


AVAILABLE LANGUAGE: PT

Plano de Ação de Emergência

CGH Pari Veado - RN1129/25ANEEL

04	15.12.25	O &M Country			Bruna Gomides Gouveia				JULIANA MARTINS PEREIRA												
03	12.12.24	O &M Country			Bruna Gomides Gouveia		Hellen	PEDRO SOUZA		JULIANA MARTINS PEREIRA											
02	22.12.23	O &M Country			Bruna Gomides Gouveia		RAQUEL MARTINS	JULIANA MARTINS PEREIRA		JULIANA MARTINS PEREIRA											
01	15.12.22	O &M Country			Bruna Gomides Gouveia			JULIANA MARTINS PEREIRA		JULIANA MARTINS PEREIRA											
00	15.12.21	O &M Country			Bruna Gomides Gouveia			JULIANA MARTINS PEREIRA		JULIANA MARTINS PEREIRA											
REV.	DATE	DESCRIPTION			PREPARED		CONTRIBUTION	VERIFIED		VALIDATED											
PROGETTO / IMPIANTO PROJECT / PLANT PCH Pari Veadó		EGP CODE																			
		GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER		COUNTRY		TEC.	PLANT					SYSTEM		PROGRESSIVE			REVISION	
		GR	OE	R	8	8	B	R	H	6	8	5	0	3	0	9	0	1	0	0	4
CLASSIFICATION		PUBLIC		<input checked="" type="checkbox"/>	CONFIDENTIAL				<input type="checkbox"/>	UTILIZATION SCOPE Basic Design,Detailed Design,Issue for Construction, etc.											
		COMPANY		<input type="checkbox"/>	RESTRICTED				<input type="checkbox"/>												

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 2 of 29


Controle de Distribuição do Plano de Ação de Emergência

Somente para Uso Oficial

Cópia	Entidade	Recebimento	Identificação	Assinatura


Controle de Revisão: Atualização dos Contatos dos Agentes Internos e Externos, Treinamentos, Informações Técnicas

Revisão	Data	Preparado	Revisão / Atualização / Descrição
00	15.12.2021	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Emissão Inicial
01	15.12.22	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de equipe e contatos.
02	22.12.23	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de equipe, Relatório de Plano de Evacuação, Relatório de Cadastramento de ZAS
03	12.12.24	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de equipe, contatos e Relatório de Simulado.
04	15.12.25	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de equipe, contatos e Relatório de Sirenes.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 3 of 29

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	4
2. RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO	4
2.1. REFERÊNCIA	4
3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR.....	5
4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE	5
4.1. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE	5
5. FICHA TÉCNICA.....	5
6. RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE	7
6.1. EMPREENDEDOR	7
6.2. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE	7
6.3. COORDENAÇÃO TÉCNICA CIVIL - ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....	8
6.4. RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM	8
6.5. ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA	8
7. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....	10
8. AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA	11
9. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO	12
9.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO, DEFESAS CIVIS E AGENTES INTERNOS E EXTERNOS	13
10. SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM	15
10.1. PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS	15
10.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDRODINÂMICAS	20
11. TREINAMENTOS PAE.....	27
12. SISTEMA SONORO DE ALERTA	27
13. ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS	28
14. ANEXO: RELATÓRIO COMPLETO DO DANO INCREMENTAL.....	29
15. ANEXOS.....	29

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 4 of 29

1. INTRODUÇÃO

O **Plano de Ação de Emergência (PAE)** é parte integrante do **Plano de Segurança da Barragem (PSB)** da CGH Pari Veado e tem por finalidade atender a tem por finalidade atender as Resoluções Normativas da ANEEL 1129 de 01 de julho de 2025 e nº 1064 de 2 de maio de 2023, que estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor.

O PAE constitui peça obrigatória para barragens classificadas como A ou B segundo a matriz de classificação da barragem, ou conforme sua categoria de risco alto e dano potencial associado como médio ou alto.

Conforme apresentado no **PSB**, a CGH Pari Veado foi **classificada como “C”**, avaliada na Categoria de Risco Baixo e **Dano Potencial Associado Médio**. O **PSB** é um documento formal em que estão estabelecidas as ações a serem executadas visando a manutenção da integridade física da barragem, bem como em caso de situação de emergência.

