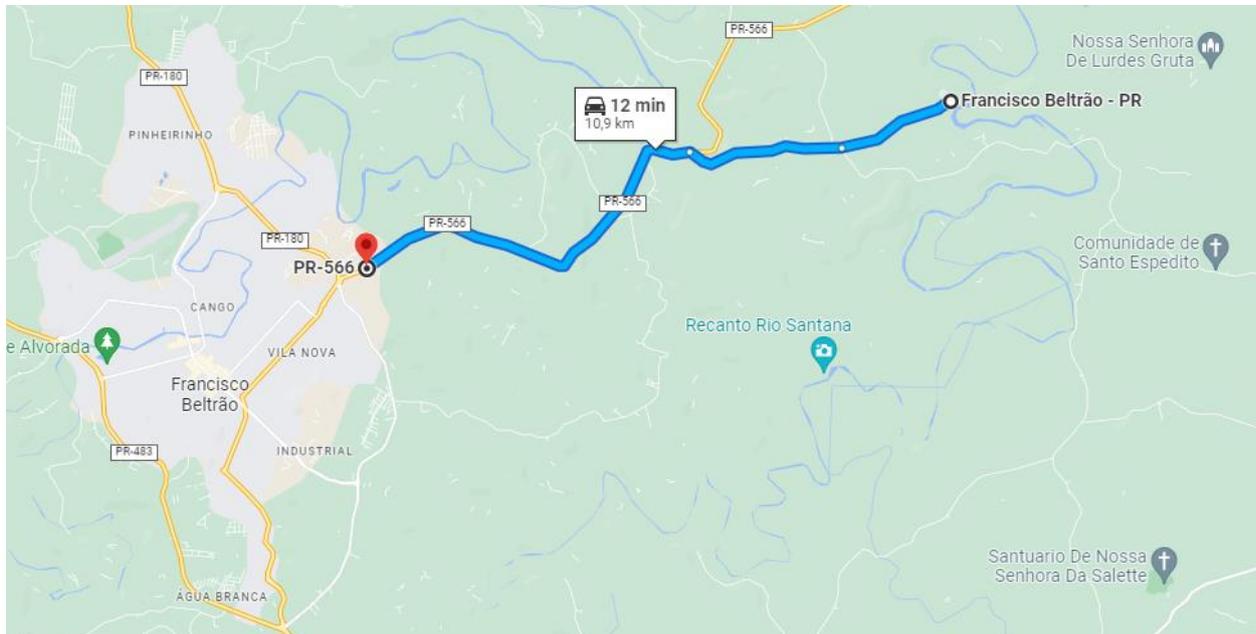


Figura 3 - Acesso via Francisco Beltrão.

Pela capital Curitiba, o acesso a usina pode ser feito pela BR 277, percorrendo 310 km sentido a cidade de Foz do Iguaçu, segue-se então pela BR 373 por mais 150km até a cidade de Pato Branco. De Pato Branco segue-se por mais 20km até a cidade Bom Sucesso do Sul e desta mais 8km até a região próxima ao local da obra, conhecida na região como Seção Jacaré.

Em geral, o acesso até a barragem pode ser feito sob qualquer condição climática, foram melhorados todos os acessos as estruturas durante a obra da construção da PCH Jacaré.

I-5. ESTRUTURAS ASSOCIADAS FUNDAÇÕES E ANCORAGEM

I-5.1. Descrição Geral

A Barragem PCH Jacaré com extensão total aproximada de 253,15 m de comprimento (seguindo-se da margem direita para a margem esquerda) é composta de:

- Na margem direita, a barragem é do tipo enrocamento com núcleo em argila compactada, com 80,85m de comprimento, executada na el. 515,50 m (borda livre de 0,99m);
- Na parte central possui um vertedouro do tipo soleira livre com 100m de comprimento, constituído em concreto ciclópico com capa de concreto estrutural. A montante, o vertedouro possui paramento vertical, e a jusante, inclinado em 0,95H:1,00V, em escada dissipante de energia. A altura média do vertedouro varia entre 11,74 a 13,74 metros.
- Na margem esquerda, encontra-se a barragem em concreto, com extensão aproximada de 58,90 metros, coroada na elevação 515,00 m, servindo de acesso ao descarregador de fundo.
- Adjacente a barragem de concreto, finaliza-se o fechamento desta margem com uma barragem constituída em enrocamento, com núcleo vedante em solo compactado, com 13,4m de comprimento, 4,50 m de largura, coroada na elevação 515,00m, cujos espaldares a montante e a jusante possuem inclinação constante de 1,4V:1,0H. A borda livre (*freeboard*) foi calculado como 0,99m).

Como pode ser visualizado pelas figuras abaixo, a barragem vertente possui altura máxima de 13,74m, sendo este o responsável pelo alteamento do reservatório, e seu volume morto associado ao represamento é pequeno, devido à baixa altura da barragem e pela característica local do reservatório, que está formado em vale encaixado, refletindo em um reservatório d'água de pequeno porte.

As principais características do empreendimento estão listadas no Quadro a seguir:

Tabela 4 – Características do Barramento da PCH Jacaré

Características da Barragem	
Empreendedor	Alcast do Brasil S/A
Entidade Fiscalizadora	ANEEL
Barragem Principal	
Tipo	Enrocamento/Argila (OE); Concreto ciclópico com capa de concreto estrutural (Vertedouro);

	Argila/Concreto (OD)
Altura máxima acima da fundação	17,74 m
Cota do coroamento	515,00 m
Comprimento do coroamento	153,15 m
Bacia Hidrográfica	
Área de drenagem	767,00 km ²
Precipitação média na bacia	1901,0 mm/ano
Volume anual médio afluyente	731.635.200,00 m ³
Vazão máxima de projeto (1.000 anos)	1097 m ³ /s
Vazão máxima de desvio (10 anos)	317 m ³ /s
Características Geológicas Regionais	
Fundação	Rocha sã

As figuras a seguir apresentam o projeto da barragem, em planta e perfil:

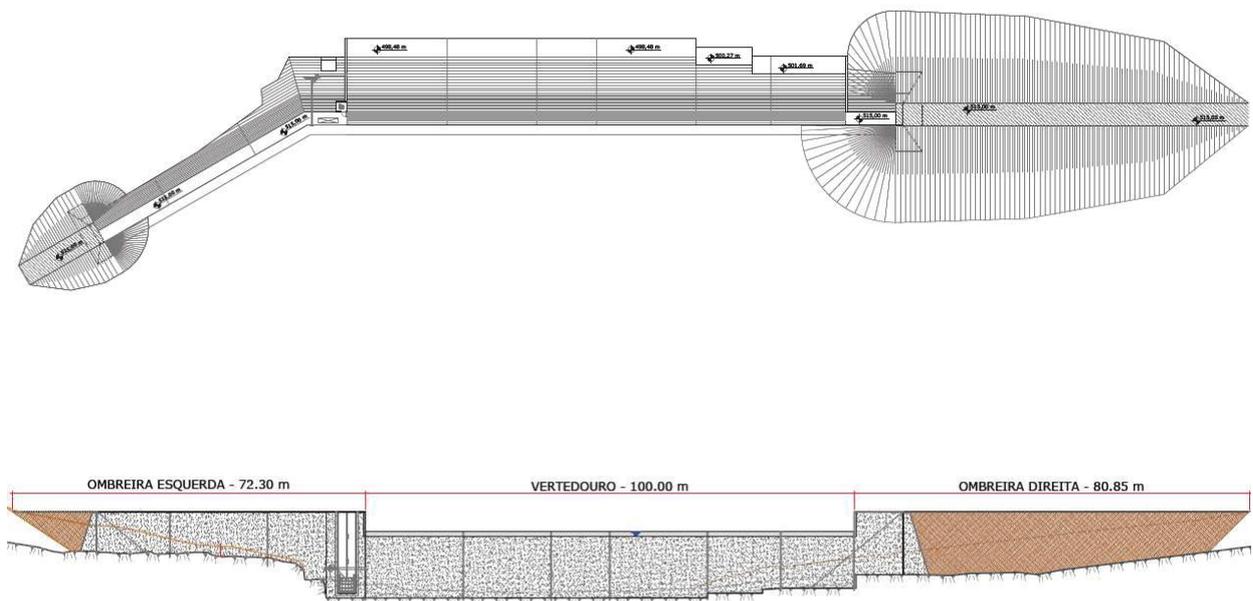


Figura 4 - Projeto do Barramento - Planta e Perfil. Fonte: Enebrás

As demais estruturas da PCH Jacaré são: Tomada d'água, túnel adutor conduto forçado, casa de força e canal de fuga, conforme visualizado na figura a seguir:

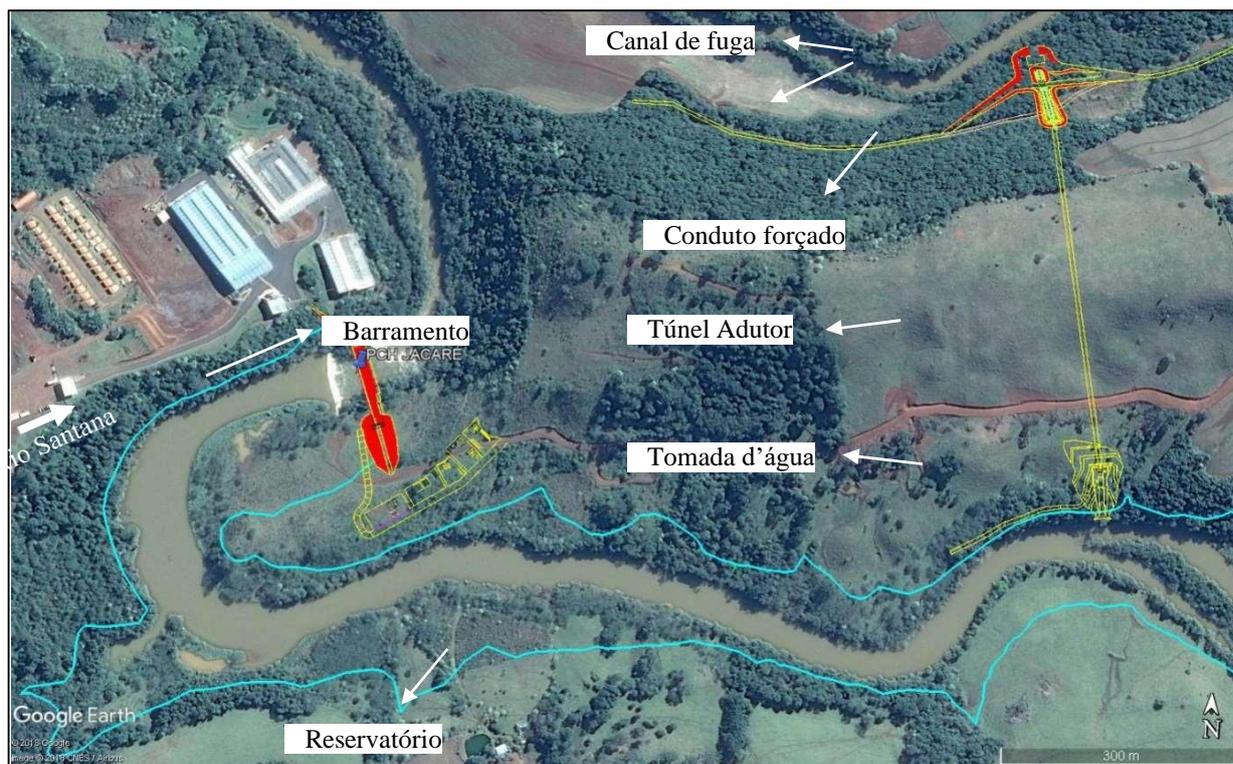


Figura 5 - Estruturas da PCH Jacaré.

Nos itens a seguir as estruturas do barramento são descritas detalhadamente:

I-5.2. Ombreira Esquerda (OE)

A ombreira esquerda inicia por um trecho de barragem de enrocamento do núcleo de argila. Este trecho tem altura máxima de 8,15 metros de altura. Sua seção típica e representação em planta podem ser visualizadas nas figuras a seguir.

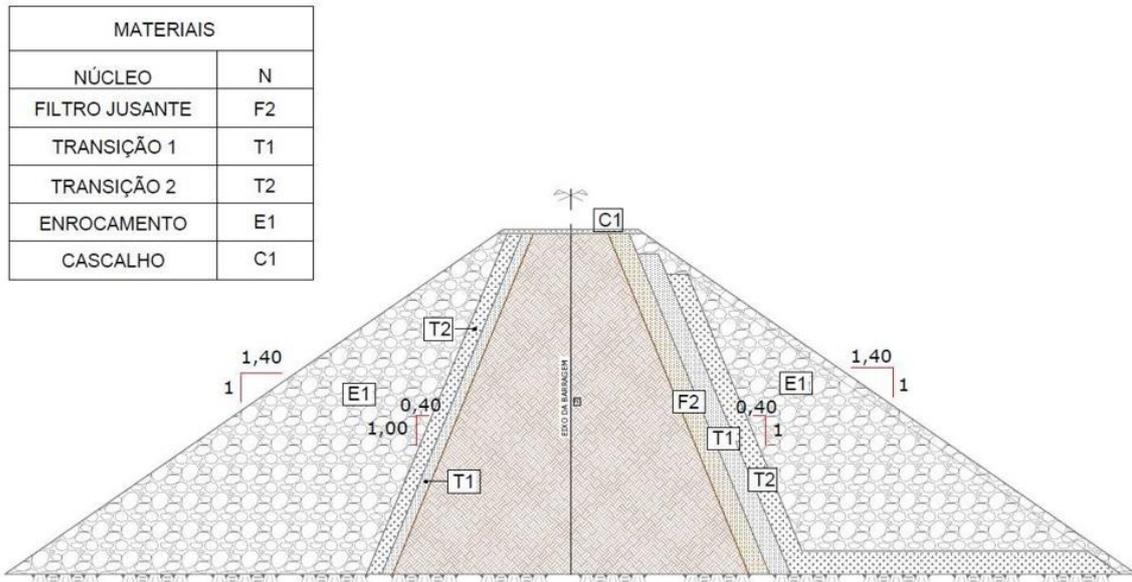


Figura 6 - Seção típica da Barragem Margem Esquerda da PCH Jacaré. Fonte: Enebrás

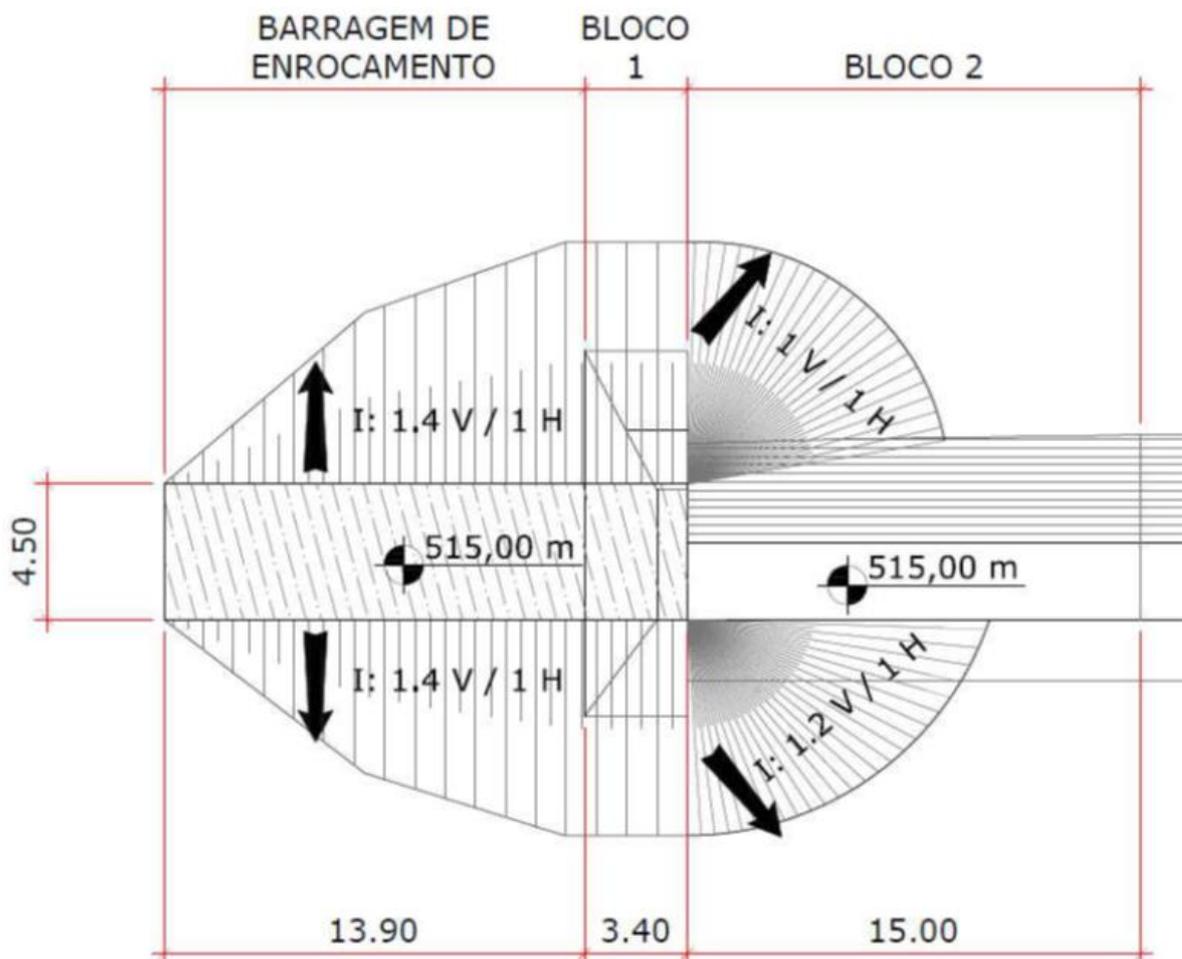


Figura 7 - Planta da Barragem Margem Esquerda da PCH Jacaré. Fonte: Enebrás

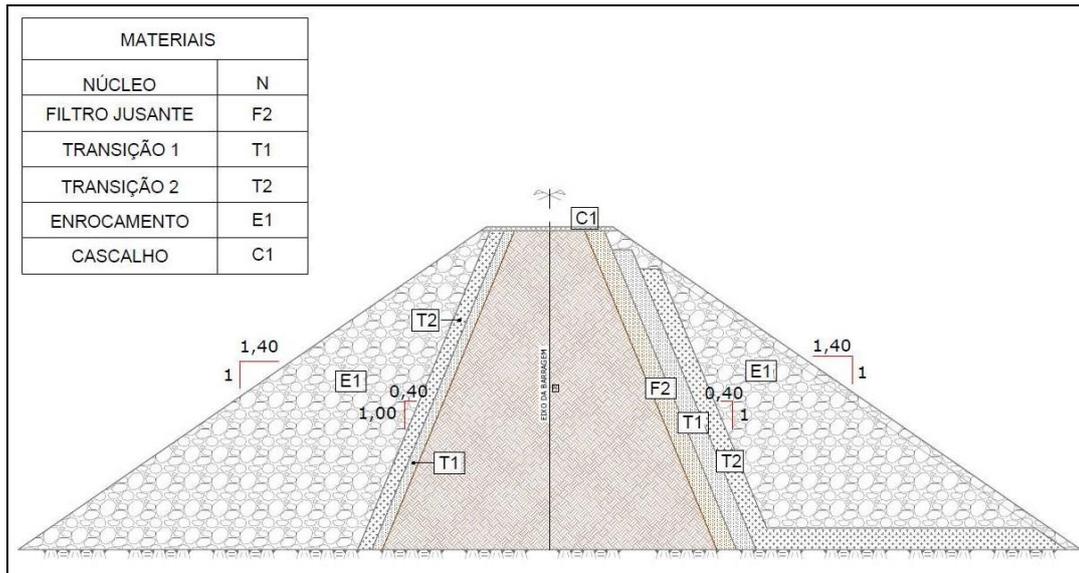


Figura 8 - Seção Típica Barragem Margem Esquerda. Fonte: Enebrás



Figura 9 - Foto da Margem Esquerda da PCH Jacaré.

Como pode-se observar na Figura anterior, existe uma estrutura de transição entre o trecho de concreto da ombreira esquerda e a ombreira de enrocamento com núcleo de argila, denominado muro de transição (bloco 1). A barragem de enrocamento com núcleo de argila “abraça” este muro de transição e finaliza com uma saia até o encontro com o trecho de concreto da ombreira.

O Muro de transição da margem possui aproximadamente 8,00 metros de altura e foi projetado e construído em concreto ciclópico com uma capa de concreto estrutural. Nas figuras as seguir pode-se visualizar a representação do muro de transição.

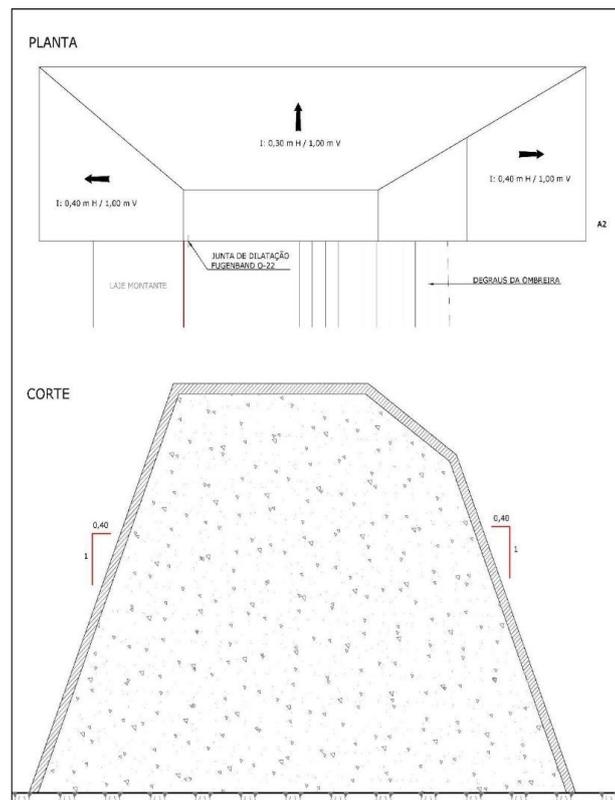


Figura 10 - Muro de Transição da Ombreira Esquerda – Planta e Perfil. Fonte: Enebrás

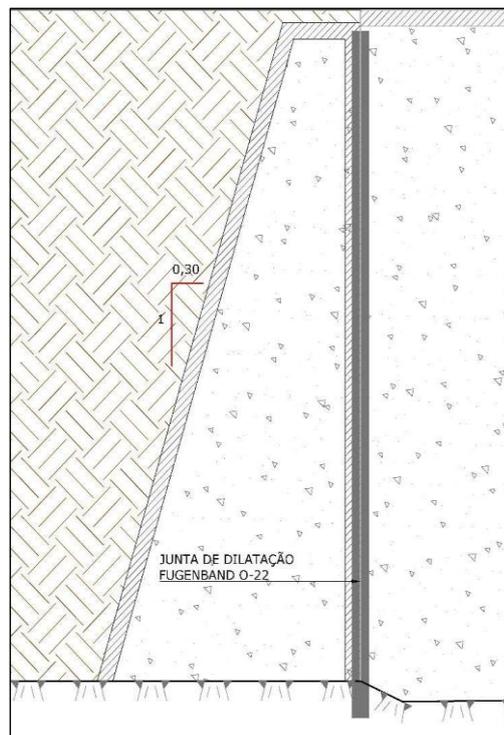


Figura 11 - Muro de Transição da Ombreira Esquerda – Perfil. Fonte: Enebrás

Na sequência ao muro de transição, inicia-se o trecho em concreto da ombreira esquerda do barramento, formado pelos blocos 2 a 4.

Este trecho da barragem foi projetado em concreto ciclópico com capa de concreto estrutural. O paramento de montante é vertical. O paramento de jusante é vertical entre a cota superior (515,00 m) e a cota 509,88 m, sendo que abaixo deste nível possui inclinação de 0,95H/1,00V com degraus.

A seção típica do trecho de concreto da ombreira esquerda pode ser visualizada na figura a seguir.

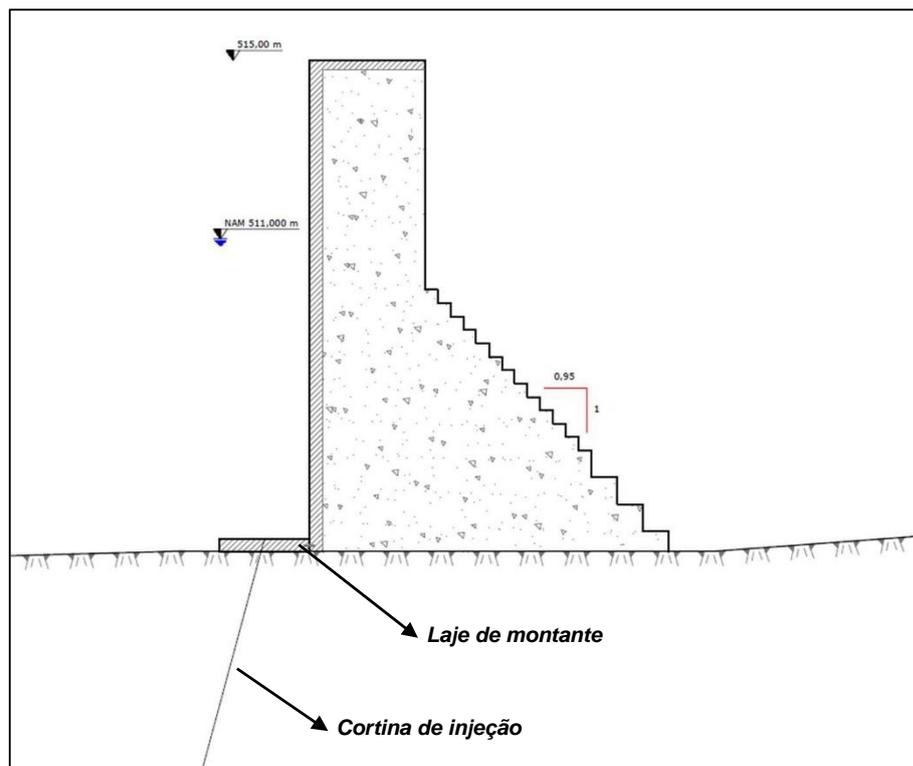


Figura 12 - Seção típica da barragem no trecho da ombreira esquerda. Fonte: Enebrás

No bloco 4 está localizada a comporta de fundo da barragem, com dimensões de 3,00 m x 3,00 m e a tubulação da vazão sanitária.

A comporta de fundo é do tipo vagão com acionamento hidráulico e permitiu o fechamento da barragem durante a etapa de desvio do rio e também poderá ser utilizada posteriormente caso seja necessário o esvaziamento do reservatório.

A tubulação da vazão sanitária foi projetada para permitir o escoamento de uma vazão de 0,48 m³/s, conforme determinado pelo órgão ambiental.

Nas figuras a seguir é possível visualizar o projeto e foto da comporta.

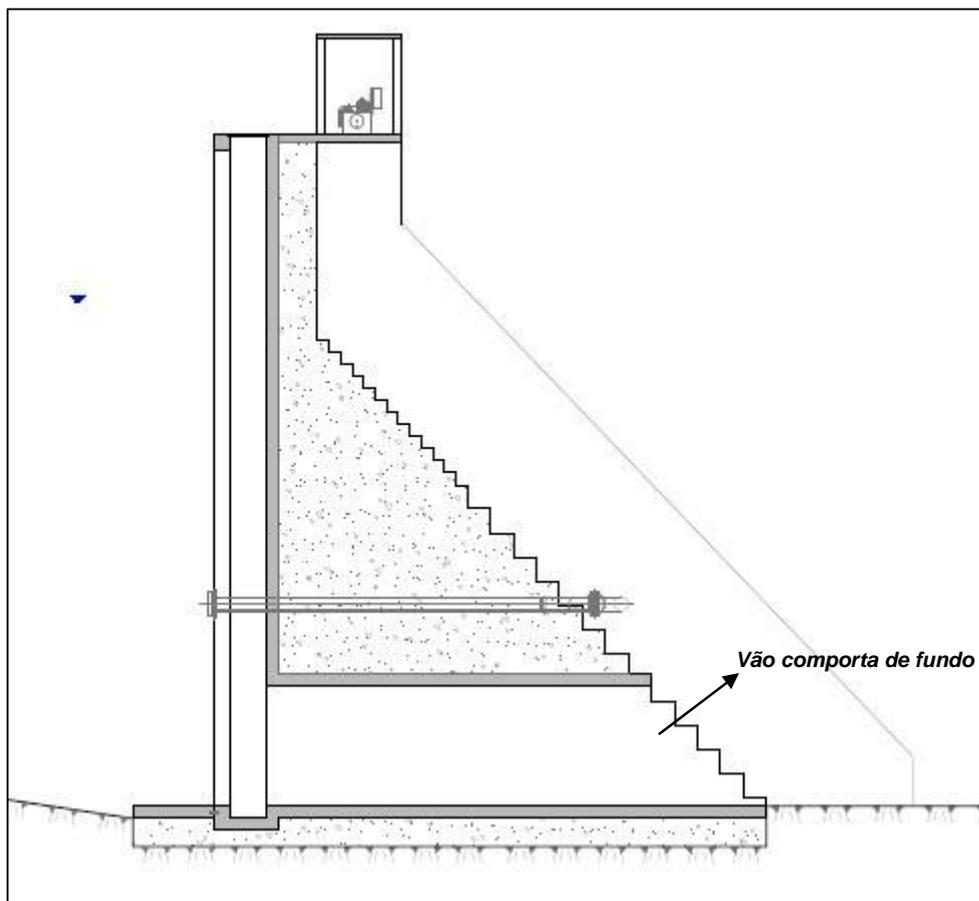


Figura 13 - Seção típica da barragem no local da comporta de fundo. Fonte: Enebrás



Figura 14 - Foto vista de jusante (comporta de fundo e vazão sanitária)

A altura do trecho em concreto da ombreira esquerda varia aproximadamente entre 8,40 metros e 17,74 metros. A altura 17,74 metros é verificada no bloco 4, onde está localizada a comporta de fundo, sendo esta a seção com a maior altura da barragem. Importante comentar que o bloco 4 é o único com altura da barragem superior a 15 metros de altura.

I-5.3. Vertedouro

O vertedouro da PCH Jacaré é do tipo Soleira Livre, com 100,00 metros de comprimento, sendo constituído por 6 blocos (bloco 5 ao bloco 10), todo em concreto ciclópico com capa de concreto estrutural. O trecho do vertedouro possui paramento de montante vertical, ogiva no formato perfil de *creager* e paramento de jusante com inclinação de 0,95H/1,00V.

A seção típica pode ser visualizada na figura a seguir.

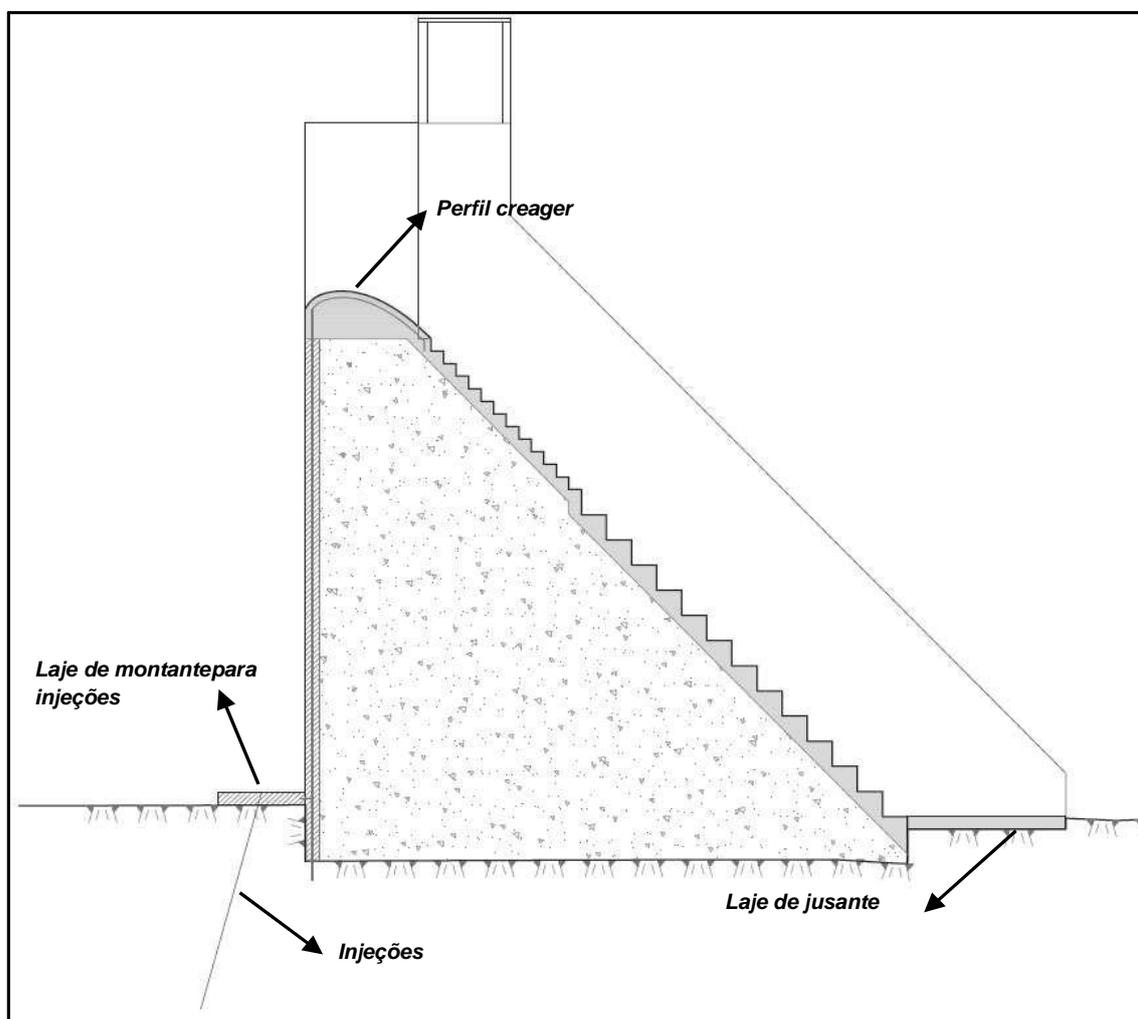


Figura 15 - Perfil (seção típica) do Vertedouro. Fonte: Enebrás



Figura 16 - Foto (vista área) de jusante) do Vertedouro

I-5.4. Ombreira Direita (OD)

A ombreira direita é formada em sua maior parcela por uma barragem de enrocamento com núcleo de argila, porém também possui um trecho em concreto. A seguir apresenta-se descrição desta ombreira apresentando suas partes da esquerda para a direita.

Assim como na margem esquerda, há também um muro de proteção em concreto estrutural na transição entre o vertedouro e ombreira direita, conforme imagens a seguir.

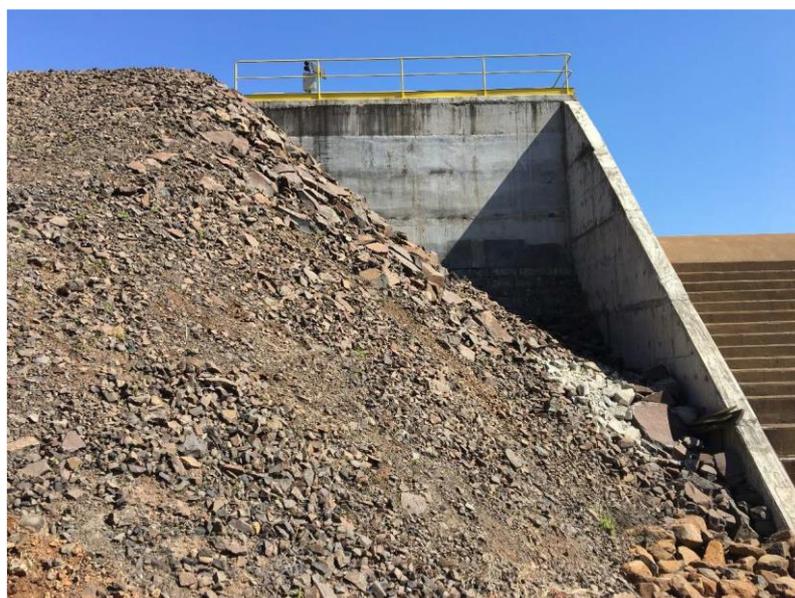


Figura 17 - Foto (vista de jusante) da ombreira direita

Após o muro de proteção, inicia o trecho em concreto da ombreira direita, formado por um único bloco (bloco 11). Este trecho da barragem possui altura aproximada de 12,90 metros e as mesmas características do trecho em concreto da ombreira esquerda, anteriormente descrito.

Entre o bloco 11 e a barragem de enrocamento com núcleo de argila foi projetado um muro de transição, como o da ombreira esquerda, com altura de aproximadamente 12,90 m.



Figura 18 - Foto do muro de transição

Na sequência ao muro de transição, existe a barragem de enrocamento do núcleo de argila da margem direita, com comprimento aproximado de 65,50 metros. Este trecho tem altura máxima de 12,84 metros de altura e possui a mesma seção típica da margem esquerda. As figuras a seguir mostram este trecho em planta e perfil.

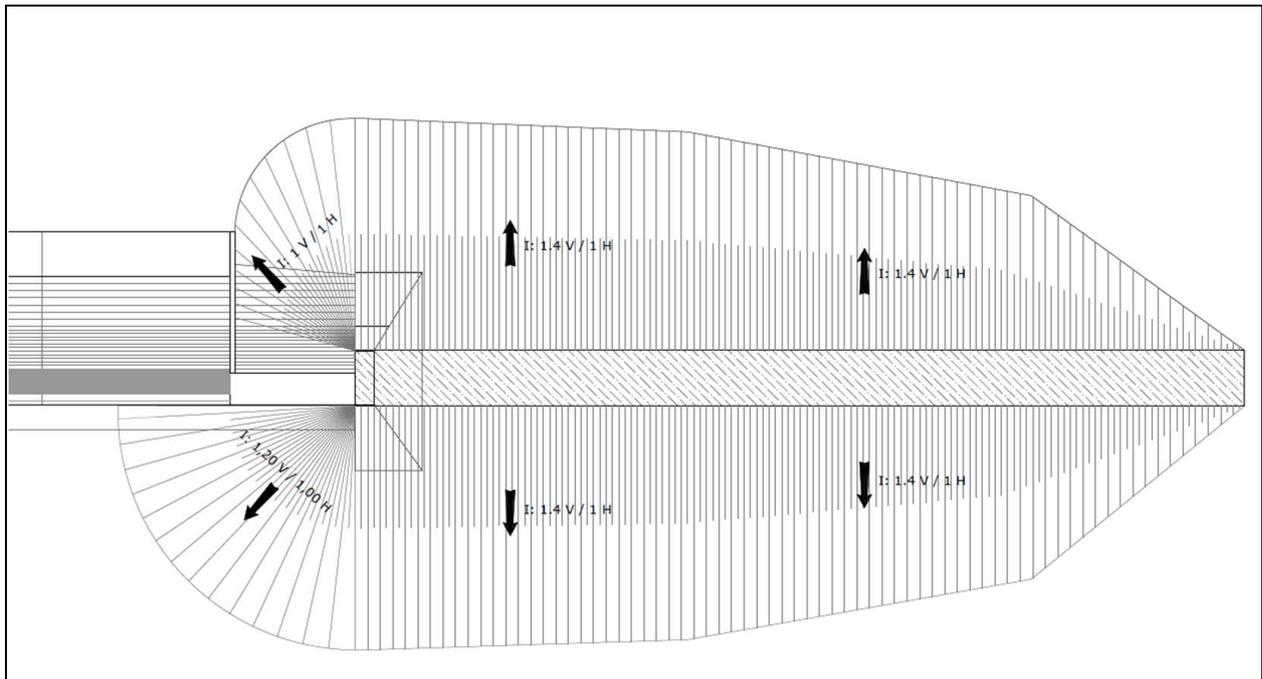


Figura 19 - Planta da Ombreira Direita. Fonte: Enebrás

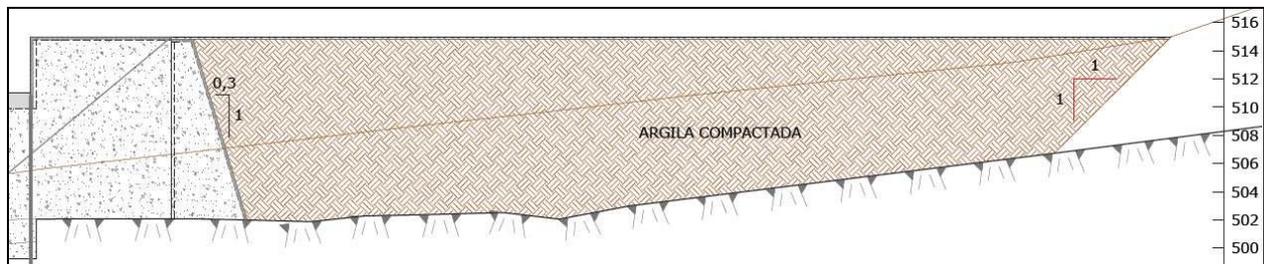


Figura 20 - Elevação Longitudinal da Ombreira Direita. Fonte: Enebrás

I-6. RESERVATÓRIO E ESTUDOS HIDRÁULICOS DO VERTEDOR

O reservatório da PCH Jacaré tem como principal função criar queda, visto que a depleção adotada foi nula. O reservatório possui um volume acumulado pequeno, seu espelho d'água no nível máximo normal de montante (NAM) se situa na elevação 511,00 m. O nível máximo, em função da passagem da cheia de projeto pelas estruturas vertente deve atingir a elevação de 514,01 m (NAMmax).

A área total alagada é de 41,3 ha dos quais 23,6 ha correspondem ao leito natural do rio. O reservatório possui extensão de 3.209 m e perímetro total alagado de 6.578 m. O volume morto do lago resultou em 2.390.000,00 m³ sendo que o volume útil é nulo devido ao reservatório não possuir depleção.

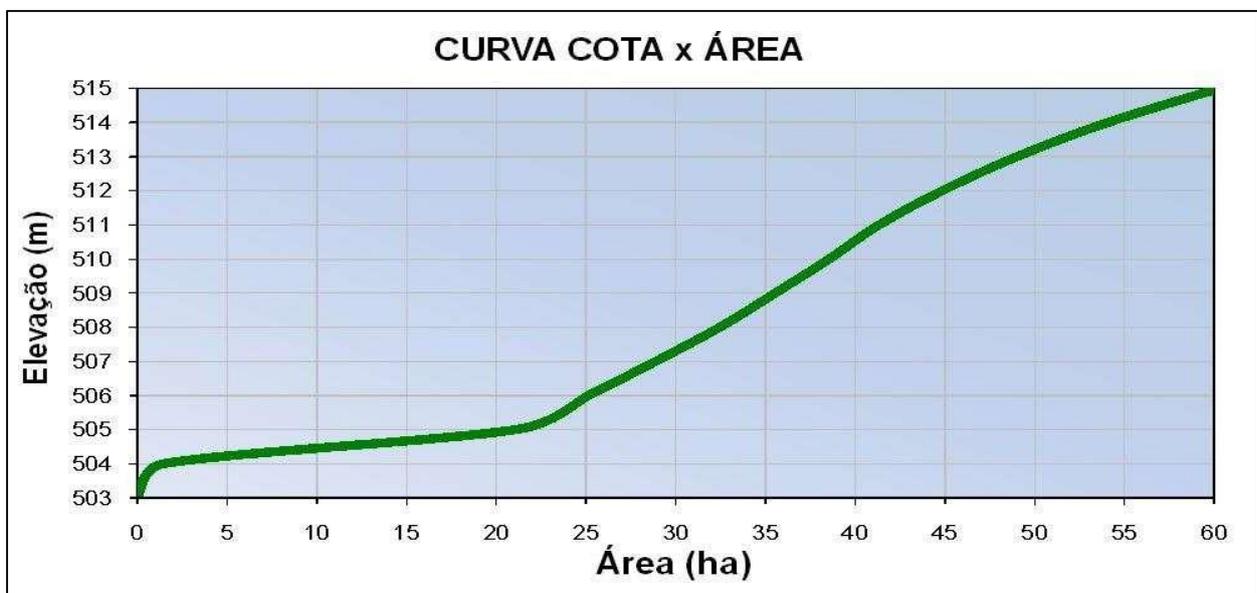
Este reservatório trabalha em regime de fio d'água, ou seja, sem efeito de deplecionamento no reservatório, comumente adotado para projetos do porte desta barragem.

Esta é uma característica importante, pois aproveitamentos hidrelétricos que trabalham neste regime tem áreas inundadas pequenas, como é o caso da PCH Jacaré, portanto os impactos decorrentes da formação do reservatório são mínimos.

Além disto, usinas a fio d'água dispensam os estudos de regularização de vazões, pois não são observados os fenômenos de depleção do reservatório. Em tese, usinas a fio d'água geram energia apenas das vazões afluentes do rio, e o reservatório formado é decorrente apenas do alteamento necessário para atingir a queda de projeto da usina.