O PAE constitui peça obrigatória para barragens classificadas como A ou B segundo a matriz de classificação da barragem, ou conforme sua categoria de risco alto e dano potencial associado como médio ou alto.

O presente documento apresenta o **PAE de Ruptura de Barragem**, conforme determina o §3º do Artº13 da RN1064/2023 ANEEL, e considera o conteúdo mínimo previsto no Artº12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, conduzida pelo responsável técnico do **PSB**.

De acordo com RN1064/2023, o **PAE** deve estar disponível no site do empreendedor, no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado aos organismos de defesa civil.

O PAE pode ser encontrado no site: <https://www.enel.com.br/pt/quemsomos/archive/d2018-comportamento-etico/plano-de-acao-de-emergencia.html#>

2. RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO

Responsável pela elaboração do documento:


- Engenheira Bruna Gomides Gouveia

Responsável pela aprovação do documento:

- Engenheira Juliana Martins Pereira

2.1. REFERÊNCIA

- Ref. [2]: GRE.OEM.R.88.BR.H.68504.09.002.01_PSB CGH Pari Veado – Novembro de 2021.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 5 of 29

3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR

- Diretor Jayme Barg

4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE

- Engenheira Juliana Martins Pereira


4.1. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

- Alex Miguel De Almeida

5. FICHA TÉCNICA

Identificação	
Nome da Usina: PCH Pari Veado	Empresa: Quatiara Energia S.A.
Potência Instalada: 1.340kW	CNPJ da Empresa: 72.82.383/0001-87
Situação: Em operação	Data 1º enchimento: 1937
Localização	
Endereço: Rio Pari-Veado, s/n, Zona Rural	CEP: 19880-000
Município: Cândido Mota	Estado: São Paulo
Curso D'água: Rio Pari	Latitude: 22°52'54,5" S
Sub-Bacia/Código: Rio Paranapanema	Longitude: 50°19'51" W
Bacia/Código: Rio Paraná	
Dados Hidrometeorológicos	
Vazões Características	
Vazão MLT (m³/s): 13,04	Período do Histórico Completo: Set/69 a Dez/09
Vazão Máxima de Projeto (m³/s)(1.000 anos): 166,00	Área de Drenagem do Barramento (km²): 997
Reservatório	
NAs de Montante	Áreas Inundadas
NA Máximo Maximum(m): 375,50	No NA Máximo Excepcional (km²):
NA Máximo Normal (m): 372,74	No NA Máximo Normal (km²): 1,66
NA Normal Operativo (m): -	No NA Mínimo Normal (km²): 1,36
NA Mínimo Normal (m): 370,00	Volumes
NAs de Jusante	NA Máximo Normal (hm³): 9,36
NA Máximo Excepcional (m):	NA Mínimo Normal (hm³): 6,34
NA Máximo Normal (m): -	Útil (hm³): 3,02
NA Mínimo Normal (m):	Abaixo da Soleira Livre do Vertedouro (hm³):
Barragem Principal	Conduto Forçado
Características	Características
Tipo: Terra	Extensão:
Comprimento Total da Crista (m): 1308,0	Diâmetro Interno (m): 2,8
Altura Máxima (m): 21,5	Número de Unidades: 1
Cota da Crista (m): 376,50	Comprimento (m): 20