Apresentamos a seguir as principais características do reservatório da PCH Jacaré:

Nível d'água máximo normal:.....	El. 511,00 m
Nível d'água mínimo operacional:.....	El. 511,00 m
Nível d'água máximo maximorium:.....	El. 514,01 m
Área do Lago.....	41,3 ha
Volume Morto.....	2,390 x 10 ⁶ m ³
Volume Útil.....	0,000 x 10 ⁶ m ³
Depleção.....	0,00 m



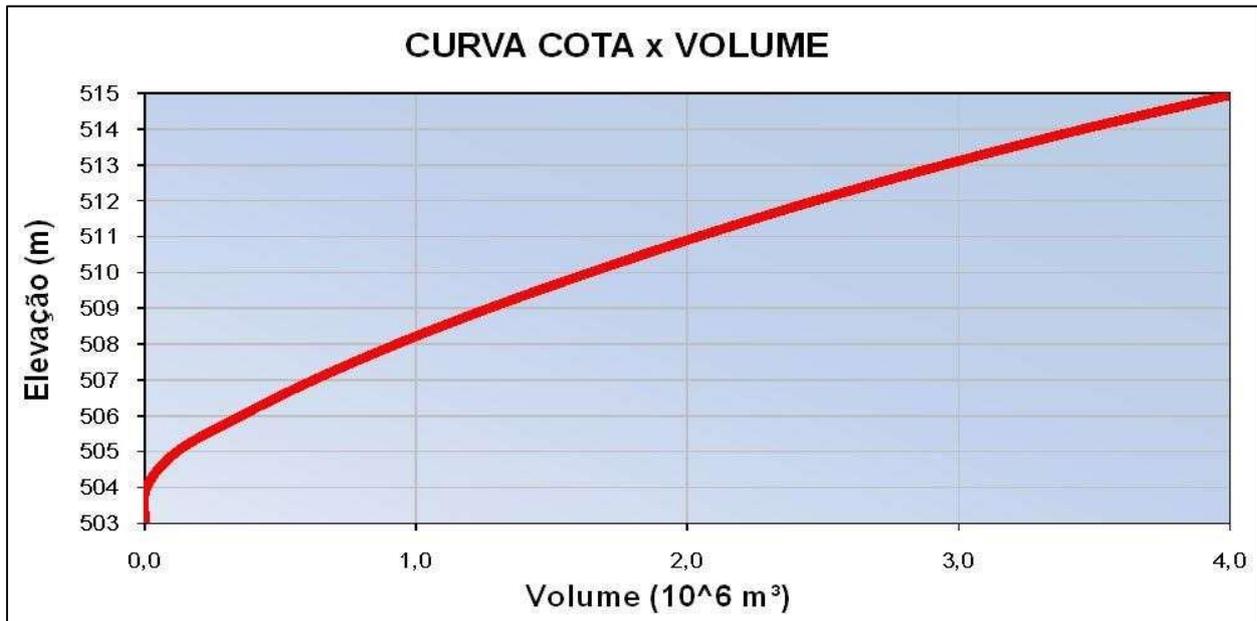


Figura 21 - Curva Cota – Área – Volume Reservatório PCH Jacaré. Fonte: Enebrás

I-6.1. Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro e Descarregador de Fundo

Barragens em concreto são projetadas para permanecer estáveis com auxílio da ação da gravidade, mesmo em condições de cheia de projeto. No caso da PCH Jacaré, a altura máxima da barragem vertente é de 13,74 m.

Destaca-se esta barragem vertente considerou um dimensionamento de suas estruturas vertentes para suportar uma cheia de recorrência milenar, por se tratar de estrutura galgável e sem risco às vidas humanas em caso de acidente.

Conforme já mencionado, o vertedouro do tipo soleira livre encontra-se na el. 511,00 m, possui 100m de comprimento. Suas ombreiras estão 4,50 metros acima do NAM do reservatório, ou seja, em elevação 515,50 m, sendo este o nível máximo até o limite para o galgamento das ombreiras.

Apresentamos a seguir, o resultado das vazões máximas calculadas no eixo de interesse para os períodos de recorrência de 1, 2, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

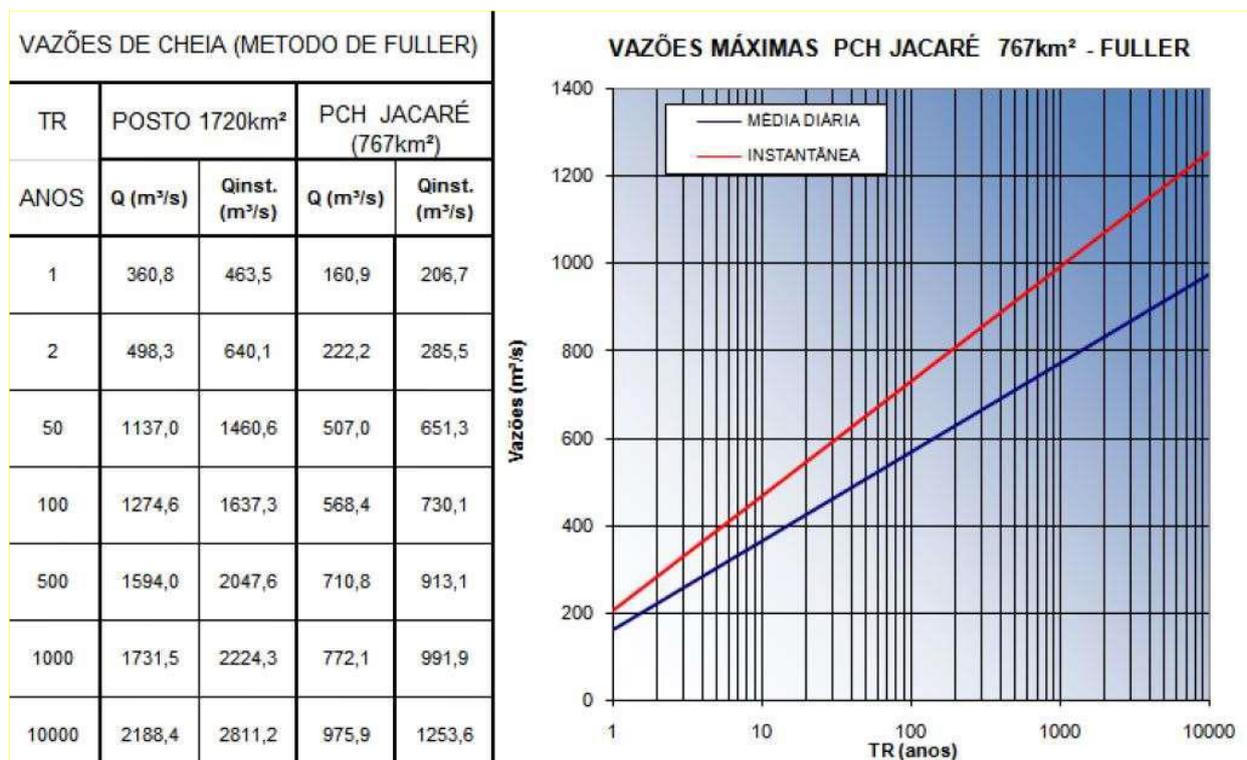


Figura 22 - Vazões máximas calculadas no eixo da PCH Jacaré. Fonte: Enebrás

Observa-se que as vazões de interesse para um estudo de ruptura estão na faixa de 990 a 1250 m³/s, iniciando-se na TR 1.000 anos até a TR 10.000 anos.

Para verificar a estabilidade do vertedouro, faz-se necessário análise da curva-chave do vertedouro, demonstrado na figura a seguir:

Para a vazão milenar $Q_{Tr1000} = 1.097 \text{ m}^3/\text{s}$ o nível máximo de montante será na el. 513,86. Recomenda-se adotar uma cota de proteção contra extravasamento na el 515,00, configurando um free board de 0,99m. Os órgãos extravasores, operando em ultimate capacity, suportam uma vazão de 1.680,7m³/s.

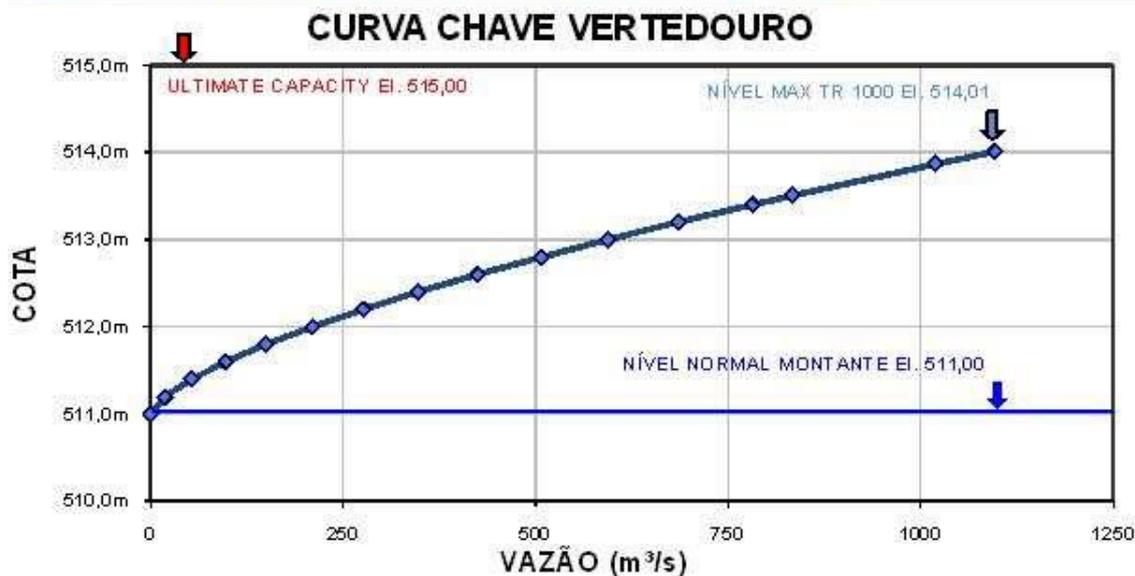


Figura 23 - Curva Chave do Vertedouro. Fonte: Enebrás

Observa-se pela análise da curva chave do vertedouro que a capacidade vertente para vazão correspondente a TR 1.000 anos eleva uma lâmina d'água na cota 514,01 m. Para a elevação da crista da barragem, na elevação 515,00 m, o vertedouro tem capacidade de verter 1.680 m³/s, ou seja, acima da TR 10.000 anos, o que denota que o vertedouro está bem dimensionado, de forma segura.

Juntamente com o vertedouro, a barragem é dotada de uma comporta de fundo, que funciona como dispositivo auxiliar para o escoamento de vazões extremas. Esta comporta tem dimensões 3 m x 3 m, a qual, em tese, tem a seguinte capacidade vertente:

Tabela 5 – Capacidade de Esvaziamento do Reservatório pela comporta de fundo. Fonte: Enebrás

NÍVEL	b	h	h1	h2	Q	Volume total (m ³)	Média Vazões	Média Velocidade	Tempo (dias)
514,00	3,00	3,00	12,75	15,75	90,25	3.455.000,00			
513,00	3,00	3,00	11,75	14,75	87,02	2.940.000,00	88,64	3.197.500,00	0,418
512,00	3,00	3,00	10,75	13,75	83,66	2.470.000,00	85,34	2.705.000,00	0,367
511,00	3,00	3,00	9,75	12,75	80,17	2.039.000,00	81,92	2.254.500,00	0,319
510,00	3,00	3,00	8,75	11,75	76,51	1.640.000,00	78,34	1.839.500,00	0,272
509,00	3,00	3,00	7,75	10,75	72,67	1.269.000,00	74,59	1.454.500,00	0,226
508,00	3,00	3,00	6,75	9,75	68,61	929.000,00	70,64	1.099.000,00	0,180
507,00	3,00	3,00	5,75	8,75	64,29	622.000,00	66,45	775.500,00	0,135
506,00	3,00	3,00	4,75	7,75	59,65	352.000,00	61,97	487.000,00	0,091
505,00	3,00	3,00	3,75	6,75	54,62	120.000,00	57,13	236.000,00	0,048
504,00	3,00	3,00	2,75	5,75	49,05	7.000,00	51,83	63.500,00	0,014
503,00	3,00	3,00	1,75	4,75	42,72	-	45,88	3.500,00	0,001

Conforme estudo hidráulico efetuado pela projetista Enebrás, o tempo de esvaziamento encontrado conforme estudo, foi de 2,069 dias. O gráfico a seguir mostra a curva de vazão x tempo de esvaziamento obtida a partir dos dados encontrados no estudo.

Curva de Vazão x Tempo Esvaziamento

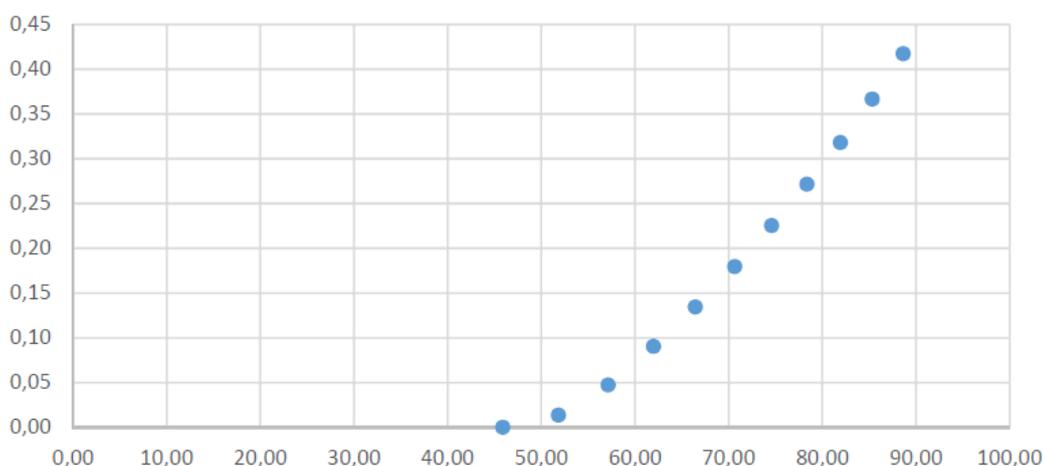


Figura 24 - Curva Chave da Comporta de Fundo Fonte: Enebrás

I-7. ESTUDO SOBRE ROMPIMENTO DA BARRAGEM

I-7.1. Premissas Técnicas Adotadas Neste Estudo

Apresenta-se a seguir considerações relativas à hipótese de rompimento da barragem da PCH Jacaré.

Segundo Collischonn, 1997, o tipo de barragem é importante no que diz respeito às causas da ruptura. Barragens de concreto são mais suscetíveis a problemas na fundação ou na estrutura, cujo colapso pode ser quase instantâneo. Barragens de terra são sensíveis ao galgamento, em cheias maiores que as de projeto, quando o vertedouro não é suficiente, e a água verte sobre a crista da barragem.

Via de regra, barragens de concreto, são muito mais seguras que barragens de enrocamento / solo.

No caso de barragens de solo, verifica-se o fenômeno de erosão interna como sendo a mais provável causa de colapso de barragens deste tipo. A erosão interna ou retro erosão é um processo de formação de um tubo de escoamento preferencial, denominado entubamento (*piping*), que pode ocorrer em barragens de terra.

A falha por *piping* é um fenômeno que ocorre por erosão regressiva, onde há formação de um tubo, originado do carreamento de partículas, de jusante para montante no maciço de terra compactada em uma barragem. Esse tubo tende a aumentar progressivamente seu diâmetro à medida que a água percola pelo solo compactado, conduzindo ao colapso da estrutura.

Ainda relacionado a barragens de enrocamento / solo, também se verifica o colapso quando a estrutura é galgada por ação de uma forte cheia, causando o fenômeno descrito como *overtopping*.

As falhas mais prováveis em barragens são descritas nos itens a seguir:

I-7.2. Falhas nas Fundações

O terreno sobre o qual assenta a barragem e a ligação da barragem ao terreno podem deslizar sob o efeito de acomodações geológicas, que resultam do enchimento do reservatório ou da saturação do material da fundação por infiltração.

As características da deformação dos materiais constituintes das fundações da barragem são de difícil previsão e a avaliação dos efeitos da construção não muito criteriosa torna-se incerta com respeito ao deslizamento das fundações.

Em geral, fundações com resistência não satisfatória a tensões ou que apresentem ligações compostas de materiais como argila, por exemplo, são vulneráveis ao deslizamento. A utilização de materiais impermeáveis em juntas de ligação pode também contribuir no deslizamento, se a infiltração por meio desses materiais não for monitorada para controle.

I-7.3. Falhas no projeto, na Construção ou na Operação

Uma barragem é uma obra de engenharia que exige para a sua segurança critérios bastante cuidadosos durante as fases de projeto, construção e operação, devido à complexidade de funcionamento e risco potencial da estrutura.

Dentre as causas das falhas dessa natureza, destacam-se: projetos de vertedouros com capacidade inferior às cheias de grande magnitude, falhas de procedimentos de sondagens, utilização de materiais de má qualidade e/ou durabilidade na obra, inadequação de execução de drenagens, ancoragens, compactação, limpezas e tratamento de fundação, desobediência às regras de manutenção ou sua interpretação errônea, descontinuidades e/ou a não manutenção planejada, mau uso e/ou falta de manutenção do vertedouro, falhas na instalação e registro da instrumentação.

I-7.4. Caracterização do Rompimento da Barragem

Como mencionado na caracterização das estruturas do barramento, a barragem da PCH Jacaré é do tipo mista, ou seja, parte da barragem é em concreto e parte em enrocamento.

Com base em estudos divulgados periodicamente pelo ICOLD (*International Commission on Large Dams*, ou em português, Comitê Internacional de Grandes Barragens), estatisticamente é mais provável que o rompimento ocorra na porção da barragem em solo / enrocamento, devido as observações e monitoramentos em vários países do mundo.

Assim, é razoável que este estudo se baseie na premissa de rompimento em sua porção de enrocamento, estatisticamente mais provável de ocorrer que na porção em concreto.

Ressalta-se porém que neste relatório é tratado a hipótese de rompimento de uma barragem considerada de baixa estatura, de altura máxima é inferior a 15 metros.

Em uma eventual e remota hipótese de ruptura desta barragem, é coerente afirmar que a onda de cheia não superará a cheia de projeto das estruturas vertentes, que adotou um evento de recorrência decamilenar neste caso.

Singh, 1996, propôs ser possível medir a vazão na brecha colapsada em barragem vertente, assumindo que o escoamento pela brecha é análogo ao escoamento de um vertedor retangular de soleira espessa.

A equação proposta por Singh é:

$$Q_{max} = 1,7 \times B_b \times H_b^{3/2}$$

Com B_b = largura da brecha, em m;

H_b = Altura da brecha, em m.

I-7.6. Identificação de Áreas de Risco à Jusante

Para medição prévia da mancha de inundação e identificação de possíveis edificações a serem atingidas, analisou-se a propagação por toda extensão do rio Santana até que este desague no rio Marrecas, sendo o ponto final da verificação.

No cálculo final da mancha de inundação, observou-se que pelos dados topográficos e hidrológicos, esta extensão tornou-se verídica.

Sendo assim, foi efetuada pesquisa preliminar via Google Earth, com base em imagens de satélite datadas de 2022, locais que poderão ser verificados a critério dos órgãos competentes.

A figura abaixo mostra a identificação prévia de estruturas em local potencialmente atingível na hipótese da ruptura da barragem:

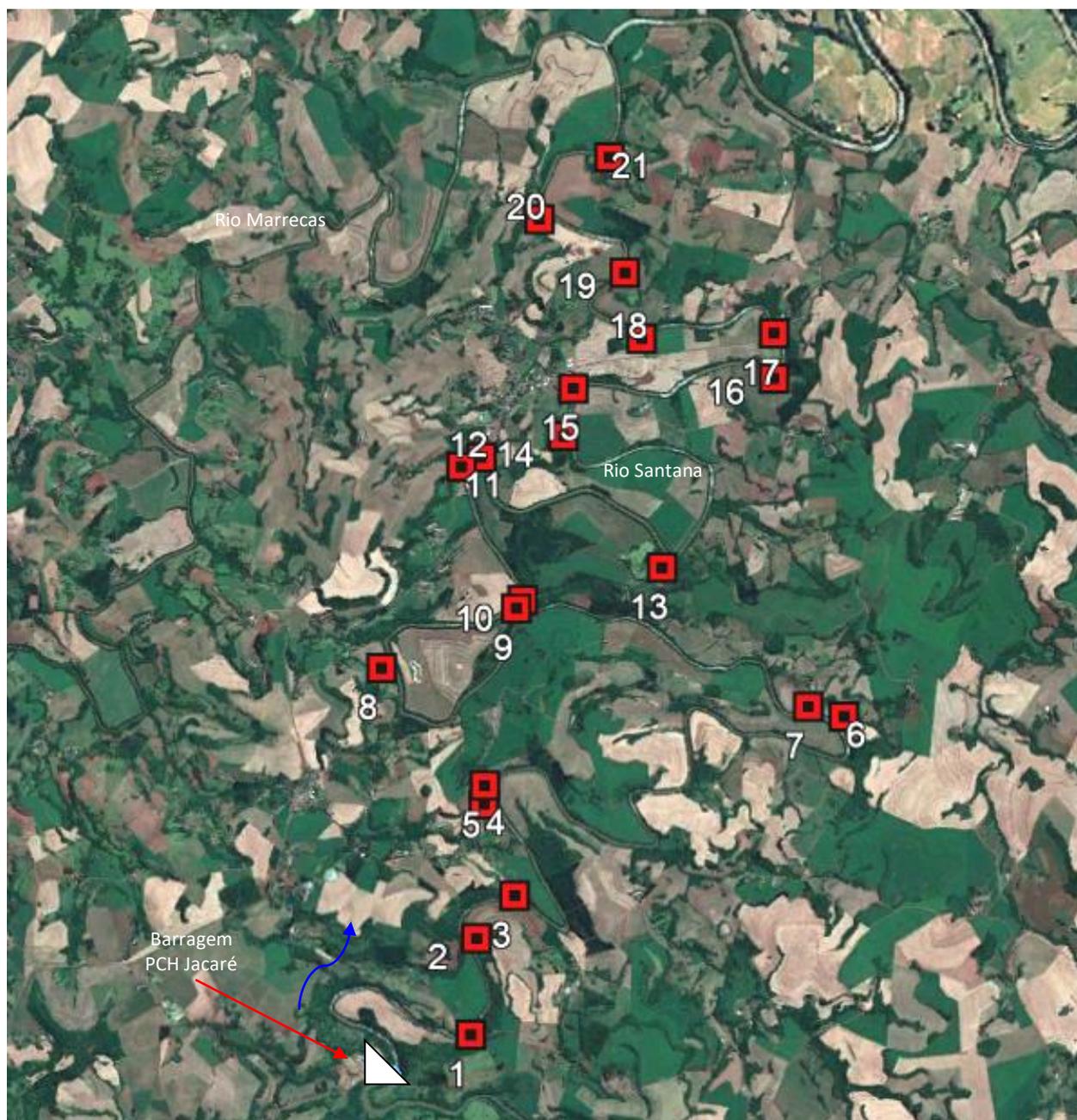


Figura 25 - Identificação de Edificações à jusante da PCH Jacaré.

A seguir descreve-se de forma sucinta o vale do rio Santana a jusante do barramento:

Com base nos estudos de inventário do rio Santana, constitui-se este trecho a jusante da barragem numa região basáltica, coloração cinza escura, granulação final com alteração e fraturamentos moderados a incipiente. O solo da região caracteriza-se como argiloso, de coloração avermelhada, pouco friável.

Em relação a densidade populacional a jusante da barragem, no percurso do rio, não foram encontradas aglomerações urbanas, tão somente algumas poucas edificações margeando o rio Santana. As aglomerações mais próximas ao rio estão situadas fora da bacia de drenagem do leito do rio, portanto, distância bastante seguras.

Na tabela a seguir detalha-se as benfeitorias identificadas à jusante do barramento:

Tabela 6 – Área a jusante do barramento da PCH Jacaré.

Id	Tipo de Benfeitoria	Coordenada Geográfica (UTM)	Distância do Barramento (km)	Distância da habitação até a margem do rio (m)	Cota Estimada (m)	Cota Calculada da Mancha (m)	Risco
1	Casa de Força	307.471 m E / 7.118.979 m S	3	15,0	496,00	493,50	Inexistente
2	Benfeitorias (Fazenda)	307.516 m E / 7.119.987 m S	4	87,7	511,75	487,83	Inexistente
3	Área de Lazer (churrasqueira)	307.908 m E / 7.120.441 m S	4,9	45,3	486,32	486,73	Médio
4	Benfeitorias (Fazenda)	307.572 m E / 7.121.397 m S	7	94,1	507,02	486,04	Inexistente
5	Benfeitorias (Fazenda)	307.576 m E / 7.121.593 m S	7,2	63,1	503,90	486,02	Inexistente
6	Benfeitorias (Fazenda)	311.346 m E / 7.122.374 m S	13,6	145	495,13	484,68	Inexistente
7	Barracão / Pequena Indústria ou Pecuária	310.971 m E / 7.122.472 m S	13,9	103,3	489,08	484,66	Baixo
8	Benfeitorias (Fazenda)	306.468 m E / 7.122.812 m S	20	98,3	495,15	484,29	Inexistente
9	Edificação isolada	307.880 m E / 7.123.464 m S	20,7	52,7	491,98	484,21	Inexistente
10	Benfeitorias (Fazenda)	307.944 m E / 7.123.551 m S	20,8	49,6	490,91	484,21	Baixo
11	Benfeitorias (Fazenda)	307.278 m E / 7.124.951 m S	23,3	50,0	499,96	484,11	Inexistente
12	Área de Lazer (churrasqueira)	307.486 m E / 7.125.054 m S	23,5	22,0	483,47	484,08	Médio
13	Benfeitorias (Fazenda)	309.410 m E / 7.123.915 m S	26,1	120,0	500,82	478,50	Inexistente
14	Benfeitorias (Fazenda)	308.350 m E / 7.125.290 m S	29,0	43,7	494,62	478,30	Baixo / Inexistente
15	Barracão Máquinas e Peças Agrícolas	308.447 m E / 7.125.799 m S	29,5	50,9	488,34	478,26	Baixo / Inexistente
16	Benfeitorias (Fazenda)	310.566 m E / 7.125.934 m S	31,8	36,0	487,56	478,13	Inexistente
17	Ponte Rodoviária PR-566 / Recanto Beira Rio	310.562 m E / 7.126.416 m S	32,2	0 / 31,6	492,75	478,04	Baixo / Inexistente
18	Barracão (isolado)	309.160 m E / 7.126.338 m S	33,9	79,2	489,27	477,78	Inexistente
19	Benfeitorias (Fazenda)	308.974 m E / 7.127.036 m S	35,0	42,8	486,92	474,05	Inexistente
20	Benfeitorias (Fazenda)	308.059 m E / 7.127.590 m S	36,2	76,8	489,76	473,95	Inexistente

21	Benfeitorias (Fazenda)	308.793 m E / 7.128.262 m S	37,3	98,5	500,00	473,78	Inexistente
22	Foz do Rio Santana	308.723 m E / 7.129.437 m S	38,5	0	473,00	473,25	Inexistente

No item a seguir é simulada a hipótese de ruptura e sua provável altura de onda de cheia.

I-8. ESTUDO SOBRE A RUPTURA DA BARRAGEM

I-8.1. Considerações Sobre os Efeitos da Ruptura

Uma ruptura da barragem da PCH Jacaré seria um evento progressivo com curto tempo de ocorrência, e promoveria uma onda de cheia a qual se propagaria para jusante, dissipando sua intensidade à medida que o vale fosse percorrido. Este fenômeno físico e hidráulico, característico de um escoamento não permanente, promoveria grande amortecimento da onda de cheia, esta, de difícil quantificação.

Em determinados pontos do rio, devido à topografia regional, haverá espraiamentos do pulso de cheia, inundando as margens e produzindo um efeito de dissipação da onda de cheia. O impacto, portanto, será maior nas proximidades da barragem.

Conforme verificado no item anterior, nas proximidades do rio, o trecho onde a propagação da onda percorrerá existem algumas edificações contidas em área de risco moderado, identificadas previamente como sendo 03 e 12, onde a mancha de inundação atingirá em alguns centímetros as estruturas, bem como 07, 10, 14, 15 e 17, identificadas como médio baixo, onde a mancha teórica não atinge, mas guarda certa proximidade a estrutura.

As estruturas identificadas como 03 e 12 são descritas em detalhes neste PAE.

Para simulação da ruptura da barragem, foram consideradas duas premissas básicas, a saber:

- Ruptura na barragem considerando válida a equação de *Singh* para determinação da vazão de ruptura;
- Altura máxima hipotética da onda de cheia.

O critério básico adotado para a formação da onda de cheia foi o rompimento da barragem da ombreira direita da PCH Jacaré por *piping* num evento de cheia TR 10.000 anos.

Tecnicamente, esta barragem suporta tal cheia, como é possível verificar nos projetos desta, mas para efeito de cálculo da mancha de inundação, esta situação foi julgada como razoável.

A vazão de pico considerada foi modelada conforme a equação de *Singh* descrita no item “Falhas no Projeto, na Construção ou na Operação”.

I-8.2. Cálculo da Brecha da Barragem e Hidrograma de Ruptura

Os resultados gráficos e numéricos da simulação da passagem da onda de cheia foram calculados com base no hidrograma de cheia da barragem, levando o tipo da barragem, conforme a tabela a seguir:

Tabela 7 – Metodologia de Cálculo da Brecha da Barragem.

Tipo de Barragem	Largura média da brecha (B _{bre})	Componente horizontal da inclinação dos taludes da brecha (1V:ZH)	Tempo de ruptura (horas)
Concreto em arco	Todo o desenvolvimento da barragem, ou $\overline{B}_{bre} \geq 0,8B_{barr}$	$0 \leq Z \leq$ Inclinação do vale	$t_{rot} \leq 0,1$
Concreto gravidade	um múltiplo de vários blocos, sendo usualmente $\overline{B}_{bre} \leq 0,5B_{barr}$	$Z = 0$	$0,1 \leq t_{rot} \leq 0,3$
Terra / Enrocamento	$H_{barr} \leq \overline{B}_{bre} \leq 0,5B_{barr}$	$1/4 \leq Z \leq 1$	$0,5 \leq t_{rot} \leq 3$
Estéreis de minas	$\overline{B}_{bre} \leq 0,8B_{barr}$	$1 \leq Z \leq 2$	$0,1 t_{rot} \leq 0,3$

Considerou-se neste estudo o desenvolvimento da brecha por *piping*, já mencionado neste relatório.

O cálculo da brecha considerou a formação da largura média da brecha na porção de terra / enrocamento da barragem.

Considerou-se que a elevação de uma TR 10.000 anos provoque o início da ruptura. Para o reservatório, foi verificado e extrapolado a informação de um volume represado (Vw) para esta elevação TR 10.000 anos.

Os cálculos finais podem ser visualizados na figura a seguir:

Tabela 8 – Cálculo da Brecha da Barragem.

PCH JACARÉ

Tipo: Piping

Elev. do topo da brecha	514,01	m
Elev. do fundo da brecha	503	m
Altura da brecha (Hb)	11,01	m
Volume (Vw)	3.500.000	m ³

k0	1,0
----	-----

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Bave	34	m
Bave máx (ANA)	55	m
Bave adotado	34	m
Tf	3255	s
	0,9	h
Tf adotado	3 (máx)	h

Inclinação dos taludes da brecha (Z)	0,25	(1V/ZH)
Largura da base da brecha (Bb)	31	m

Para o cálculo do hidrograma de ruptura da barragem, foi utilizado o software HEC-HMS, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA, divisão Centro de Engenharia Hidrológica. O HEC-HMS é projetado para simular os processos hidrológicos completos de sistemas de bacias hidrográficas dendríticas. O software inclui muitos procedimentos tradicionais de análise hidrológica, como infiltração de eventos, hidrogramas unitários e roteamento hidrológico.

O HEC-HMS também inclui procedimentos necessários para simulação contínua, incluindo evapotranspiração, derretimento de neve e contabilidade de umidade do solo. Recursos avançados também são fornecidos para simulação de escoamento em grade usando a transformação de escoamento quase distribuído linear (*ModClark*). Ferramentas de análise suplementares são fornecidas para otimização do modelo, previsão de vazão, redução da área de profundidade, avaliação da incerteza do modelo, erosão e transporte de sedimentos e qualidade da água.

Considerou-se como tempo de propagação da onda de cheia 4 dias. Na prática, a onda viajará no vale do rio em tempo inferior a este especificado, mas para efeito de cálculo, é prudente dar liberdade à simulação.

No anexo III-3, é possível verificar a planilha resultante do cálculo do hidrograma da propagação da onda de cheia proveniente da ruptura desta barragem.

A seguir apresenta o cálculo do hidrograma de cheia a jusante da barragem, decorrente de sua hipotética ruptura:

Hidrograma de Cheia Ruptura da Barragem PCH Jacaré

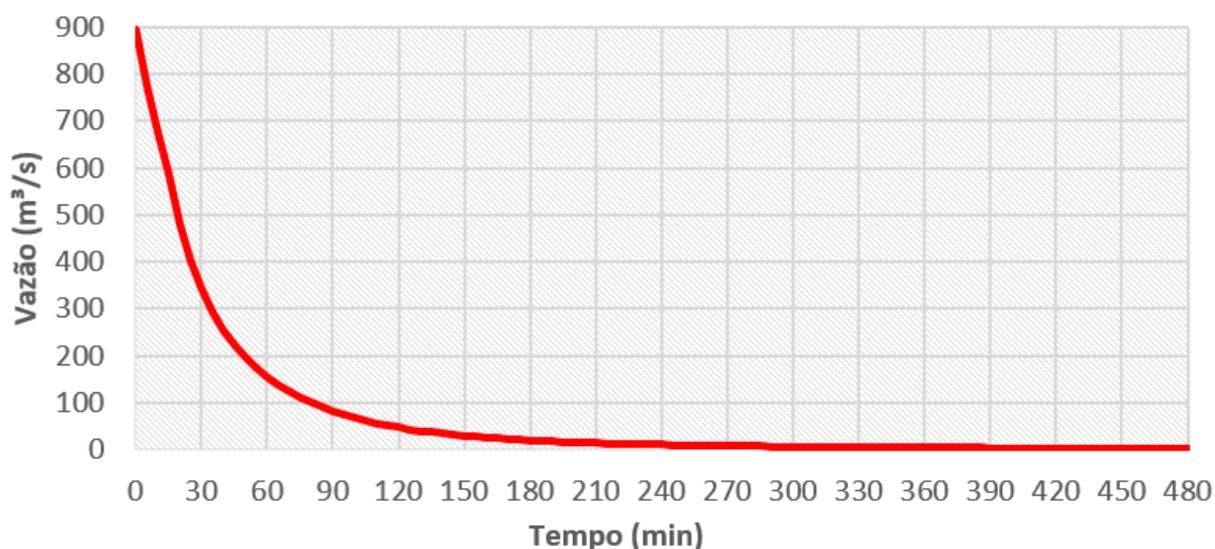


Figura 26 - Hidrograma da Passagem da Cheia a Jusante da Barragem

O pico calculado pelo HEC-HMS do hidrograma pode ser visualizado na figura a seguir:

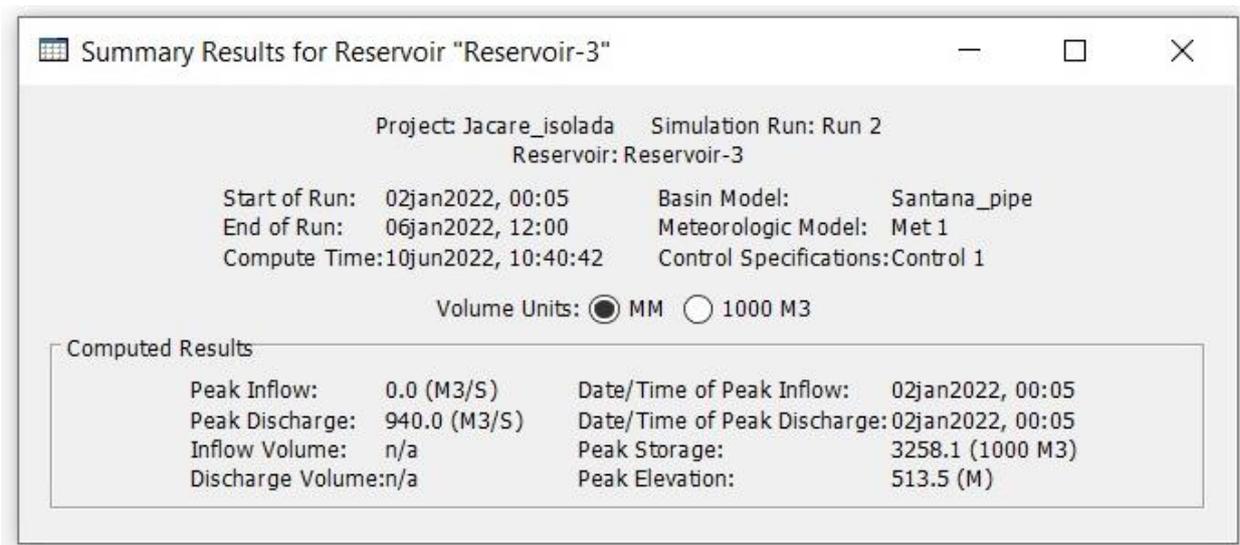


Figura 27 - Resultado do Cálculo do Pico da Ruptura da barragem da PCH Jacaré (940 m³/s), utilizando o software HEC-HMS.

Observa-se que o pico da cheia equivale ao cálculo da vazão extrema TR 10.000 anos, evidenciando que a calibragem dos dados está coerente.

I-8.3. Descrição da Topografia Utilizada do rio Santana

Servindo como base dos estudos da mancha de inundação, foi utilizado a topografia dos Estudos de Inventário do rio Santana, elaborada pela empresa Design Head Engenharia Ltda, no ano de 2001, cuja restituição Aerofotogramétrica utilizou apoio em cartas e conferência de nível d'água com GPS, fotos áreas voo 1:25.000 1980 – ITCF-PR, gerando curvas de nível de 10 em 10 metros.

Este estudo cartográfico está devidamente embasado pelo processo ANEEL 48500.003286/01-15, constando nestes autos toda documentação técnica e as referidas responsabilidades pelo desenvolvimento destes estudos.

Foram utilizadas as cartas topográficas, do mapeamento sistemático do Brasil, Renascença / MI 2862-1, São Lourenço do Oeste/ MI 2862-3, Verê / MI 2850-3, em escala 1:50.000, executada pela Diretoria de Serviço Geográfico, Ministério do Exército - DSG/ME primeira edição, 1980, utilizando-se cobertura aérea de 1964/66 AST-10/USAF, apoio de campo em 1976 e restituição pela DSG em 1979. As cartas estão apresentadas sobre o *datum Córrego Alegre*, e referenciadas ao nível médio dos mares, marégrafo de Imbituba – SC.

Foi utilizado ainda para localização da bacia dentro do Estado o mapa digitalizado da hidrografia do Estado do Paraná 1:1.400.000, de 1994 e para ilustração da divisão geopolítica e acessos o mapa do DER do Estado do Paraná escala 1:1.000.000 de 1998.

A restituição aerofotogramétrica foi executada com apoio de campo em 2001 apenas para conferência dos níveis de água. O apoio principal foi baseado em carta.

Como apoio à análise e investigações sobre o rio Santana e afluentes foram utilizadas as fotos aéreas disponíveis na escala 1:25.000, obtidas do voo 1980 ITC-PR, com recobrimento de todo o estado do Paraná. O referido voo, apesar de desatualizado quanto a informações de ocupação e uso do solo pode ser empregado sem problemas para determinações topográficas.

Quanto aos levantamentos de campo com GPS e topografia, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Dois receptores *Topcon GPR1 DY*;
- Um GPS de navegação *Garmin Etrex*.

Os dados foram baixados com os programas *Ashtech Hosa* e processados e ajustados com software *Javad Pinnacle*.

Estes receptores possuem doze canais independentes permitindo rastrear simultaneamente até doze satélites.

Este tipo de equipamento permite a definição de alguns parâmetros para o planejamento da fase de coleta de dados no campo, sendo que para estes serviços foram adotados:

- rastreio simultâneo de no mínimo 4 satélites;
- coleta de dados de satélites com elevação superior ou igual a 10 graus acima do horizonte;
- intervalo de gravação dos sinais a cada 15 segundos;
- PDOP – configuração geométrica dos satélites – igual ou inferior a 5; e
- tempo de rastreio variável em função da distância do receptor base (fixo) e o ponto a ser determinado (móvel).

Foi adotado o tempo mínimo de 1 hora de sessão de rastreio para uma distância de 50 quilômetros e 30min para distâncias menores. Na maioria dos pontos rastreados o tempo foi sempre superior ao estabelecido.

As coordenadas geodésicas – latitude, longitude e altitude geométrica preliminarmente no referencial WGS 84 – foram transformadas em coordenadas finais geodésicas e UTM no referencial Córrego Alegre, correspondente ao material cartográfico disponível.

O tipo de posicionamento utilizado para determinar as coordenadas dos pontos de interesse foi o posicionamento no modo estático diferencial, onde dois ou mais receptores trabalham ao mesmo tempo, recebendo os sinais dos mesmos satélites. Um dos receptores foi colocado num ponto com coordenadas conhecidas, chamado de BASE, enquanto os outros dois são posicionados nos pontos ou alinhamentos onde deseja-se conhecer ou determinar suas coordenadas tridimensionais, sendo estes chamados de pontos MÓVEIS.

Foi utilizado como ponto de partida o vértice Francisco Beltrão, localizado no canto da pista de pouso, no aeroporto da cidade, pertencente a rede GPS de Alta Precisão do Estado do Paraná, implantada pelo IAP em 1997.

As coordenadas de partida do vértice Francisco Beltrão são:

datum WGS 84

Lat. : -26° 03' 33,68993"

Long. : - 53° 03' 55,15966"

Alt. elipsoidal 652,622m

datum SAD 69

Lat. : -26° 03' 31,95745"

Long. : - 53° 03' 53,33140"

Alt. elipsoidal 652,0505m; ond geoidal +4,60m; **Alt. ortométrica 647,450m**

Adicionalmente foram determinadas e implantadas três bases topográficas, ou seja, pares de pontos intervisíveis, com a finalidade de subsidiar futuros levantamentos topográficos nos locais dos aproveitamentos, conforme abaixo:

AM01 - AM02 – localizada na margem direita do rio Santana, nas proximidades da Linha Jacaré;

AM03 - AM04 – localizada na margem direita do rio Santana, nas proximidades da Vila Galupo.;

PTS7 - PTS8 - localizada na margem direita do rio Santana, na propriedade do Sr. Almir Bedim.;

Os pontos foram materializados preliminarmente com piquetes e, posteriormente substituídos por marcos de concreto.

No processo do transporte de coordenadas foram ocupados simultaneamente o vértice na obra Vitorino (bases local), transferindo referências do ponto de partida da poligonal. Posteriormente, destes pontos (marcos intervisíveis), foram irradiados os demais pontos de apoio. O período de rastreamento teve duração de uma hora, possibilitando desta forma, até 760 observações por ponto.

A transformação de altitude geométrica fornecida pelo GPS em altitude ortométrica teve como princípio o paralelismo entre as superfícies geóide-elipsóide. O erro total obtido foi devido a variação da ondulação geoidal h ao longo da poligonal e os erros inerentes a precisão nominal dos receptores.

A variação do parâmetro ondulação geoidal entre os pontos de partida e chegada foi avaliada em 20 cm interpolando-se dados dos vértices da rede do IAP Francisco Beltrão e Bituruna, restando a corrigir uma imprecisão de aproximadamente 12cm, aleatório, devido ao erro do aparelho ao longo da linha base de rastreamento.

Na execução do apoio terrestre para restituição aerofotogramétrica, foram utilizados os mesmos receptores GPS especificados neste item.

A metodologia empregada para a determinação das coordenadas planialtimétricas dos pontos de apoio, foi basicamente a mesma que a utilizada para o levantamento do perfil do rio e a amarração a partir dos pontos bases implantados anteriormente.

Pontos de difícil acesso ou com cobertura vegetal exagerada, foram levantados com equipamento Estação Total, orientados através dos marcos GPS implantados. Os pontos levantados são apresentados a seguir.