Borda livre (m): 1,0m	
Vertedouro	Tomada D'água
Características	Características
Tipo: Soleira Livre	Tipo:
Capacidade (m³/s): 165,00	Altura (m):
Cota da Soleira (m): 372,74	Comprimento (m):
Comprimento Total (m): 20,0	Stop Log's:
Altura (m): 14,94	Peso: Altura:
	Vão Livre:
Comportas	Comportas
Tipo: Fundo	Tipo:
Largura (m): 2,5 (diâmetro)	Acionamento:
Altura (m):	Largura (m):
Acionamento: Semi Automatizado	Altura (m):
	Grade (na tomada d'água):
Canal/Túnel de Adução/Desarenador	Casa de Força
Características	Características
Tipo:	Tipo: Abrigada
Comprimento (m): 20	Unidades Geradoras: 1 unidade geradora
Seção (m): 2,8m de diâmetro	Área (m²): 239,60m²
Base (m):	
Altura (m):	
Tipo de Desarenador:	
Câmara de Equilíbrio	Gerador
Características - Inexistente	Características
Comprimento (m):	Potência Nominal Unitária (kVA): 1680
Diâmetro (m):	Tensão Nominal (kV): 6,0
	Rotação Nominal (rpm): 300
	Fator de Potência: 0,80
	Rendimento Máximo (%):
Turbinas	Instalações de Transmissão
Tipo: Francis	Linhas de Transmissão
Quantidade: 1 unidade	Extensão (km):
Potência Nominal Unitária (kW): 1860	Tensão (kV):
Vazão Nominal Unitária (m³/s): 10,9	Circuito (Simples/duplo):
Rotação Síncrona (rpm): 300	Subestação
	Tipo:Elevadora
	Capacidade (KVA): 1680
	Tensão (KV): 6/40
Estudos Energéticos	Ponto de Conexão
Potência da Usina (kW): 1340	Local: Subestação Candido Mota
Energia Firme (kW): 1340	Concessionária: Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema S/A
Queda Bruta Máxima (m): 17,50	
Queda Líquida de Referência (m): 15,0	

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 7 of 29

6. RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE

6.1. EMPREENDEDOR

A gestão do **PAE** é atribuição da **ENEL** que, em conjunto com o **Engenheiro Responsável pela Barragem**, manterá a gestão operativa utilizando a estrutura presente na Empresa, incluindo os recursos de telecomunicação para transferência de dados e informações e, se necessário, para conectar-se a terceiros.

É atribuição do **Empreendedor**:

1. Providenciar a elaboração e atualização do PAE;
2. Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
3. Participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com os agentes externos.

Abaixo se encontram elencados os profissionais envolvidos, atribuições e responsabilidades para gerir os procedimentos em situação de emergência.

4. Participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com os agentes externos.
5. Notificar os órgãos fiscalizadores a nível estadual, além da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em caso de Nível de Resposta 2 (laranja) ou Nível de Resposta 3 (vermelho).
6. Disponibilizar informações, de ordem técnica, para a Defesa Civil, quando solicitado formalmente.


Abaixo se encontram elencados os profissionais envolvidos, atribuições e responsabilidades para gerir os procedimentos em situação de emergência.

6.2. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

O coordenador do **PAE** é responsável, por delegação do Empreendedor pelas seguintes ações;

- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial;
- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Iniciar o processo de notificação para a zona de Autossalvamento (ZAS)
- Notificar os agentes externos e autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- Emitir declaração de encerramento de emergência;
- Elaborar o relatório de fechamento de eventos de emergência.

O coordenador do PAE receberá treinamentos através da coordenação técnica civil.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 8 of 29

6.3. COORDENAÇÃO TÉCNICA CIVIL - ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Profissional competente para dar o suporte técnico relativo ao comportamento e segurança da barragem e das estruturas hidráulicas. Responsável pela emissão de atestados de responsabilidade técnica junto ao **Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA** para os assuntos que se referem à segurança da barragem.

6.4. RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM

Encarregado geral da barragem, indicado para execução das manobras e inspeções rotineiras de campo.

6.5. ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

Será apresentada nesse item a organização da equipe técnica capacitada a realizar atividades relacionadas à segurança de barragens em situação de Emergência.