RIO SANTANA - AFLUENTE PELA MARGEM ESQUERDA DO RIO CHOPIM , BACIA DO RIO IGUAÇÚ
REGIÃO SUDOESTE DO ESTADO DO PARANÁ
SERVIÇOS DE CAMPO - CAMPANHA DE MEDIÇÕES TOPOGRÁFICAS PARA FINS DE INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO

PONTOS AMARRADOS AO VÉRTICE IAP - FRANCISCO BELTÃO DA REDE DE ALTA PRECISÃO DE GPS DO ESTADO DO PARANÁ , TRANSFERIDO PARA A PCH VITORINO EM DEZ/1998 - COPEL- PONTO BASE PTL1 E DESTA PARA O RIO SANTANA EM JUNHO DE 2001

obs. Os pontos estão listados na sua ordem de ocorrência de jusante para montante e agrupados em blocos referentes aos aproveitamentos identificados
 obs. O elipsóide de referência é o datum **Córrego Alegre**, ao qual estão referenciadas as cartas do Serviço Geográfico do Exército disponíveis da região

PONTO	PONTO	DESCRIÇÃO	CATEGORIA	Coordenadas UTM		Altitude	Trena	Nível água
CAMPO	Nº ORDEM			N	E	Ortométrica	Nível água	índireto
PTL01	OPP	PONTO BASE OBRA PCH VITORINO		7123494,770	321096,760	546,626		
TRECHO DE JUSANTE								
PTS1	1	Antiga ponte Itapejara para Verê (ponto mais a jusante levantado)	GPS + TRENA	7132594,941	314203,392	467,101	11,340	455,761
GPS03	2		GPS	7130794,916	312248,545	466,159		
GPS02	3		GPS	7129195,983	312858,567	468,208		
NAS1	4	Nível de água volta grande de jusante	GPS	7130342,332	311844,508	470,170		
GPS01	5		GPS	7128467,018	311212,195	472,073		
NAS2	6	Nível de água barra Santana com Marrecas	GPS	7129522,041	308745,410	472,740		
S01	7	Piquete feito na lavoura para tirar níveis por topografia na foz Marrecas	GPS	7129537,938	308730,441	475,990		
	8	Nível de água barra Santana com Marrecas	TOPOGRAFIA			471,926		
	9	Nível de água barra Santana com Marrecas - 90m a jusante	TOPOGRAFIA			471,819		
PTS2	10	Ponte Itapejara- Barra Grande	GPS + TRENA	7126457,953	310628,486	485,710	10,300	475,410
TRECHO JACARÉ								
NAS3	11	Nível de água a jusante alça do Jacaré	GPS	7119025,368	307433,154	487,288		
AM01	12	Marcos intervisíveis - Jacaré	GPS	7118774,731	307740,704	603,337		
AM02	13	Marcos intervisíveis - Jacaré	GPS	7118707,336	307758,123	605,437		
PTS3	14	Nível de água e ponte a montante alça do Jacaré	GPS + TRENA	7117935,014	308303,201	507,857	3,400	504,457
PONTE1	15	Ponto de conferência na ponte seção Jacaré	GPS + TRENA	7117917,729	308275,957	507,648	3,830	504,457
TRECHO IRMÃOS WILT / VILA GALUPO								
AM03	16	Marcos intervisíveis - vila Galupo	GPS	7116933,500	308357,180	562,100		
AM04	17	Marcos intervisíveis - vila Galupo	GPS	7116875,479	308296,417	560,589		
NAS4	18	Nível de água de montante irmãos Wilt	GPS	7116060,394	305618,278	528,519		
NAS5	19	Nível de água de montante irmãos Wilt	GPS	7115857,613	306772,875	531,593		
NA06	20	Nível de água de montante irmãos Wilt	TOPOGRAFIA	7116688,719	307299,984	530,777		
PIQUETE	21	Nível de água imediatamente a jusantado salto Irmãos Wilt	TOPOGRAFIA	-	-	521,148		
NA05	22	Nível de água de jusante irmãos Wilt	TOPOGRAFIA	7117101,506	308176,166	511,743		
NA6	23	Nível de água vila Galupo	GPS	7115007,762	308262,970	532,880		
NAS7	24	Ponte (Sem precisão)	ANULADO	7116022,120	305627,110	527,120	1,370	
TRECHO IRMÃOS BEDIN								
PTS7	25	Marco Bedin - Ré	GPS	7113032,899	305632,489	594,186		
PTS8	26	Marco Bedin	GPS	7112606,861	305730,759	597,356		
	27	Nível de água na confluência Santana Marmeleiro	TOPOGRAFIA	-	-	561,645		
	28	Nível de água casa de força	TOPOGRAFIA	-	-	537,949		
	29	Nível de água captação	TOPOGRAFIA	-	-	565,468		
NAS8	30	Nível de água no rio Marmeleiro	GPS	7111011,440	303003,580	566,069		
NAS9	31	Nível de água no rio Marmeleiro	GPS	7111691,286	300559,100	573,863		
TRECHO CORREDEIRAS DO LINHÃO								
PTS9	32	Ponto no Capão próximo ao linhão - arrancado e refeito	GPS	7109463,373	307768,641	620,904		
NA 07	33	Nível de jusante alça linhão	TOPOGRAFIA	307663,732	7109673,465	587,831	3,500	504,457
NA 08	34	Nível de água montante do eixo barragem alça linhão	TOPOGRAFIA	307834,515	7109269,421	599,594		
NA 09	35	Nível de água eixo barragem alça linhão	TOPOGRAFIA	307492,449	7109345,760	600,814		
NAS10	36	Nível de água sob o linhão	GPS	7108804,240	307495,032	604,392		
TRECHO ESTREITO DE MONTANTE								
NA01	37	Nível de água montante na alça do Cadeado		7101001,794	306816,703	647,064		
NA02	38	Nível de água jusante na alça do Cadeado		7100622,876	306824,857	659,749		
MR06	39	Marco implantado pela COPEL utilizado nos serviços do rio Chopim. Pelo referencial oficial amarrado ao vértice Francisco Beltrão da rede de alta precisão do IAP , sua cota deveria ser 499,905		7124352,124	325075,569	503,934		

O resultado dos levantamentos cartográficos e topográficos podem ser visualizados na figura a seguir, utilizada como base para o caminhamento da mancha de inundação:

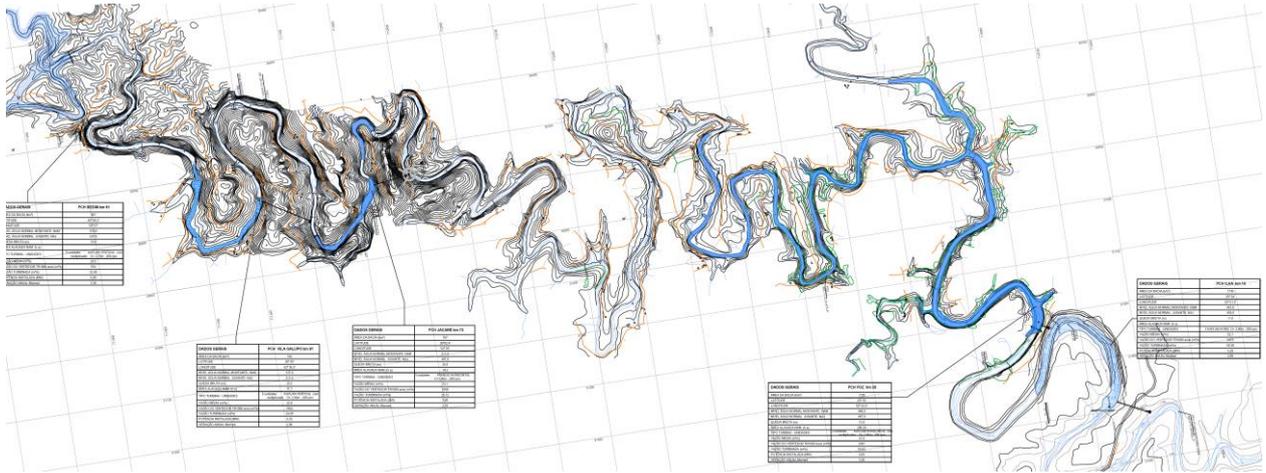


Figura 28 - Curvas de Nível (Cartografia) Rio Santana. Fonte: Estudos de Inventário do Rio Santana, Design Head, 2021.

I-8.4. Pós-Processamento da Topografia

A partir das curvas de nível constantes nos Estudos de Inventário, foi necessário a conversão dos dados topográficos em arquivo gráfico/vetorial do tipo GeoTIFF, que é um padrão de metadados que permite agregar informações das coordenadas geográficas num arquivo do tipo imagem.

Foi utilizado um software de edição de imagens, o qual converteu os dados iniciais para o referido GeoTIFF, gerando uma imagem hipsométrica, cujas cores resultantes equivalem a sua altimetria.

A imagem a seguir é o resultado do pós-processamento em GeoTIFF:

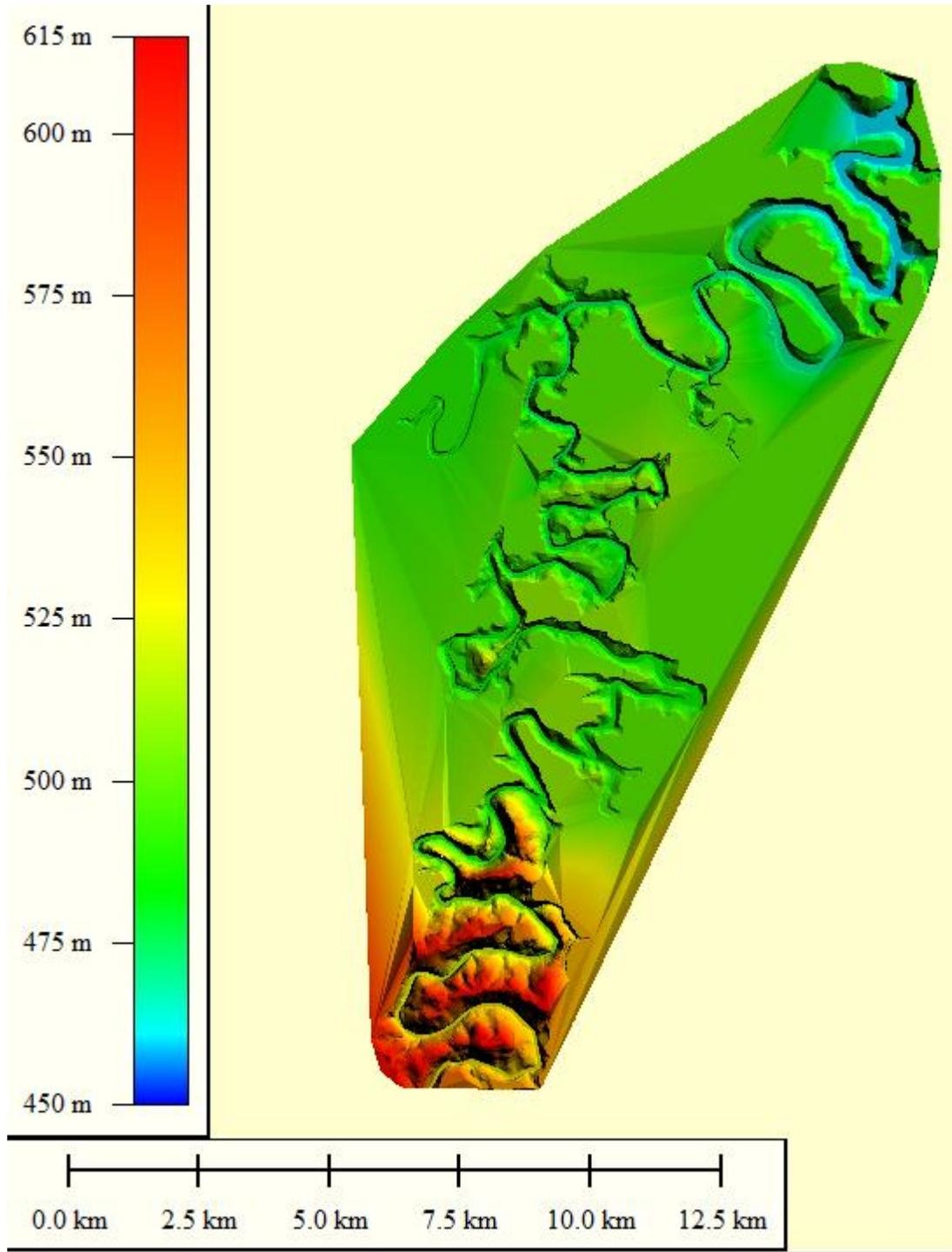


Figura 29 - GeoTIFF – Curva Hipsométrica Pós Processada Rio Santana.

I-8.5. Modelagem HEC-RAS

Com os dados do hidrograma obtido pela análise da ruptura da barragem, em conjunto com a base topográfica a jusante da barragem da PCH Jacaré devidamente processada em GeoTIFF, é possível gerar a mancha de inundação a partir do software HEC-RAS.

I-8.5.1. HEC-RAS

HEC-RAS é a sigla que traduzida significa Sistema de Análises de Rios, desenvolvido e em constante aprimoramento pelo Corpo de Engenharia do Exército Norte Americano.

A partir deste software é possível realizar análises envolvendo Escoamento Permanente, Não Permanente, Análise da qualidade da água e Movimento de Sedimentos, o que permite ao usuário obter informações bastante precisas em cada tipo de simulação.

O software se baseia na resolução das equações de *Saint-Venant* uni ou bidimensionais, considerando regimes permanentes ou não permanentes. Devido a essa precisão, utilizar o HEC-RAS agrega valor a um estudo de escoamento, pois é visto pelos profissionais da área como referência neste quesito.

O HEC-RAS ainda proporciona alto grau de precisão e confiabilidade, que permite considerar os dados apresentados como significativos durante a tomada de decisões relacionadas aos impactos causados por uma determinada inundação.

A ANA (Agência Nacional de Águas) não apenas aprova a utilização deste software como também recomenda sua utilização, lançando inclusive material de apoio para que profissionais da área empreguem seu uso para a determinação de manchas de inundação.

Este PAE utilizou como uma das fontes o Manual Básico HEC-RAS 5.0.3 – Ruptura de Barragem, emitido pela ANA em junho de 2018, disponível gratuitamente para download através do site oficial da agência.

I-8.5.2. RAS MAPPER

Após o processamento vetorial descrito no item I-8.4 deste PAE, foi inserida a imagem no RAS MAPPER do HEC-RAS, inserindo as informações geométricas necessárias para o cálculo e resultado final da determinação da mancha de inundação.

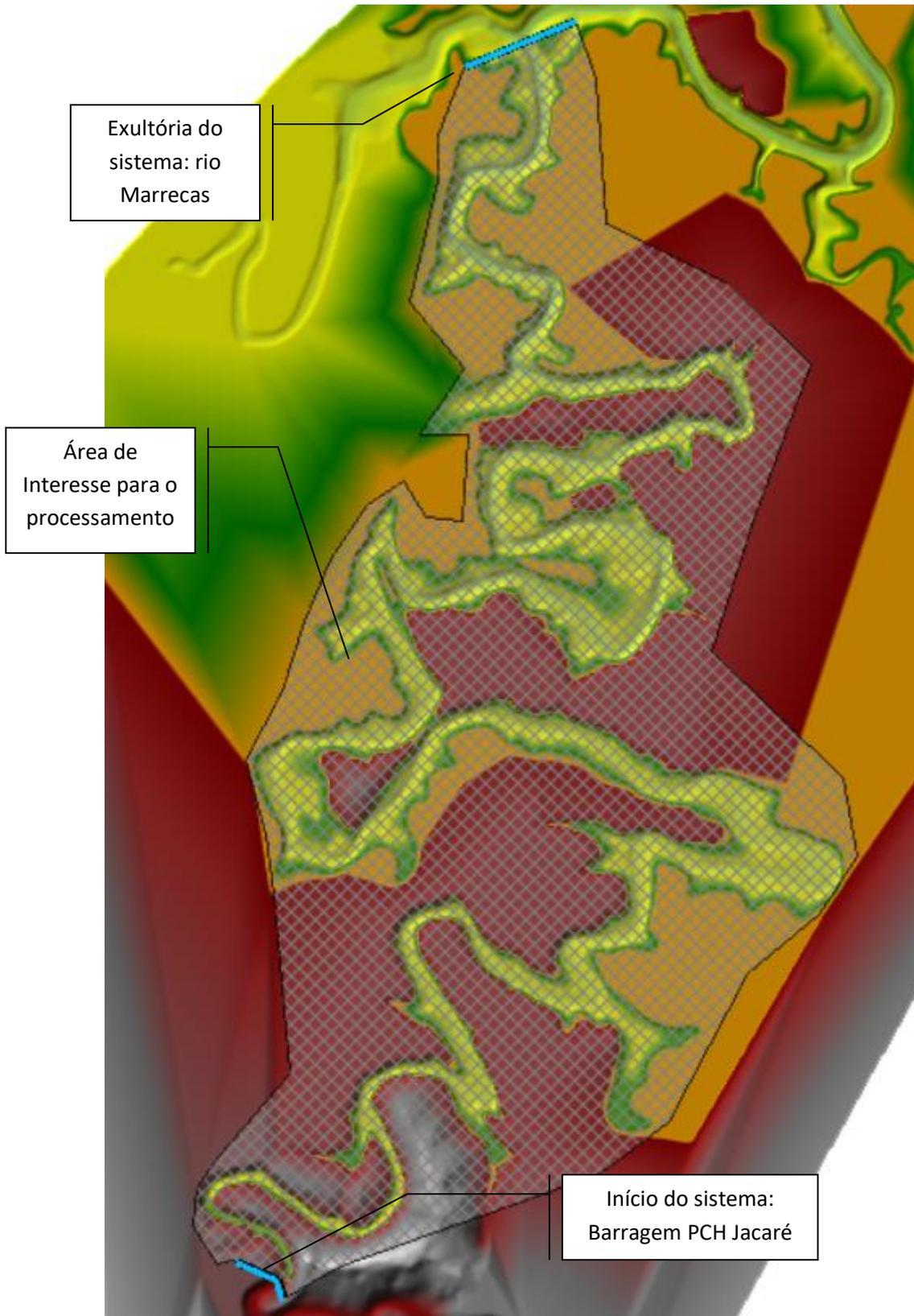


Figura 30 - Inserção de dados Geométricos HEC HAS.

Para a determinação da área de interesse para o processamento da mancha de inundação, adotou-se como área a região adjacente ao leito do rio, tanto afastado quanto possível do rio,

cujo limite é a topografia disponível.

Desta forma, dá-se liberdade ao software executar o processamento e determinar com precisão a mancha de inundação.

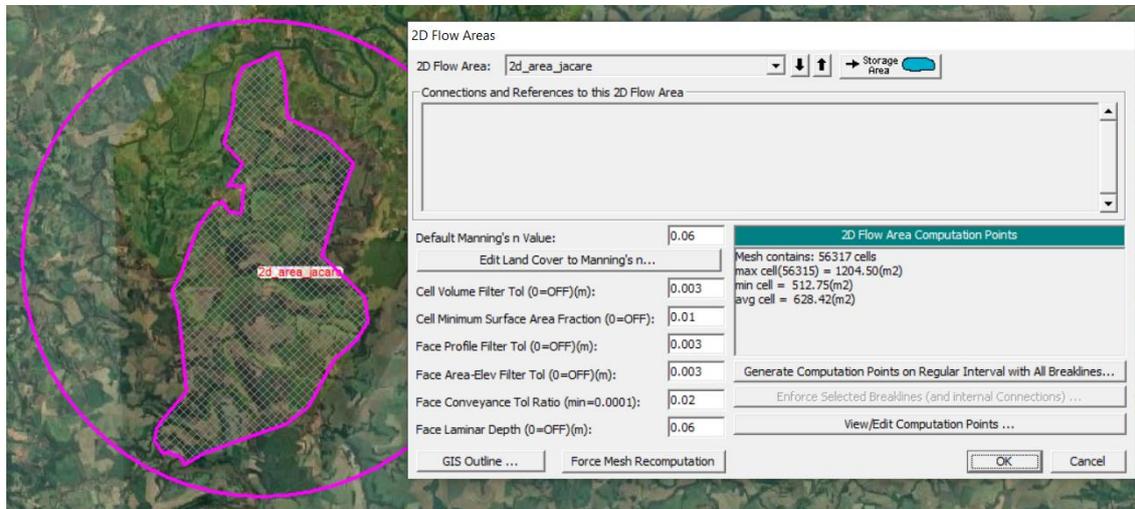


Figura 31 - Inserção de dados Geométricos HEC HAS.

I-8.5.3. PROCESSAMENTO FINAL HEC-RAS

O HEC RAS compartimenta a região de interesse em células. Estas células são utilizadas no processamento da mancha de inundação pelo Método dos Elementos Finitos (MEF), cuja dimensão de cada célula foi configurada neste PAE como sendo 25 x 25 m, resolução suficiente para compor o resultado final com a precisão recomendada.

Juntamente com os dados gráficos, insere-se as informações hidrológicas previamente processadas no HEC-HMS, formando o plano computacional que executará todas as informações inseridas no HEC-RAS.

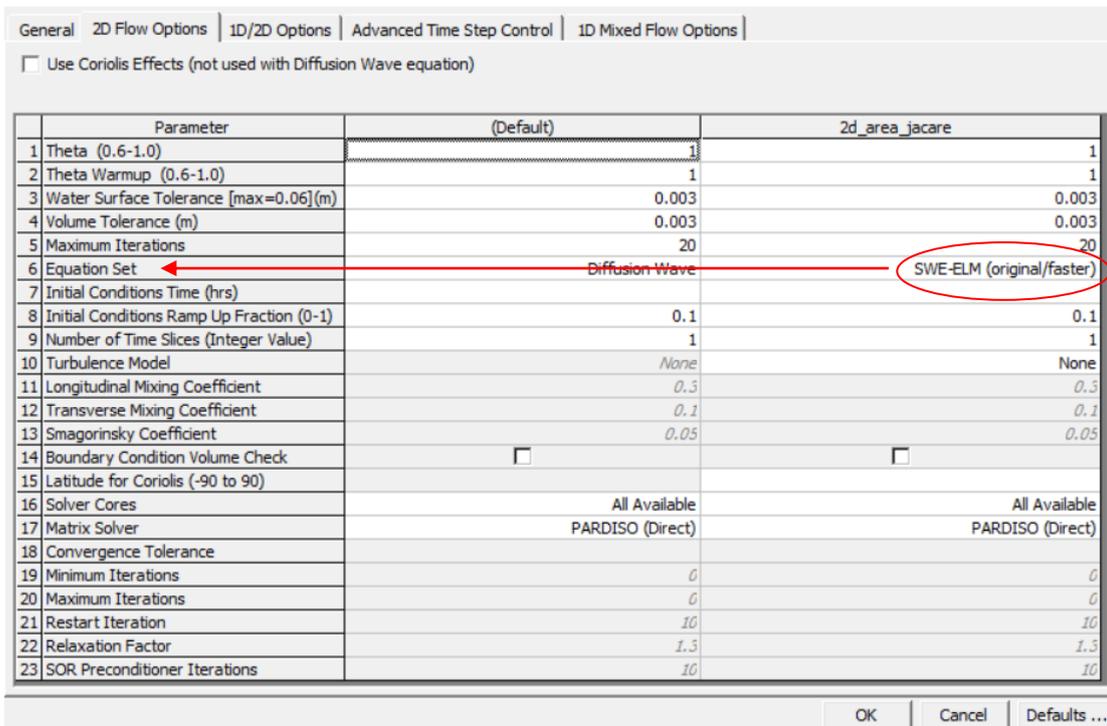
Para o processamento das informações, optou-se em calcular a mancha de inundação pelo método SWE-ELM, equivalente a equação de *Saint Venant*.

O processamento gráfico considerou o ajuste de tempo com base no Número de *Courant* (Co). Este número representa uma grandeza escalar local do domínio fluido que simula o fluxo advectivo, ou seja, um fluxo confinado em malhas espaciais e temporais, no caso na simulação constante neste PAE, dentro da malha MEF gerada pelo HEC-RAS.

C_o = distância percorrida por uma onda de perturbação em um passo de tempo
 tamanho local dos volumes da malha

O range de trabalho definido para que o HEC-RAS propague a onda de cheia pela correção do Número de *Courant* estabeleceu o intervalo de 0,6 a 2.

HEC-RAS Unsteady Computation Options and Tolerances



Parameter	(Default)	2d_area_jacare
1 Theta (0.6-1.0)	1	1
2 Theta Warmup (0.6-1.0)	1	1
3 Water Surface Tolerance [max=0.06](m)	0.003	0.003
4 Volume Tolerance (m)	0.003	0.003
5 Maximum Iterations	20	20
6 Equation Set	Diffusion Wave	SWE-ELM (original/faster)
7 Initial Conditions Time (hrs)		
8 Initial Conditions Ramp Up Fraction (0-1)	0.1	0.1
9 Number of Time Slices (Integer Value)	1	1
10 Turbulence Model	None	None
11 Longitudinal Mixing Coefficient	0.3	0.3
12 Transverse Mixing Coefficient	0.1	0.1
13 Smagorinsky Coefficient	0.05	0.05
14 Boundary Condition Volume Check	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Latitude for Coriolis (-90 to 90)		
16 Solver Cores	All Available	All Available
17 Matrix Solver	PARDISO (Direct)	PARDISO (Direct)
18 Convergence Tolerance		
19 Minimum Iterations	0	0
20 Maximum Iterations	0	0
21 Restart Iteration	10	10
22 Relaxation Factor	1.3	1.3
23 SOR Preconditioner Iterations	10	10

Figura 32 - Definindo o Método de Cálculo *Saint Venant* no HEC HAS.

HEC-RAS Unsteady Computation Options and Tolerances

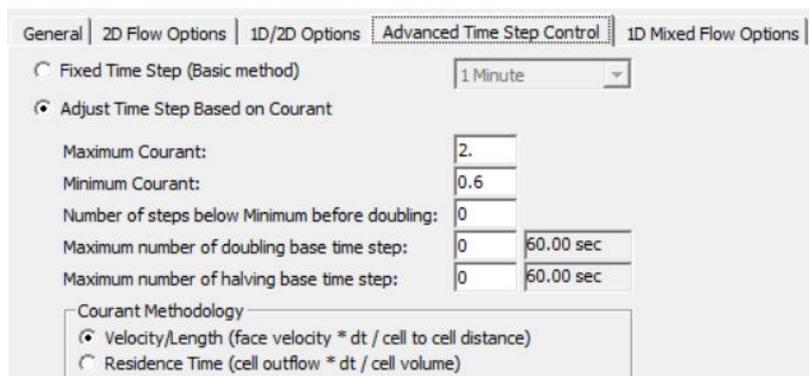


Figura 33 - Ajuste da Velocidade de Propagação da Onda por *Courant*.

Ajustados os principais parâmetros de cálculo, procedeu-se com o processamento final da

Análise de Fluxo não Permanente, ajustando o tempo do hidrograma ao projeto geométrico (topografia) a jusante da barragem, conforme figura a seguir:

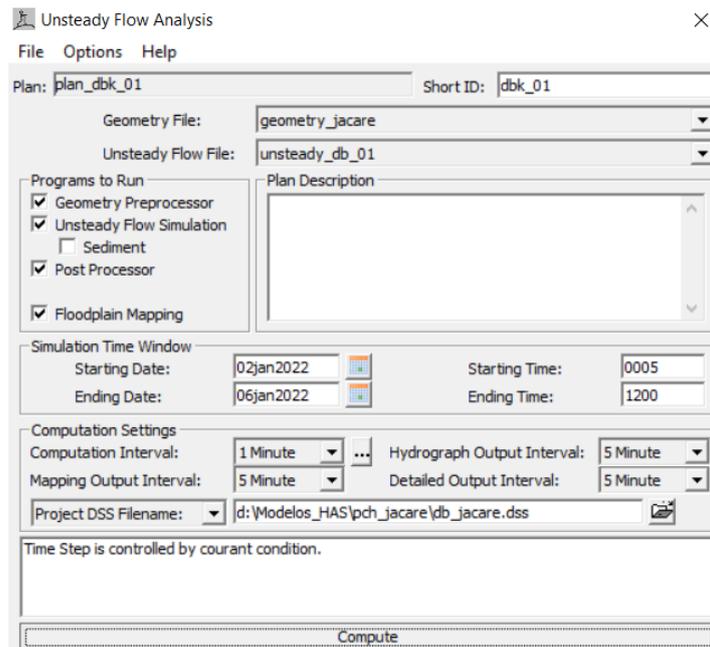


Figura 34 - Plano de Processamento da Mancha de Inundação (Análise HEC-RAS).

I-8.5.4 MANCHA DE INUNDAÇÃO E ANÁLISE DO VALE A JUSANTE

Este tópico apresenta os principais resultados obtidos a determinação gráfica da área a jusante da PCH Jacaré, objeto de estudo quanto ao estudo da passagem da onda de cheia.

Enfatizando as análises prévias para o processamento e geração da simulação da mancha de inundação deste empreendimento, foram consideradas as seguintes condições de contorno:

- Ruptura através do fenômeno de *piping* nas barragens de terra / enrocamento, estatisticamente mais prováveis de rompimento, se comparadas as barragens de concreto;
- Esvaziamento completo do reservatório;
- Ponto de início da ruptura (gatilho) da barragem quando a água elevar-se a cota correspondente a TR 10.000 anos, considerando a hipótese da barragem não suportar a passagem desta cheia e romper;
- Hidrograma da passagem desta cheia decamilenar considerando um tempo de propagação de 4 dias;

- Topografia de jusante da barragem da PCH Jacaré extraída dos Estudos de Inventário do rio Santana;
- Parâmetros hidráulicos e características físicas do fenômeno de propagação da onda conforme estudos mencionados no item I-8.2 deste relatório.

A figura a seguir apresenta a mancha de inundação calculada para a barragem da PCH Jacaré.

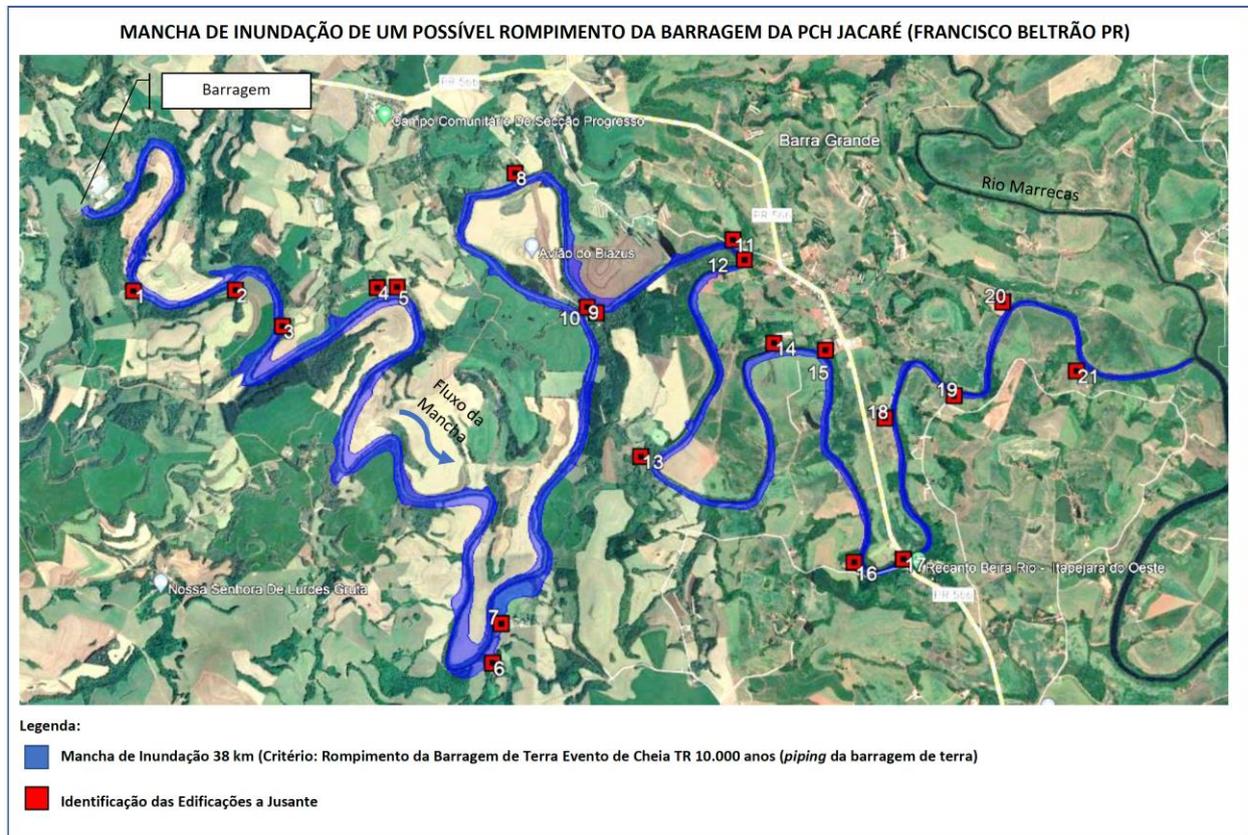


Figura 35 - Mancha de Inundação (Análise HEC-RAS).

Em anexo, apresenta-se este desenho da mancha de inundação em escala adequada para melhor visualização.

Conforme tabela 6. deste PAE, foram identificadas previamente 22 edificações no entorno do rio Santana e que possuem potencial de atingimento.

Destas, as edificações identificadas como 3 e 12 foram hipoteticamente atingidas em alguns centímetros pela onda de cheia, devido as condições da topografia local.

Deve-se considerar também esta topografia a jusante disponível para elaboração deste estudo é resultante dos Estudos de Inventário do rio Santana, e que possui resolução de curvas de

nível de 10 em 10 metros. Preferencialmente, para verificar com maior precisão o real impacto sobre estas estruturas, é interessante ao empreendedor realizar campanha topográfica a jusante um trabalho com maior exatidão cartográfica, reprocessando a mancha de inundação aqui apresentada.

No entanto, para fins de alerta e identificação dos potenciais riscos a jusante, o trabalho aqui apresentado é suficiente para que os órgãos competentes tenham em mãos um documento técnico que norteie as devidas tomadas de decisão com segurança, mesmo que na prática, tais edificações possam não ser atingidas.

As figuras a seguir apresentam as edificações potencialmente atingidas, em detalhe apropriado para a verificação das características da passagem da onda e atingimento:

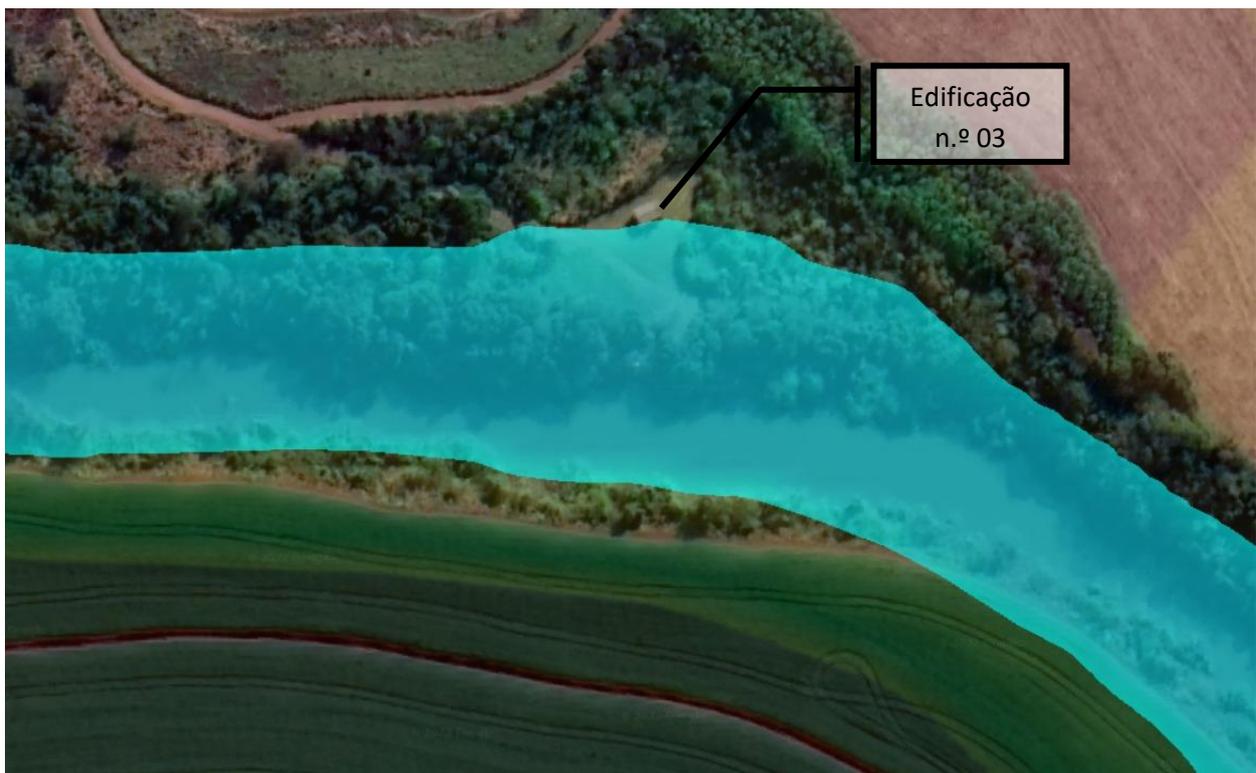


Figura 36 - Edificação n.º 03 - Mancha de Inundação (Análise HEC-RAS).

A edificação 03 foi visitada pelos técnicos da Vortex, tratando-se ser uma estrutura utilizada para fins recreativos e lazer, contendo uma churrasqueira e um pequeno camping. Suas dimensões aproximadas são 8 m por 5,50 m (aproximadamente 44 m²).

A edificação n.º 12 é demonstrada a seguir:



Figura 37 - Edificação n.º 12 - Mancha de Inundação (Análise HEC-RAS).

Muito similar a edificação n.º 03, esta edificação n.º 12 também foi visitada pelos técnicos da Vortex, que relatam que se trata de um pequeno quiosque de churrasqueiras utilizado de forma particular para lazer aos fins de semana.

Em relação ao atingimento da onda de cheia nestas estruturas, a tabela resume algumas características importantes quanto ao fenômeno físico da passagem da vazão no entorno das estruturas, sendo possível observar algumas estatísticas fundamentais para elaboração deste Plano:

Tabela 9 – Estatísticas de Atingimento da Onda de Cheia nas Edificações 03 e 12

Edificação	Altura da passagem da onda de cheia	Distância da Barragem até a edificação	Tempo de chegada da onda após o rompimento (calculado pelo HEC-RAS)	Tempo de chegada da onda após o rompimento (Com coeficiente de segurança)
03	~ 40 cm	4,9 km	1 hora e 15 minutos	50 minutos
12	~ 60 cm	23,5 km	6 horas	4 horas

Da tabela acima, depreende-se que a velocidade média de escoamento da onda de cheia calculado pelo software é 1,1 m/s. Este tempo pode apresentar na prática variação, pois a modelagem da simulação uniformizou o coeficiente de rugosidade do terreno a jusante adotando um *Manning* de 0,06.

Pode-se adotar um coeficiente de segurança neste caso, reduzindo em 30% o tempo de chegada, sendo esta a incerteza do sistema, adotando assim como velocidade média da onda de cheia em 1,4 m/s.

As características das demais edificações podem ser contempladas na tabela 6 deste PAE, sendo aqui reinserida para melhor visualização do fenômeno estudado:

Tabela 10 – Área a jusante do barramento da PCH Jacaré.

Id	Tipo de Benfeitoria	Coordenada Geográfica (UTM)	Distância do Barramento (km)	Distância da habitação até a margem do rio (m)	Cota Estimada (m)	Cota Calculada da Mancha (m)
1	Casa de Força	307.471 m E / 7.118.979 m S	3	15,0	496,00	493,50
2	Benfeitorias (Fazenda)	307.516 m E / 7.119.987 m S	4	87,7	511,75	487,83
3	Área de Lazer (churrasqueira)	307.908 m E / 7.120.441 m S	4,9	45,3	486,32	486,73
4	Benfeitorias (Fazenda)	307.572 m E / 7.121.397 m S	7	94,1	507,02	486,04
5	Benfeitorias (Fazenda)	307.576 m E / 7.121.593 m S	7,2	63,1	503,90	486,02
6	Benfeitorias (Fazenda)	311.346 m E / 7.122.374 m S	13,6	145	495,13	484,68
7	Barracão / Pequena Industria ou Pecuária	310.971 m E / 7.122.472 m S	13,9	103,3	489,08	484,66
8	Benfeitorias (Fazenda)	306.468 m E / 7.122.812 m S	20	98,3	495,15	484,29
9	Edificação isolada	307.880 m E / 7.123.464 m S	20,7	52,7	491,98	484,21
10	Benfeitorias (Fazenda)	307.944 m E / 7.123.551 m S	20,8	49,6	490,91	484,21
11	Benfeitorias (Fazenda)	307.278 m E / 7.124.951 m S	23,3	50,0	499,96	484,11
12	Área de Lazer (churrasqueira)	307.486 m E / 7.125.054 m S	23,5	22,0	483,47	484,08
13	Benfeitorias (Fazenda)	309.410 m E / 7.123.915 m S	26,1	120,0	500,82	478,50
14	Benfeitorias (Fazenda)	308.350 m E / 7.125.290 m S	29,0	43,7	494,62	478,30
15	Barracão Máquinas e Peças Agrícolas	308.447 m E / 7.125.799 m S	29,5	50,9	488,34	478,26
16	Benfeitorias (Fazenda)	310.566 m E / 7.125.934 m S	31,8	36,0	487,56	478,13
17	Ponte Rodoviária PR-566 /	310.562 m E /	32,2	0 / 31,6	492,75	478,04

	Recanto Beira Rio	7.126.416 m S				
18	Barracão (isolado)	309.160 m E / 7.126.338 m S	33,9	79,2	489,27	477,78
19	Benfeitorias (Fazenda)	308.974 m E / 7.127.036 m S	35,0	42,8	486,92	474,05
20	Benfeitorias (Fazenda)	308.059 m E / 7.127.590 m S	36,2	76,8	489,76	473,95
21	Benfeitorias (Fazenda)	308.793 m E / 7.128.262 m S	37,3	98,5	500,00	473,78
22	Foz do Rio Santana	308.723 m E / 7.129.437 m S	38,5	0	473,00	473,25

I-9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As características da barragem da PCH Jacaré, demonstradas neste PAE indicam que, em uma remota hipótese de ruptura desta, os efeitos decorrentes da passagem da onda de cheia a jusante serão mínimos, pelos diversos motivos citados a seguir:

- Confirmação de que todas as casas / benfeitorias detectadas neste estudo estão fora da mancha de inundação da barragem rompida, (exceto as edificações 03 e 12, que foram atingidas mas em proporção mínima de poucos centímetros), constatando que as estruturas a jusante estão, via de regra, em local seguro;
- Conferência dos estudos hidrológicos para a barragem da PCH Jacaré, com estudos de vazões excepcionais, baseados em longas séries históricas de vazões consistidas pela ANA, que garantem dados confiáveis para o correto dimensionamento hidráulico do vertedouro e barragem;
- Barragem estável e em operação desde junho de 2018;
- Projeto executivo bem elaborado, observando a existência de memória de cálculo de estabilidade da barragem de concreto (vertedouro) e da barragem de enrocamento / terra, conforme observado nos anexos III.4 e III.5 deste PAE.
- Análise de reservatório pequeno, por se tratar de uma PCH que operam a fio d'água;
- Estrutura do vertedouro de baixa estatura e dimensionados com comprimento suficiente para o vertimento das vazões afluentes superiores ao necessário para turbinar, reduzindo consideravelmente a carga excepcional sobre as estruturas;
- Boas condições de fundações detectadas no rio Santana, com alguns pontos visíveis de laje aflorada de basalto. Pelas condições encontradas, verifica-se a princípio que as tensões incidentes ao pé da barragem, oriundas do máximo carregamento, não atingirão percentual da

capacidade e de carga do maciço a ponto de causar eventos de ruptura ou sismos (tensão admissível do basalto);

- Baixíssima probabilidade de sismos na região. Em raros eventos sísmicos na região da barragem, os registros apontaram sismos pequenos, perfeitamente absorvíveis pelo dimensionamento estrutural da barragem. Portanto, que não há risco de ordem sismológica que justifique um monitoramento para este projeto;

- Vale pouco habitado à jusante do reservatório, com poucas propriedades identificadas na região, suficientemente afastadas do leito do rio, denotando nula probabilidade de atingimento, as quais foram demonstradas neste PAE que não serão atingidas em caso de ruptura desta barragem.

Recomenda-se, por fim, que ou o empreendedor, ou a defesa civil do município cadastre os moradores identificados a jusante da barragem, com minimamente o nome e um celular de contato, para que seja possível em caso de ruptura, enviar alerta instantâneo para que a população a jusante possa se abrigar na ZAS deste PAE.

São José dos Pinhais, Paraná, 22 de julho de 2022.



EDUARDO JEFFERSON MAYER

Engenheiro Civil, MSc

CREA 104.081-D PR

SEÇÃO II: DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

II-1 Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Nível de Segurança
Nível 0 (azul) – Alerta de Inundação por Operação de Estruturas de Descarga
Nível 1 (Verde) – Situação Potencial de Ruptura está se Desenvolvendo
Nível 2 (amarelo) – Situação Potencial de Ruptura está Piorando
Nível 3 (Laranja) – Situação de Ruptura Iminente
Nível 4 (Vermelho) – Ruptura está ocorrendo ou acabou de ocorrer

II-2. Caracterização dos Níveis de Segurança das Barragens

As barragens são caracterizadas em 4 níveis de segurança, a saber: Normal, Atenção, Alerta, e Emergência, conforme definido Resolução Normativa Aneel nº 696/2015.

II-2.1. Nível Normal

O nível normal se caracteriza quando não houver anomalias ou as que existem não comprometerem a segurança da barragem, mas que devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo e corresponde a ações de monitoramento rotineiro.

II-2.2. Nível de Atenção

O nível de atenção se caracteriza no momento que se identificar na barragem uma situação de existências de anomalias que não comprometem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigem um monitoramento controle ou reparo ao decurso do tempo.

Condições típicas:

- a) Presença de trincas transversais e longitudinais profundas que não se estabilizam, passantes ou não de montante para jusante, com percolação de água ou não.
- b) Surgência de água próxima à barragem, nos taludes ou ombreiras: Não documentada e/ou não monitorada; com carreamento de materiais de origem desconhecida; com aumento das infiltrações com o tempo e/ou com água saindo com pressão.
- c) Vazamentos não documentados e considerados controláveis.
- d) Nível d'água acima do MÁXIMO MAXIMORUM.
- e) Extravasores inoperantes no período chuvoso.
- f) Possibilidade de rebaixamento do nível d'água através da abertura dos extravasores.
- g) Impossibilidade de aviso externo à população, durante o período seco.
- h) Impossibilidade de notificação interna no empreendimento, durante o período chuvoso.

II-2.3. Nível de Alerta

O nível de Alerta se caracteriza no momento que se identificar na barragem uma situação de existências de anomalias que representem risco à segurança da barragem, no curto prazo, exigindo providências para manutenção das condições de segurança.

Condições típicas:

- a) Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento.
- b) Vazões afluentes elevadas próximas ao limite de extravasamento.
- c) Impossibilidade de aviso externo à população, durante o período chuvoso.
- d) Fissuras (Rachaduras) Transversais - Vide Tabelas 11 e 12.
- e) Fissuras (Rachaduras) longitudinais - Vide Tabelas 11 e 12.
- f) Fissuras Transversais e Longitudinais - Vide Tabelas 11 e 12.
- g) Afundamentos e/ou colapsos - Vide Tabelas 11 e 12.
- h) Desabamento da crista - Vide Tabelas 11 e 12.

II-2.4. Nível de Emergência

A situação de Emergência se caracteriza no momento que se identificar na barragem uma situação de existências de anomalias que representem risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais.

Condições típicas:

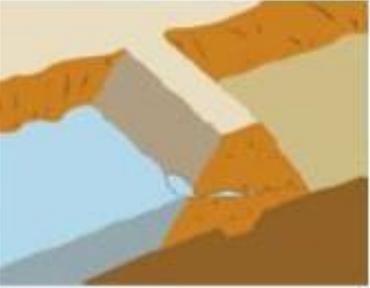
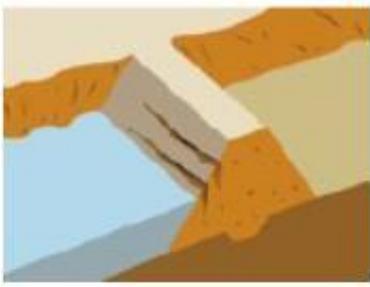
- a) Ruptura da Barragem.
- b) Galgamento das estruturas de terra ou terra e enrocamento. Onde água do reservatório esteja vertendo sobre a crista da barragem.
- c) Erosões (sumidouros) - Vide Tabelas 11 e 12.
- d) Fissuras pronunciadas - Vide Tabelas 11 e 12.
- e) Surgências significativas (afloramento de água) no corpo ou no pé da barragem - Vide Tabelas 11 e 12.
- f) *Sinkhole* ou subsidências aumentando rapidamente.
- g) Escorregamentos rápidos ou repentinos dos taludes da barragem.
- h) Deslizamento, afundamentos ou escorregamentos - Vide Tabelas 11 e 12.
- i) Deslocamento vertical - Vide Tabelas 11 e 12.
- j) Terremoto ou sismo que resultou em uma descarga incontrolável de água do reservatório.
- k) Blocos de concreto da barragem ou estruturas associadas tombando ou tombados.
- l) Brecha aberta ou em formação no corpo da barragem ou ombreiras.
- m) Bomba detonada que possa resultar em danos a barragens ou estruturas associadas.
- n) Sabotagem ou Vandalismo com danos que podem resultar em descarga incontrolável de água.