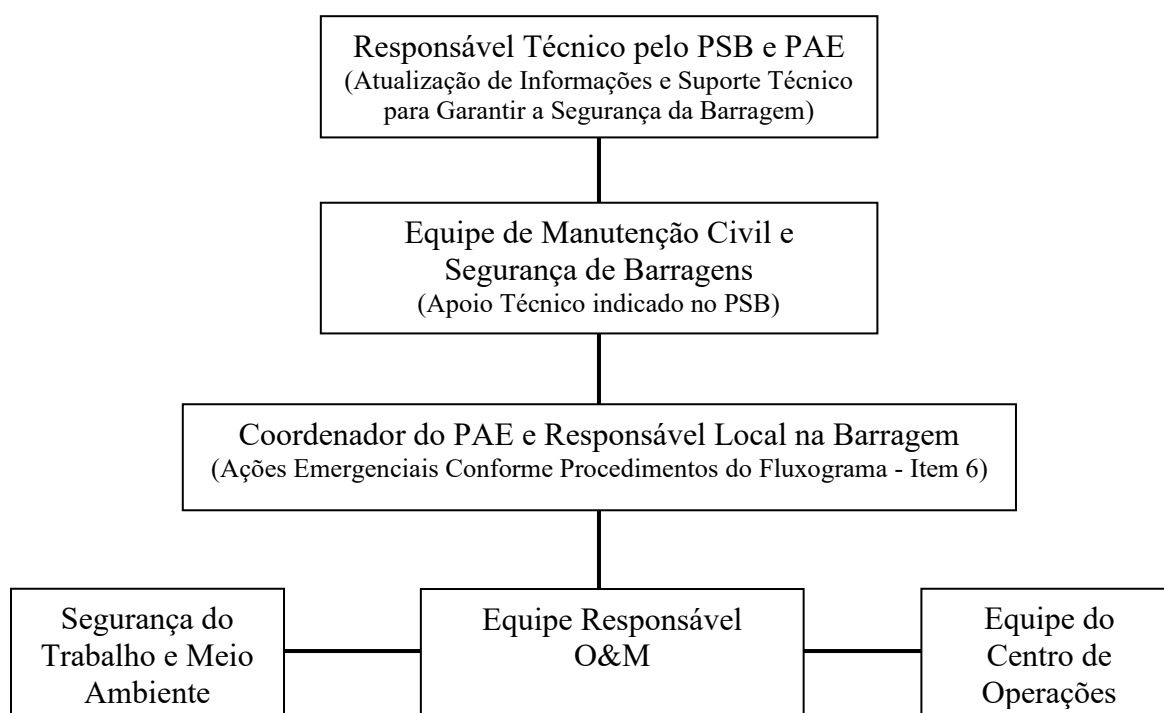



Figura 1 – Organização da Equipe Técnica

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 9 of 29

A tabela a seguir apresenta o número de profissionais e disponibilidade em operação normal e emergencial da barragem da CGH Pari Veado, conforme diretriz organizacional nº 1271 de 14 de março de 2025 e diretriz organizacional nº 2146 de 14 de março de 2025. A equipe disponível indicada no **item 6 do PSB**, com qualificação técnica de segurança de barragens.

Tabela 1 – Disponibilidades em Operação Normal e Emergência

Responsável Técnico pelo PSB e PAE				
Nº de pessoas	Função	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ


Equipe de Manutenção Civil e Segurança de Barragem				
Nº de pessoas	Função	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
6	Especialista	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
10	Especialistas	Parcial	Total	Rio de Janeiro-RJ

Coordenador do PAE e Responsável Local na Barragem				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Encarregado	Total	Total	Rancharia - SP

Equipe Responsável O&M				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Coordenador	Total	Total	Piraju - SP
1	Encarregado	Total	Total	Piraju - SP
2	Mantenedores	Total	Total	Piraju - SP
2	Técnicos	Total	Total	Piraju - SP

Equipe de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente de QSMS	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
2	Coordenadoras de QSMS	Parcial	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Especialista de Meio Ambiente	Total	Total	Piraju-SP
1	Técnico de Segurança do Trabalho	Total	Total	Piraju-SP

Equipe do Centro de Operações				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Supervisor	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
2	Técnicos	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 10 of 29

Comunicação e Mídia				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Diretora de Comunicação	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Responsável Relações com a Mídia	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Responsável de Relações Institucionais	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Diretora de Regulação	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ

7. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

As ações demandadas frente à identificação de uma anomalia na barragem da PCH Pari Veado serão efetuadas em função do NÍVEL DE RESPOSTA frente à situação observada.

Os níveis de resposta **NORMAL (NR-0)** e **ATENÇÃO (NR-1)** se referem às situações anômalas que não comprometem, imediatamente, a segurança da barragem, mas que demandam ações ditas preventivas de modo a evitar a evolução. Os níveis de **ALERTA (NR-2)** e **EMERGÊNCIA (NR-3)**, por se referirem às situações de risco à segurança no curto prazo ou de ruptura iminente, ativam um processo de emergência na estrutura, exigindo o cumprimento do estabelecido neste PAE.