II-3. Identificação e Análise das Possíveis Situações de Emergência

Na ocorrência de abalos sísmicos, possíveis deslizamentos a montante, enchentes e outros riscos de acidentes, as etapas a serem seguidas na tentativa de estabilizar a situação estão apresentadas no item 3.

Nas Tabelas 11 e 12 abaixo, estão relacionadas as anomalias com suas características e ações preventivas e corretivas, que porventura possam levar a uma situação de emergência na barragem.

Tabela 11 – Respostas às ocorrências – Barragem de Terra (continua)

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
TALUDE DE MONTANTE					
Vermelho	Erosões		<ol style="list-style-type: none"> 1. Erosão interna ou pinping do maciço ou fundação da barragem. 2. Desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro. 3. Pequeno furo na parede da tomada d'água pode ocasionar um sumidouro <p>Água barrenta na saída a jusante indica o desenvolvimento de erosão na barragem.</p>	<p>Perigo extremo:</p> <p>O pinping pode provocar a ruptura da barragem, quando os canais formados pela erosão regressiva atravessam o maciço ou a fundação</p>	<p>Inspeccionar outras partes da barragem procurando infiltrações ou mais sumidouros.</p> <p>Identificar a causa exata do sumidouro.</p> <p>Checar a água que sai do reservatório para constatar se ela está suja.</p> <p>Um engenheiro qualificado deve inspeccionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas.</p> <p>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</p>
	Fissuras pronunciadas		<p>Uma porção do maciço se moveu devido a perda de resistência, ou a fundação pode ter se movido causando um movimento no maciço.</p>	<p>Perigo extremo</p> <p>Indica o início de um deslizamento ou recalque do maciço causado pela ruptura da fundação.</p>	<p>Dependendo do maciço envolvido, baixar o nível do reservatório. Um engenheiro qualificado deve inspeccionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</p>
	Deslizamento,		<p>Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido a sua inclinação exagerada ou ao movimento da</p>	<p>Perigo extremo</p> <p>Uma série de deslizamentos podem provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura</p>	<p>Avaliar a extensão do deslizamento.</p> <p>Monitorar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver</p>

	afundamento ou escorregamento		fundação. Também podem ocorrer deslizamentos devido a movimentos de terra na bacia do reservatório	da barragem.	ameaçada. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
TALUDE DE JUSANTE					
Vermelho	Escorregamento/Deslizamento/Encharcamento		Falta ou perda de resistência do material do maciço da barragem. A perda de resistência pode ser atribuída à infiltração de água no maciço ou falta de suporte da fundação.	Perigo extremo Deslizamento do maciço atingindo a crista ou o talude de montante, reduzindo a folga. Pode resultar no colapso estrutural ou transbordamento.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir a extensão e o deslocamento do escorregamento. 2. Se o movimento continuar, começar a baixar o nível d'água até parar o movimento. 3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO
Laranja	Fissuras (Rachaduras) Transversais		Recalque diferencial do maciço da barragem também provoca fissuras pronunciadas (rachaduras) transversais. Por exemplo: o centro recalca mais que as ombreiras.	Perigo Fissuras pronunciadas devido a recalques ou retração podem provocar infiltrações de água do reservatório através da barragem.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se necessário, tampe a rachadura para prevenir a passagem da água do reservatório. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

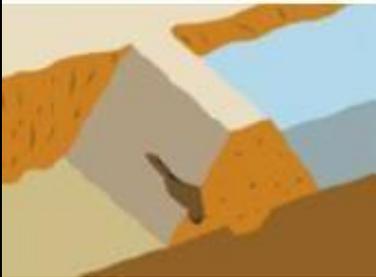
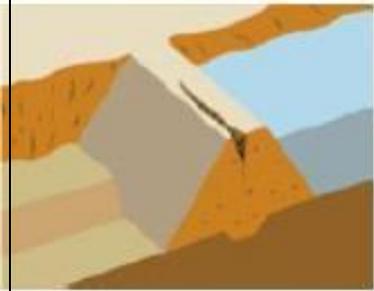
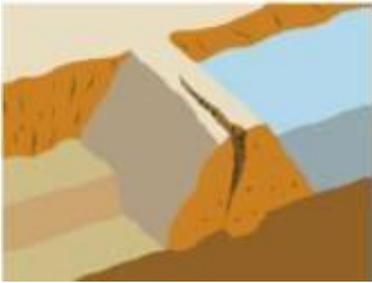
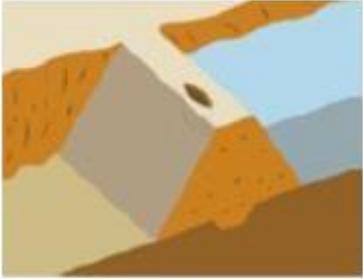
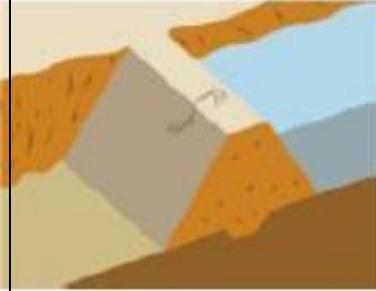
	Afundamentos/ Colapsos		<p>Falta de uma compactação adequada. Tocas de animais. Piping através do maciço ou fundação.</p>	Perigo	<p>Indicação de possível erosão do maciço</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspecionar para reparos em buracos internos. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <p>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</p>
--	-----------------------------------	---	---	---------------	---	---

Tabela 11 - Respostas às ocorrências – Barragem de Terra (continuação)

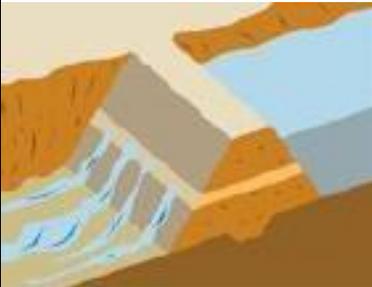
Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
CRISTA					
Laranja	Fissura (Rachadura) Longitudinal		Assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem. Falha na fundação causando perda de estabilidade. Estágios iniciais de deslizamentos do maciço.	Perigo Cria uma área local de pouca resistência no interior do maciço que pode causar futuros movimentos. Provoca instabilidade estrutural ou ruptura. Permite um ponto de entrada para a água superficial que futuramente poderá causar ruptura. Reduz a seção transversal disponível	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspecionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar freqüentemente. 2. Engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. As rachaduras da superfície da crista devam ser seladas para prevenir infiltração da água superficial. 4. Continuar monitorando rotineiramente a crista para indícios de rachaduras. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

Vermelho	Deslocamento Vertical		Movimento vertical entre seções adjacentes do maciço da barragem. Deformação ou falha estrutural causado por instabilidade estrutural ou falha na fundação.	<u>Perigo extremo</u>	<p>Cria uma área local de pouca resistência no interior do maciço que pode causar futuros movimentos. Provoca instabilidade estrutural ou ruptura. Permite um ponto de entrada para a água superficial que futuramente poderá causar ruptura. Reduz a seção transversal disponível.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuidadosamente inspecionar o deslocamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. O engenheiro deve determinar a causa do deslocamento e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 2. Escavar a área até o fundo do deslocamento. Preencher a escavação usando material competente e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. 3. Continuar a monitorar áreas rotineiramente para indícios de futuras rachaduras ou movimento. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
	Desabamento da crista		Atividade de roedores. Furos no conduto da tomada d'água está causando erosão do material do maciço da barragem. Erosão interna ou piping do material do maciço devido a infiltração.	<u>Perigo</u>	<p>Vazios dentro da barragem podem causar desabamentos, deslizamentos, instabilidade, ou reduzir a seção transversal do maciço da barragem. Ponto de entrada para água superficial.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuidadosamente inspecionar o desabamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. 2. Engenheiro deve determinar a causa do desabamento e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Escavar os lados da área que desabou e preencher o buraco com material competente

					usando técnicas de construção adequadas. Isto deve ser supervisionado por engenheiro. 4.Continuar monitorando rotineiramente a crista a procura de indícios de rachaduras. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
--	--	--	--	--	---

Laranja	Fissuras transversais e Longitudinais		<p>Movimentos desiguais das partes adjacentes da estrutura.</p> <p>Deformação causada por tensão estrutural ou instabilidade.</p>	<p style="text-align: center;">Perigo</p> <p>Pode criar um caminho para infiltração através da seção transversal do maciço. Cria área local de baixa resistência no interior do maciço.</p> <p>Futuro movimento estrutural, deformação ou ruptura poderá se iniciar. Permite um ponto de entrada para água de escoamento superficial.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspecionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar freqüentemente. 2. Um engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Escavar a crista ao longo da rachadura para um ponto abaixo do fundo da rachadura. Preencher a escavação usando material competente e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. Isto irá selar a rachadura contra infiltração e escoamento superficial. NECESSÁRIO ENGENHEIRO. 4. Continuar monitorando rotineiramente a crista a procura de indícios de rachaduras. NECESSÁRIO ENGENHEIRO
----------------	--	---	---	--	--

Quadro 6 - Respostas às ocorrências – Barragem de Terra (fim)

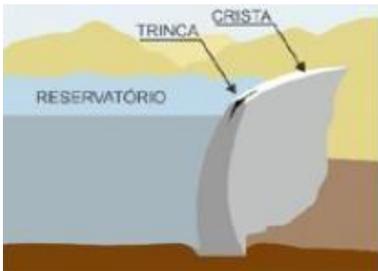
Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
BARRAGEM DE TERRA - INFILTRAÇÕES E SURGÊNCIAS DE ÁGUA NA BARRAGEM					
Vermelho	Grande área molhada ou produzindo fluxo		Um caminho preferencial de percolação desenvolveu-se através da ombreira ou do maciço.	Perigo O aumento do fluxo pode levar à erosão do maciço e à ruptura da barragem. A saturação do maciço próximo à zona de infiltração pode criar instabilidade, levando à ruptura da barragem.	<ol style="list-style-type: none"> Determinar o mais próximo possível o fluxo que está sendo produzido. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabelecer ou parar. Demarcar a área envolvida. Tentar identificar o material que está permitindo o fluxo. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
Vermelho	Área molhada em uma faixa horizontal		Camada de material permeável usado na construção do maciço.	Perigo A saturação das áreas abaixo da zona de infiltração pode instabilizar o maciço. Fluxos excessivos podem provocar erosão acelerada do maciço, levando à ruptura da barragem.	<ol style="list-style-type: none"> Determinar o mais próximo possível o fluxo que está sendo produzido. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabelecer ou parar. Demarcar a área envolvida. Tentar identificar o material que está permitindo o fluxo. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

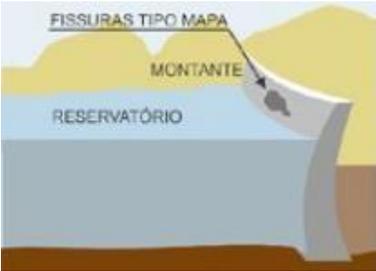
Vermelho	Fuga de água localizada		A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço	<u>Perigo</u>	A continuação do fluxo pode ampliar a erosão do maciço e levar à ruptura da barragem.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar o mais próximo possível o fluxo que está sendo produzido. 2. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabelecer ou parar. 3. Demarcar a área envolvida. 4. Tentar identificar o material que está permitindo o fluxo. 5. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
Vermelho	Fuga localizada de água barrenta (surgência)		A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço e está erodindo e carreando o material deste.	<u>Perigo Extremo</u>	O prosseguimento do fluxo pode causar uma erosão rápida no material do maciço, resultando na ruptura da barragem.	<ol style="list-style-type: none"> 1. O nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabelecer ou parar. 2. Se necessário realizar a construção emergencial de um filtro invertido para interromper o carregamento de material. 3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

Vermelho	Fuga de água através de fissura próximas á crista		<p>Intenso ressecamento provocou o surgimento de fissuras no topo do maciço. Recalques no maciço ou na fundação estão causando fissuras pronunciadas transversais.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Perigo Extremo</u></p> <p>A saturação abaixo da zona fraturada pode instabilizar o maciço. O fluxo através da fissura pode erodir o maciço, levando à ruptura da barragem.</p>	<p>Obstruir as fissuras pelo lado a montante para estancar o fluxo. O nível da barragem deve ser reduzido até o nível das fissuras. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.</p>
Vermelho	Vazamentos vindos das ombreiras		<p>Fluxo de água através de fissuras nas ombreiras.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Perigo</u></p> <p>Podem provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório. Podem provocar deslizamentos próximos ou a jusante da barragem.</p>	<p>Inspeccionar cuidadosamente a área para determinar a quantidade do fluxo e averiguar se existe carreamento de materiais. Um engenheiro ou um geólogo qualificado devem inspecionar a área.</p>

Vermelho	Fluxo borbulhando ajusante da barragem		<p>Alguma parte do maciço de fundação está permitindo a passagem de água com facilidade. Pode ser uma camada permeável formada por areia ou pedregulho existente na fundação ou mesmo fratura na rocha subjacente, que não foi tratada convenientemente quando da execução da injeção de cimento na rocha de fundação.</p>	Perigo	<p>O aumento do fluxo pode causar uma erosão rápida no material da fundação, resultando na ruptura da barragem.</p>	<p>Inspeccionar cuidadosamente a área para averiguar q a quantidade de fluxo e o transporte de materiais. Se houve carreamento de material, um dique com sacos de areia deve ser construído em volta da surgência para reduzir a velocidade da água e a capacidade erosiva do fluxo. Caso a erosão se acentue, o nível do reservatório deverá ser rebaixado. Um engenheiro qualificado deve inspecionar e recomendar outras medidas a serem tomadas.</p>

Tabela 12 – Resposta às ocorrências – Barragem de concreto (continua)

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
BARRAGEM DE CONCRETO - CRISTA					
LARANJA	Fissuras profundas		Fissuras abertas, do tipo aleatório, com presença de sílica-gel, devido a RAA.	Devido à progressão gradativa, podem reduzir a vida útil da barragem.	Baixar o nível do reservatório. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas. EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.
LARANJA	Deslocamentos diferenciais nas juntas		Deslocamentos devido à deformabilidade diferencial da fundação e sismos.	No caso de haver progressão, podem causar instabilidade nas barragens de gravidade ou contraforte	Se o deslocamento for maior que 2,5 mm, baixar o nível do reservatório e fazer o tratamento da fundação. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

BARRAGEM DE CONCRETO – PARAMENTO DE MONTANTE					
VERMELHO	Fissuras tipo Mapa		Fissuras abertas, do tipo aleatório, com presença de sílica-gel, devido à RAA.	Devido à deterioração e progressão, podem reduzir a vida útil da barragem.	Baixar o nível do reservatório e proceder à reconstrução da barragem. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas. EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.
LARANJA	Abertura das juntas		Variações de temperatura ambiente. Rebaixamento do reservatório.	No caso de haver progressão, pode causar instabilidade nas barragens de gravidade ou contraforte.	Se o deslocamento for maior que 5 mm, baixar o nível do reservatório e fazer o tratamento da fundação. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.
BARRAGEM DE CONCRETO – PARAMENTO DE JUSANTE					
LARANJA	Infiltrações através das juntas e fissuras		Veda-junta danificado, fissuras ou juntas de construção.	Perda de água e lixiviação do concreto.	Preencher o dreno de junta com bentonita e injetar as juntas de contração com calda de cimento. Se o fluxo for crescente e maior que 500 l/min por junta, um engenheiro qualificado deverá inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.

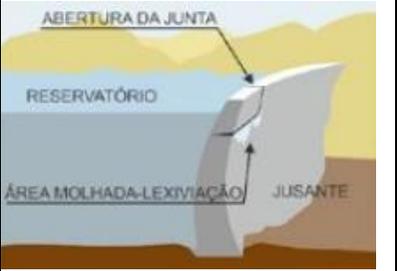
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">VERMELHO</p>	<p>Fissuras tipo mapa</p>		<p>Fissuras abertas e extensíveis, do tipo aleatório, com presença de sílica-gel, devido à RAA.</p>	<p>Deterioração progressiva pode reduzir a vida útil da barragem.</p>	<p>Baixar o nível do reservatório e reconstruir a barragem. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas. EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">LARANJA</p>	<p>Abertura e infiltração das juntas</p>		<p>Áreas molhadas, infiltração, lixiviação e carbonatação devido à ligação inadequada entre as camadas. Concreto poroso nas juntas.</p>	<p>Perdas de água e lixiviação do concreto.</p>	<p>Abrir os drenos para o controle da percolação e injetar calda de cimento. Se o fluxo for crescente e maior que 500 l/min por bloco, um engenheiro qualificado deverá inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>

Tabela 12 - Resposta às ocorrências – Barragem de concreto (continua)

Nível de Resposta	Anomalia	Ilustração	Causa	Consequência	Recomendação
BARRAGEM DE CONCRETO – GALERIA E POÇOS INTERNOS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO					
LARANJA	Surgência nas juntas entre blocos		Aumento de vazão com reservatório estabilizado, devido à fissuração interna ou falhas de concretagem.	Perda de água e lixiviação do concreto. Propagação das fissuras internas.	Preencher os drenos com bentonita e abrir novos drenos. Se a infiltração for maior que 200 l/min e o incremento, maior que 10 l/min/dia, um engenheiro qualificado deverá inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.
LARANJA	Surgências da fundação		Aumento das vazões de drenagem com reservatório estável, devido à cortina de injeção inadequada. Carreamento de finos de fundação.	Enfraquecimento da fundação. Aumento das subpressões. Superação do limite do diagrama de subpressão atrelado ao CCL (Condição de Carregamento Limite).	Reforçar a cortina de injeção e abrir novos drenos. Se a infiltração for maior que 200 l/min e o incremento, maior que 10 l/min/dia, um engenheiro qualificado deverá inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO

LARANJA	Drenos de fundação obstruídos		<p>Infiltração obstruída por depósitos minerais carreados da rocha ou da cortina de injeção.</p>	<p>Aumento excessivo da subpressão. Redução do fator de segurança ao escorregamento. Superação do limite do diagrama de subpressão atrelado ao CCL (Condição de Carregamento Limite).</p>	<p>Limpar os drenos obstruídos e perfurar novos drenos. Se houver aumento de subpressão na base da estrutura, um engenheiro qualificado deverá inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>
BARRAGEM DE CONCRETO – TALUDES DE ROCHA E OMBREIRAS					
VERMELHO	Movimentos de taludes em rocha		<p>Fissuras abertas e sem preenchimento devido à deformação lenta (movimento) do maciço rochoso</p>	<p>Compromete a estabilidade do talude.</p>	<p>Atirantar e drenar a rocha. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>
VERMELHO	Ombreiras		<p>Instabilidade dos taludes e escorregamentos devido à movimentação diferencial nas ombreiras. Aumento das pressões de poro e eventuais fugas de água</p>	<p>Comprometem a estabilidade da ombreira.</p>	<p>Rebaixar o reservatório e reforçar a ombreira. Injetar e drenar. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações a serem tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>

Tabela 12 - Resposta às ocorrências – Barragem de concreto (fim)

Nível de Resposta	Anomalia	Causa	Consequência	Recomendação
BARRAGEM DE CONCRETO - GERAL				
LARANJA	Superação do limite do diagrama de subpressão atrelado ao CCL (Condição de Carregamento Limite)	<ul style="list-style-type: none"> Sismo; - Aumento do nível de montante acima do NA máximo; - Aumento do nível de jusante acima do NA máximo normal; Surgência de fundação; Drenos de fundação obstruídos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromete a estabilidade global da estrutura de concreto. - Afogamento do Canal e inundação da Casa de Força. 	<ul style="list-style-type: none"> - Em caso de Sismo: Parada geral dos equipamentos e maquinários, realização da ISE e leitura e análise dos instrumentos de auscultação civil após o abalo; - Aumento do nível de jusante acima do NA máximo e Afogamento do Canal de Fuga: aguardar normalidade. Caso esta não ocorra, evolui-se para o nível vermelho e deve-se acionar o PAE. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>
LARANJA	Limites de desalinhamento detectado pelos medidores triortogonal de junta	<ul style="list-style-type: none"> - Sismo; - Variáveis acima dos limites estabelecidos ($\Delta x, y, z = Kx, y, z \cdot \Delta t$); - Deslocamentos locais elevados devido a esforços não previstos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromete a estabilidade local da estrutura de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar instrumentos vizinhos; - Investigação de possíveis esforços não previstos; - Verificar NA montante. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>
LARANJA	Violação do limite de borda livre	<ul style="list-style-type: none"> - NA montante elevado; - Chuvas excepcionais; - Assoreamento no reservatório. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromete a estabilidade global da estrutura de concreto; - Aumento da chance de galgamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Batimetria do reservatório; - No caso de chuvas excepcionais, aguardar normalidade e realizar ISE para verificar possíveis danos à estrutura; - Assoreamento constatado: realizar dragagem no reservatório. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>

II.4. Ações esperadas para cada nível de segurança

OCORRENCIA EXPEPCIONAL OU CIRCUNSTÂNCIA ANÔMALA	CENÁRIOS POSSÍVEIS	NÍVEL DE RESPOSTA
Cheias	Aumento excessivo do nível de água no reservatório; Vertimento excessivo.	Consultar curva-chave do vertedouro; alertar empreendedor em níveis acima da TR 50 anos, quando o nível observado no vertedouro chegar na elevação 513,00, para iniciar o processo de observação do evento hidrológico.
Sismos	Ruptura da barragem; Inoperacionalidade do órgão extravasor; Deslizamentos das encostas adjacentes ao vertedor.	Vermelho Alertar órgãos de segurança; Alertar coordenador do PAE.
Falha de órgãos extravasores ou de equipamento de operação	Redução da capacidade de vazão.	Verde (fora da época de cheias); Amarelo / Laranja (durante época de cheias ou bacias sujeitas a cheias repentinas); Vermelho (no caso de ocasionar galgamento da estrutura em análise).
Falha dos sistemas de notificação e alerta	Impossibilidade de notificação	Verde / Amarelo (fora da época de cheias).
	Impossibilidade de alerta	Amarelo / Laranja (na época de cheias).
Anomalias relacionadas com o comportamento estrutural, a fundação e os materiais	Fendilhamento, infiltrações no corpo da barragem e fundação e movimentos diferenciais; Fenômenos de deterioração no concreto; Instabilidade estrutural e risco de ruptura; Conjunto de grandezas que se traduzem em efeitos (variação de deslocamentos horizontais e verticais, movimentos de juntas,	Verde / Amarelo / Laranja; Indicadores quantitativos, sempre que possível.

	vazões e subpressões).	
	Obstrução dos órgãos extravasores.	Amarelo.
Deslizamentos de encostas	Geração de ondas anormais a montante (sem galgamento);	Verde / Amarelo.
	Impossibilidade de alerta	Laranja / Vermelho.
Ação criminosa; sabotagem, ameaça de bomba ou ato de guerra	Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório; Instabilização de taludes; Perigo de instabilidade ou ruptura.	Amarelo / Laranja / Vermelho.
Derramamento de substâncias perigosas ou descarga de materiais poluentes	Alteração na qualidade da água; Poluição do ar ou do solo.	Verde.
Impactos negativos para o ecossistema	Possibilidade de afetação da qualidade da água.	Verde.
Incêndios florestais	Possibilidade de afetar a funcionalidade da barragem.	Verde.
	Possibilidade de afetar a segurança da barragem	Amarelo.
Acidentes pessoais, incêndios, inundações e vandalismo	Danos materiais; Eventual impossibilidade de notificação e de alerta.	Verde (pode afetar a funcionalidade); Amarelo (pode afetar a segurança).

II.5 Classificação do nível de resposta – indicadores qualitativos detectáveis pela inspeção visual na barragem

INSPEÇÃO VISUAL	SITUAÇÃO	CENÁRIOS POSSÍVEIS DE INCIDENTES E / OU ACIDENTES	EVENTUAIS MEDIDAS DE INTERVENÇÃO	NÍVEL DE RESPOSTA
RESERVATÓRIO	Derramamento de substâncias perigosas ou descarga de materiais poluentes.	<p>Possibilidade de afetação da qualidade da água;</p> <p>Possibilidade de poluição do ar ou do solo.</p>	<p>Identificar a origem do derramamento / descarga;</p> <p>Determinar a dimensão e natureza da descarga (exemplo: diesel, combustível, óleo, lixos, etc);</p> <p>Avaliar os impactos da descarga;</p> <p>Notificar as entidades que utilizam a água e as autoridades de saúde pública e ambiental;</p> <p>Estimar o esforço e equipamento necessário para conter os produtos da descarga.</p>	Verde / Amarelo
	Impactos negativos para peixes ou vida selvagem	Possibilidade de afetar a qualidade da água	<p>Proceder com a remoção dos eventuais animais mortos;</p> <p>Identificar a origem dos impactos;</p> <p>Notificar as entidades que</p>	Verde / Amarelo

			utilizam a água e as autoridades de saúde pública e ambiental;	
	Escorregamento de taludes	Geração de ondas que conduzem a potenciais galgamentos excessivos da barragem; Obstrução do vertedouro.	Intervenções de estabilização dos taludes; Rebaixamento do NA do reservatório; Avaliação da possibilidade de novos escorregamentos.	Amarelo / Laranja
	Subida do nível de água acima do NMN devido a cheias superiores à cheia de projeto	Potencial galgamento da obra	Acompanhamento visual do pulso de cheia	Amarelo / Laranja
VERTEDOURO	Movimentos, erosões, fissuras, fendas; Deposição de materiais / obstrução.	Alterações químicas do concreto; Instabilidade estrutural; Modificações das condições de escoamento.	Intervenções de reabilitação; Intervenções de limpeza / reposição das condições de escoamento; Reforço estrutural; Observação.	Verde / Amarelo / Laranja
	Erosões regressivas a jusante da bacia de dissipação	Potencial instabilidade estrutural da bacia; Erosão no pé da barragem.	Proteção da saída da bacia com enrocamento ou outro tipo de obra; Proteção do pé da barragem; Observação.	Amarelo

II.6 Ações Esperadas

Após a detecção de qualquer anomalia ou ocorrência, a primeira ação a ser empreendida pelo coordenador do PAE é a classificação do nível de resposta. Posteriormente, consoante a classificação estabelecida, deve-se seguir as ações predefinidas para cada nível de resposta. No caso mais simples, as ações de resposta estão concentradas em primeiro momento no operador da usina, e em níveis mais complexos, no coordenador do PAE.

As tabelas a seguir apresentam as respostas as ações esperadas, conforme a classificação de risco:

II.6.1 Nível de Resposta: VERDE

Ação	Quando	Tipo
Promover a avaliação da natureza e extensão do incidente ou ocorrência; Declarar a manutenção do nível de resposta verde.	Após detectar a anomalia ou ocorrência.	Classificação do nível de resposta.
Notificar os recursos internos no sentido de manter a normal operação, mas “intensificar o monitoramento ou a observação”; Notificar o empreendedor; Quando justificável, promover contato com as entidades externas com responsabilidades instituídas – Inmet, INPE e Cemaden para informação meteorológica.	Após identificar o nível de resposta.	Notificação interna.
Intensificar o monitoramento das aflúencias ou a observação da barragem. Monitorar as descargas a jusante da barragem; Registrar todas as observações e ações; Mobilizar os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados Necessários.	Após identificar o nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta.	Monitoramento da situação.
Implementar medidas preventivas e corretivas; Eventualmente, promover o deslocamento de técnicos especialistas a barragem para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor medidas (intervenções de reforço da	Durante a situação de alerta.	Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência.

barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de outras ocorrências.		
<p>Verificar:</p> <p>Se as medidas implementadas deram resultado (ou se a situação deixou de constituir ameaça), declarando o encerramento da emergência e elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência;</p> <p>Se a situação evoluiu para o nível de resposta amarelo.</p>	Após aplicar as medidas.	Reclassificação do nível de resposta.

II.6.2 Nível de Resposta: AMARELO

Ação	Quando	Tipo
<p>Promover a avaliação da natureza e extensão do incidente;</p> <p>Declarar o nível de resposta amarelo.</p>	Após detectar a anomalia ou ocorrência.	Classificação do nível de resposta.
<p>Notificar os recursos internos: no caso de cheias ou deslizamento iminente de encostas: notificação de estado de vigilância permanente – 24 h/dia;</p> <p>Nos casos restantes: notificação no sentido de “intensificar o monitoramento ou a observação”;</p> <p>Notificar o empreendedor;</p> <p>Promover contato com as entidades externas com responsabilidades instituídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inmet, INPE e Cemaden para informação sísmica ou meteorológica. • entidade fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínuo das afluências – 24 h/dia. 	Após identificar o nível de resposta.	Notificação interna e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio na gestão da emergência.
<p>Implementar o monitoramento contínuo das afluências ou a observação mais intensa da barragem;</p> <p>Monitorar as descargas a jusante da barragem e consultar o mapa de inundação do vale a jusante;</p>	Após identificar o nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta.	Monitoramento da situação.

<p>Registrar todas as observações e ações; Verificar a operacionalidade dos meios de emergência: sistemas de comunicação, grupos de emergência, sistemas de notificação e alerta; Mobilizar os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados /necessários.</p>		
<p>Implementar medidas preventivas e corretivas: Promover o deslocamento de técnicos especialistas a barragem para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor medidas (condicionar a operação do reservatório, intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de outras ocorrências (sismos, falha de órgãos extravasores ou sistemas de notificação e alerta, anomalia do comportamento estrutural, ação criminosa ou fatores de risco); Não aplicar qualquer medida no caso de falha na instrumentação (não aplicável a este nível de resposta).</p>	<p>Durante a situação de alerta.</p>	<p>Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência.</p>
<p>Notificar a entidade fiscalizadora e barragens a montante e a jusante; Manter contato com as entidades alertadas durante a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente; Alerta – quando aplicável, acionar o sinal de aviso de descarga dos órgãos extravasores a população na ZAS.</p>	<p>Durante a situação de alerta.</p>	<p>Notificação e alerta.</p>
<p>Verificar: Se as medidas implementadas deram resultado (ou se a ocorrência deixou de constituir ameaça) e se a situação retrocedeu para o nível de resposta verde (elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência); Se a situação evoluiu para o nível de resposta laranja.</p>	<p>Após aplicar as medidas.</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta.</p>

II.6.3 Nível de Resposta: LARANJA

Ação	Quando	Tipo
<p>Promover a avaliação da natureza e extensão do incidente; Declarar o nível de resposta laranja.</p>	<p>Após detectar a anomalia ou ocorrência.</p>	<p>Classificação do nível de resposta.</p>
<p>Notificar os recursos internos: no caso de cheias ou deslizamento iminente de encostas: notificação de estado de vigilância permanente – 24 h/dia; Nos casos restantes: notificação no sentido de “intensificar o monitoramento ou a observação”; Notificar o empreendedor; Promover contato com as entidades externas com responsabilidades instituídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inmet, INPE e Cemaden para informação sísmica ou meteorológica. • entidade fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínuo das afluições – 24 h/dia. 	<p>Após identificar o nível de resposta.</p>	<p>Notificação interna e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio na gestão da emergência.</p>
<p>Proceder a evacuação de todo o pessoal que trabalha no aproveitamento não necessário para a gestão da emergência (nomeadamente, o que trabalha na central); Condicionar o acesso a zona da barragem; Implementar o monitoramento contínuo das afluições ou a observação mais intensa da barragem; Monitorar as descargas a jusante da barragem e consultar o mapa de inundação do vale a jusante; Registrar todas as observações e ações; Verificar a operacionalidade dos meios de emergência: sistemas de comunicação, comportas, grupos de emergência, sistemas de notificação e alerta. Mobilizar os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados necessários.</p>	<p>Após identificar o nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta.</p>	<p>Monitoramento da situação.</p>

<p>Implementar medidas preventivas e corretivas:</p> <p>Promover o deslocamento de técnicos especialistas a barragem para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor medidas (condicionar a operação do reservatório, intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de outras ocorrências (sismos, falha de órgãos extravasores ou sistemas de notificação e alerta, anomalia do comportamento estrutural, ação criminosa ou fatores de risco);</p> <p>Não aplica qualquer medida no caso de falha dos órgãos extravasores, dos sistemas de notificação e de alerta ou da instrumentação e fatores de risco.</p>	<p>Durante a situação de alerta.</p>	<p>Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência.</p>
<p>Notificar as entidades:</p> <p>Entidade fiscalizadora e barragens a montante e a jusante;</p> <p>Em âmbito municipal, as Comissões Municipais de Defesa Civil, que acionam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo, Secretarias Municipais de Saúde, serviços de água e esgoto);</p> <p>Em âmbito estadual, as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil, órgãos ligados ao gabinete dos governadores que acionam os meios associados aos órgãos estaduais (por exemplo, a Polícia Militar e os Corpos de Bombeiros);</p> <p>Manter contato durante a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente.</p>	<p>Durante a situação de alerta.</p>	<p>Alerta e aviso.</p>
<p>Verificar:</p> <p>Se as medidas implementadas deram resultado (ou se a ocorrência deixou de constituir ameaça) e se a situação retrocedeu para o nível de amarelo (elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência).</p> <p>Se a situação evoluiu para nível de resposta vermelho.</p>	<p>Após aplicar as medidas.</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta.</p>

II.6.4 Nível de Resposta: VERMELHO

Ação	Quando	Tipo
<p>Promover a avaliação da natureza e extensão do incidente; Declarar o nível de resposta vermelho.</p>	<p>Após detectar a anomalia ou ocorrência.</p>	<p>Classificação do nível de resposta.</p>
<p>Notificar o empreendedor; Promover contato com as entidades externas com responsabilidades instituídas: Inmet, INPE e Cemaden para informação sísmica ou meteorológica; Entidade fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínuo das afluências – 24 h/dia.</p>	<p>Após identificar o nível de resposta.</p>	<p>Notificação interna e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio na gestão da emergência.</p>
<p>Proceder a evacuação de todo o pessoal que trabalha no aproveitamento, a não ser o estritamente fundamental para a gestão da emergência; Vedar o acesso a zona da barragem; Implementar o monitoramento contínuo das afluências ou a observação mais intensa da barragem; Monitorar as descargas a jusante da barragem e consultar o mapa de inundação do vale a jusante; Registrar todas as observações e ações; Verificar a operacionalidade dos meios de emergência: sistemas de comunicação, comportas, grupos de emergência, sistemas de notificação e alerta; Mobilizar os meios de apoio humanos (estritamente fundamentais), materiais e logísticos considerados necessários.</p>	<p>Após identificar o nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta.</p>	<p>Monitoramento da situação.</p>
<p>Notificar as entidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em âmbito municipal, as Comissões Municipais de Defesa; • Em âmbito estadual, as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil, órgãos ligados ao gabinete dos governadores que acionam os meios associados aos órgãos estaduais (por exemplo, a Polícia Militar e os Corpos de 	<p>Durante a situação de alerta.</p>	<p>Alerta e aviso.</p>

<p>Bombeiros); Manter contato durante a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente; Monitorar a zona de inundação até que o reservatório seja completamente esvaziado.</p>		
<p>Notificar as propriedades a jusante da barragem, com alerta de mensagem de texto aos moradores cadastrados; Um operador da usina ir com o veículo até as edificações 03 e 12, verificando existência de pessoal circulando, notificar pessoalmente a ocorrência da ruptura da barragem e alertar para os moradores evacuarem até a ZAS identificada neste PAE</p>	<p>Imediatamente após a ruptura da barragem</p>	<p>Evacuação necessária</p>
<p>Verificar: Se as medidas implementadas deram resultado (ou se a ocorrência deixou de constituir ameaça) e se a situação retrocedeu para o nível de resposta laranja; Se ocorreu ruptura, elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência.</p>	<p>Após aplicação das medidas</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta</p>

Em caso de detecção de emergência:

A barragem da PCH Jacaré é permanentemente monitorada e inspecionada para a garantia da segurança de suas estruturas. No entanto, a ocorrência de situações extraordinárias pode resultar em risco para a estrutura da barragem.

As situações / condições que representam risco de ruptura iminente da barragem estão descritas neste documento.

Qualquer funcionário que detecte ou verifique alguma anomalia na barragem que possa representar um risco iminente de ruptura deve imediatamente contatar o Coordenador do PAE, identificado no PAE.

O COGS (Centro de Operações e Gestão de Sistemas) também deve contatar o Coordenador do PAE caso sejam identificadas vazões afluentes elevadas nos rios, que possam comprometer a segurança da barragem.

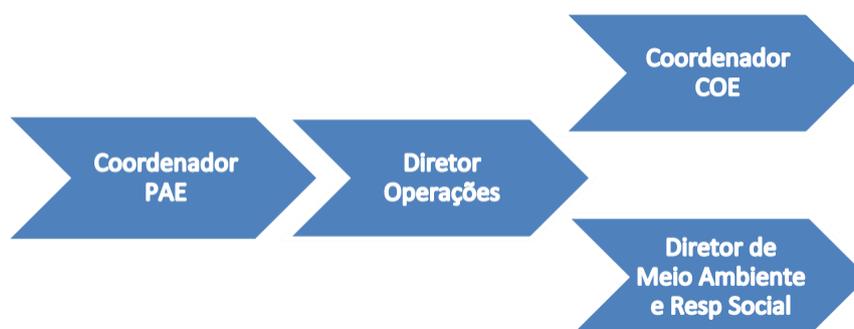
O Coordenador do PAE deve comunicar ao COGS e ao Coordenador do COE, Comitê Operacional de Segurança, formado por representantes da Vortex, cuja finalidade é proporcionar as condições necessárias para o bom andamento dos trabalhos de controle das emergências, fornecendo subsídios técnicos, recursos humanos e materiais disponíveis necessários às ações de resposta a situação potencial de emergência. Em seguida, os Coordenadores do PAE e COE devem proceder uma avaliação sobre o caso identificado, se necessário com o apoio da equipe corporativa de segurança de barragem e da equipe regional de operação. Caso seja confirmado o risco iminente de ruptura, alteram o nível de segurança da barragem para Emergência.

Ao alterar o nível de segurança da barragem para Emergência, o PAE e o Sistema de Notificação em Massa (podendo ser um grupo de *WhatsApp* dos moradores previamente identificados a jusante) deverão ser imediatamente acionados pelos seus respectivos responsáveis.

A responsabilidade para o acionamento da notificação em massa deve priorizar a seguinte ordem:

Prioridade	RESPONSÁVEIS PELO ACIONAMENTO
1	Coordenador PAE
2	Substituto do Coordenador PAE
3	Coordenador COE
4	VP Técnico

Após o aviso, deve-se seguir o fluxo de comunicação abaixo para a devida notificação e tomada de decisão:



O Coordenador do PAE deverá avisar o acionamento indevido para a defesa civil.

Os Coordenadores do PAE e do COE devem avaliar em conjunto o acionamento indevido e, se necessário, solicitar uma inspeção pela equipe local da usina. Em paralelo, os Diretores de Operação e de Meio Ambiente e Responsabilidade Social devem avaliar se é necessário enviar equipe para apoiar a defesa civil nas tratativas com população afetada.

A empresa responsável pela Operação e Manutenção do Sistema de Notificação em Massa, deve realizar a correção do defeito apresentado, apresentando relatório contendo no mínimo a causa, as ações corretivas e as ações tomadas para evitar reincidência.

Quanto as responsabilidades dos colaboradores:

FUNCIONÁRIOS DA VORTEX, CONTRATADOS E SUBCONTRATADOS:

- Avisar imediatamente ao Coordenador do PAE, qualquer anomalia na barragem da usina que possa representar ruptura iminente da barragem.

COORDENADOR PAE OU SUBSTITUTO

- Avisar ao Coordenador do COE e ao COGS potencial situação de emergência na barragem da usina.
- Acionar o sistema de Notificação em Massa
- Avaliar potencial situação de emergência na barragem e o nível de segurança da barragem, ouvida a equipe de segurança de barragem e a equipe local de operação da regional.

COORDENADOR COE

- Validar a alteração do nível de segurança da barragem.

SEÇÃO III- FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Caso seja encontrada uma situação anormal, com lenta tendência de evolução para Ruptura da Barragem, mas que, apesar de não estar em condição iminente, poderá ocorrer caso não seja tomada nenhuma providência, deve ser iniciada a Notificação sobre o problema em potencial. Deve ser estabelecida uma programação periódica de envio de Boletins de atualização das condições, para:

- Autoridades Locais (Prefeitura, Polícia, Corpo de Bombeiros; etc);
- Agência Reguladora;
- Projetista (se possível), Consultoria ou Órgão capaz de efetuar avaliação das condições de Segurança e fornecer orientação para se tentar reduzir o risco de Ruptura.

Devem ser tomadas as providências programadas, conforme estabelecido na Seção II deste PAE.

III-2. ANEXO: ART PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL – PCH JACARÉ

III-3. ANEXO: PLANILHA RESULTANTE DO CÁLCULO DO HIDROGRAMA DE PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA DECORRENTE DA RUPTURA DA BARRAGEM

Tempo (dias)	Tempo (min)	Vazão de Entrada (m ³ /s)	Vazão de Saída (m ³ /s)
1º dia	0	0	830
	5	0	774
	10	0	723
	15	0	673
	20	0	618
	25	0	576
	30	0	547
	35	0	528
	40	0	501
	45	0	488
	50	830	773
	55	774	776
	60	723	775
	65	673	774
	70	618	774
	75	576	781
	80	547	813
	85	528	865
	90	501	933
	95	488	1015
	100	487	1093
	105	485	1063
	110	484	895
	115	4001	940
	120	3934	900
	125	3814	870
	130	3665	847
	135	3547	829
	140	3430	817
	145	3329	812
150	3207	819	
155	3077	838	
160	2922	870	
165	2704	915	
170	2345	955	
175	2036	963	
180	1769	938	
185	1544	912	
190	1355	892	
195	1192	885	
200	1047	896	
205	920	928	
210	817	982	
215	729	1061	
220	652	1169	
225	584	1232	
230	521	1043	
235	465	894	
240	415	774	
245	371	676	

250	331	586
255	295	482
260	263	403
265	235	342
270	210	293
275	189	254
280	171	222
285	155	195
290	141	173
295	129	154
300	118	138
305	109	124
310	101	111
315	93	100
320	86	90
325	80	82
330	75	74
335	70	67
340	66	61
345	62	56
350	58	51
355	55	47
360	51	43
365	49	40
370	46	37
375	44	34
380	41	31
385	39	29
390	37	27
395	36	25
400	34	24
405	33	22
410	31	21
415	30	20
420	28	18
425	27	17
430	26	16
435	25	15
440	24	15
445	23	14
450	22	13
455	22	12
460	21	12
465	20	11
470	19	11
475	19	10
480	18	10
485	17	9
490	17	9
495	16	8
500	16	8
505	15	8
510	15	7
515	14	7
520	14	7
525	14	7
530	13	6
535	13	6
540	12	6
545	12	6

550	12	5
555	11	5
560	11	5
565	11	5
570	11	5
575	10	4
580	10	4
585	10	4
590	10	4
595	9	4
600	9	4
605	9	4
610	9	4
615	8	3
620	8	3
625	8	3
630	8	3
635	8	3
640	8	3
645	7	3
650	7	3
655	7	3
660	7	3
665	7	3
670	7	2
675	6	2
680	6	2
685	6	2
690	6	2
695	6	2
700	6	2
705	6	2
710	6	2
715	6	2
720	5	2
725	5	2
730	5	2
735	5	2
740	5	2
745	5	2
750	5	2
755	5	2
760	5	2
765	5	2
770	5	1
775	4	1
780	4	1
785	4	1
790	4	1
795	4	1
800	4	1
805	4	1
810	4	1
815	4	1
820	4	1
825	4	1
830	4	1
835	4	1
840	4	1
845	4	1

850	4	1
855	3	1
860	3	1
865	3	1
870	3	1
875	3	1
880	3	1
885	3	1
890	3	1
895	3	1
900	3	1
905	3	1
910	3	1
915	3	1
920	3	1
925	3	1
930	3	1
935	3	1
940	3	1
945	3	1
950	3	1
955	3	1
960	3	1
965	3	1
970	3	1
975	3	1
980	2	1
985	2	1
990	2	1
995	2	1
1000	2	1
1005	2	1
1010	2	1
1015	2	1
1020	2	1
1025	2	1
1030	2	1
1035	2	1
1040	2	1
1045	2	1
1050	2	1
1055	2	1
1060	2	1
1065	2	1
1070	2	0
1075	2	0
1080	2	0
1085	2	0
1090	2	0
1095	2	0
1100	2	0
1105	2	0
1110	2	0
1115	2	0
1120	2	0
1125	2	0
1130	2	0
1135	2	0
1140	2	0
1145	2	0

1150	2	0
1155	2	0
1160	2	0
1165	2	0
1170	2	0
1175	2	0
1180	2	0
1185	2	0
1190	2	0
1195	2	0
1200	2	0
1205	2	0
1210	2	0
1215	1	0
1220	1	0
1225	1	0
1230	1	0
1235	1	0
1240	1	0
1245	1	0
1250	1	0
1255	1	0
1260	1	0
1265	1	0
1270	1	0
1275	1	0
1280	1	0
1285	1	0
1290	1	0
1295	1	0
1300	1	0
1305	1	0
1310	1	0
1315	1	0
1320	1	0
1325	1	0
1330	1	0
1335	1	0
1340	1	0
1345	1	0
1350	1	0
1355	1	0
1360	1	0
1365	1	0
1370	1	0
1375	1	0
1380	1	0
1385	1	0
1390	1	0
1395	1	0
1400	1	0
1405	1	0
1410	1	0
1415	1	0
1420	1	0
1425	1	0
1430	1	0
1435	1	0
1440	1	0

III-4. ANEXO: MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTABILIDADE DA BARRAGEM DE CONCRETO – PCH JACARÉ

III-5. ANEXO: MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTABILIDADE DA BARRAGEM DE ENROCAMENTO / ARGILA – PCH JACARÉ