Os critérios para o enquadramento do NÍVEL DE RESPOSTA encontram-se indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios para enquadramento do Nível de Resposta (NR) (Parte 1/2)

SITUAÇÃO ADVERSA	NORMAL (NR-0)	Quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser monitoradas e controladas ao longo do tempo. Configura ESTADO NORMAL . Segurança da estrutura não é afetada.
	ATENÇÃO (NR-1)	Quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem no curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas. Configura ESTADO DE ATENÇÃO . Segurança da estrutura pode ser afetada em médio prazo.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.04
		PAGE 11 of 29

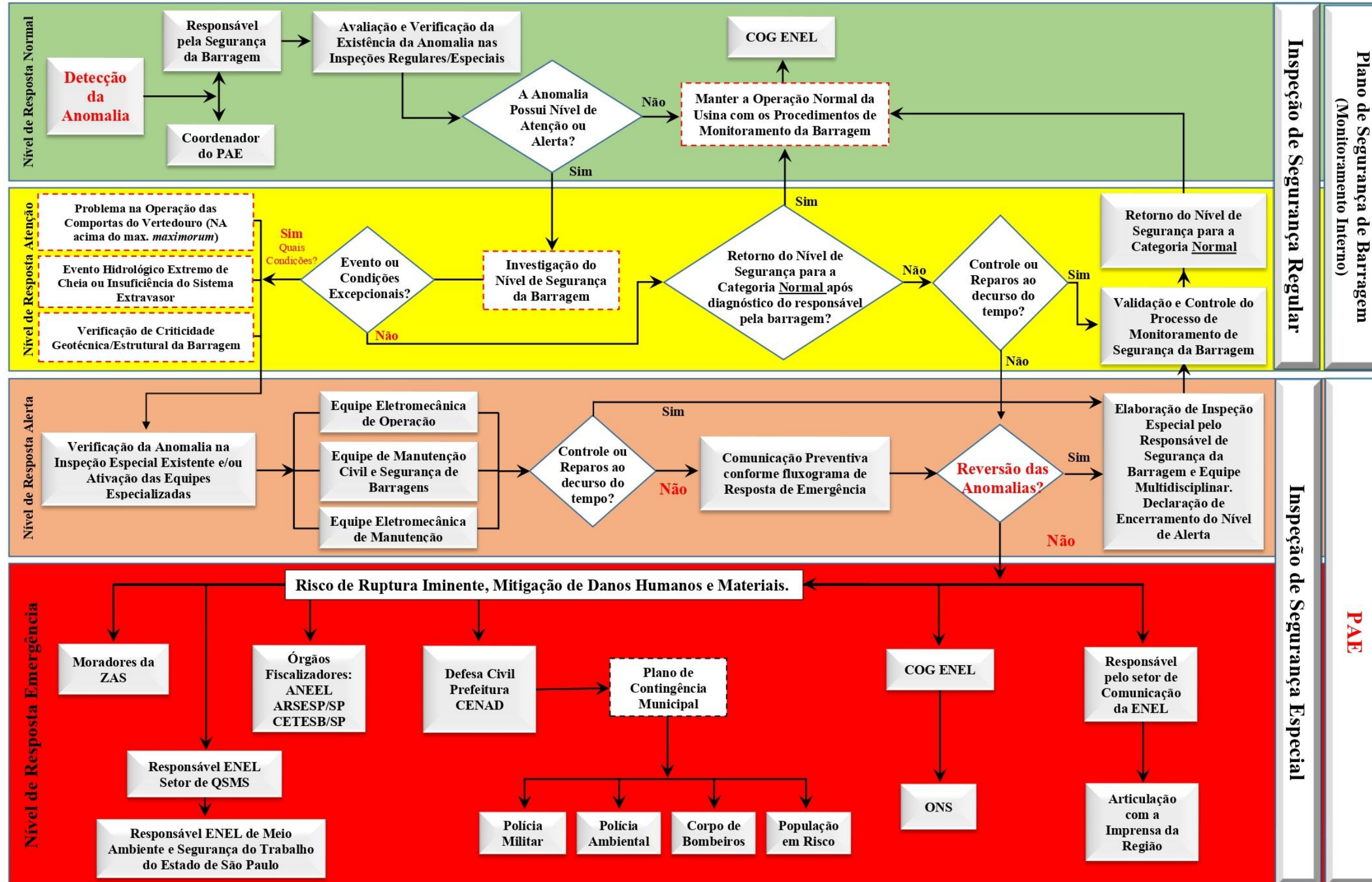
Tabela 2 – Critérios para enquadramento do Nível de Resposta (NR) (Parte 2/2)


SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	ALERTA (NR-2)	<p>Quando as anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.</p> <p>Configura ESTADO DE ALERTA.</p> <p>Segurança da estrutura pode ser afetada em curto prazo, sendo a situação ainda passível de mitigação.</p> <p>Considera-se que não há certeza de que se consiga controlar a situação, requerendo total prioridade das ações mitigadoras.</p> <p>Requer a realização de atividade(s) de Inspeção de Segurança Especial.</p>
	EMERGÊNCIA (NR-3)	<p>Quando as anomalias encontradas representem risco de ruptura iminente ou em que a ruptura está ocorrendo, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem.</p> <p>Configura ESTADO DE EMERGÊNCIA.</p> <p>O alerta para a evacuação da Zona de Autossalvamento é obrigatório, assim como o acionamento de todos os agentes externos listados neste PAE.</p> <p>A Situação de Emergência encontra-se fora do controle e está afetando a segurança estrutural da barragem de maneira severa e irreversível. Um acidente é inevitável ou a estrutura já se encontra em colapso.</p>

8. AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA

As ações esperadas para cada situação envolvem a adoção de ações de controle/resposta e de notificação próprias para cada Nível de Resposta, conforme indicado a seguir no fluxograma de comunicação.

9. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO




	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01
		PAGE 13 of 29

9.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO, DEFESAS CIVIS E AGENTES INTERNOS E EXTERNOS

CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE
Responsável Legal Diretor	Jayme Barg		
Engenheiro Responsável pelo Plano de Segurança de Barragem e Gerente Segurança de Barragem e Infraestrutura Civil	Juliana Martins Pereira		
Responsável pelas ações do PAE	Alex Miguel De Almeida		
Coordenação de O&M	Diego Rosa		
Diretor de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente QSMS	Thiago De Figueiredo Mundim		
Coordenadora de Segurança do Trabalho	mucio.faria@enel.com		
Responsável pela Segurança do Trabalho	Aleandro Rogerio Zanelatto		
Responsável de Meio Ambiente	Deivid Luis Santana Da Silva		
Gerente do Centro de Operações - COG	Ighor Teixeira Logsdon		
Tempo Real - COG	Tempo Real		
Diretor de Comunicação	Helio Muniz		
Responsável de Relações com a Mídia	Maria Fernanda de Freitas		
Responsável de Relações Institucionais	Alexandra Valença		
Diretora de Regulação	Anna Paula Pacheco		
Responsável de Regulação	Aldo de Jesus Pessanha		

ENTIDADE	CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE	ENDEREÇO
Prefeitura Municipal de Cândido Mota -SP	Prefeito	Eraldo José Pereira (Eraldo Enfermeiro)	candidomota@candidomota.sp.gov.br	(18) 3341-9350	Rua Henrique Vasques, 180 - CEP 19880-000
Prefeitura Municipal de Palmital	Prefeito	Luis Gustavo Mendes Moraes	comunicacao@palmital.sp.gov.br	0800 000 9333	R. Joaquim Nascimento Lourenço, 119 - Centro - CEP: 19970-074
Defesa Civil Municipal de Cândido Mota -SP	Coordenador	Leonardo de Oliveira	transitocandidomota@hotmail.com	(18) 3341-9350	Rua Henrique Vasques, 180 - CEP 19880-000
Defesa Civil Municipal de Palmital	Coordenador	Sebastião CLODOALDO	agricultura@palmital.sp.gov.br	+55 34 9973-3727	R. Joaquim Nascimento Lourenço, 119 - Centro - CEP: 19970-074
Corpo de Bombeiros Cândido Mota -SP	Coordenador	Sub Tenente Emerson dos Santos	candidomota@candidomota.sp.gov.br	(18) 3341-3025	Av. Gilfredo Boretti Cândido Mota, SP, 19880-000
Polícia Militar do Estado de São Paulo	Comandante-geral	PM Cássio Araújo de Freitas	12bpmm1cia@policiamilitar.sp.gov.br	(18) 3341-1344	Rua Assad Chadi, 513 - Centro
Secretaria Mun. Agric. E Meio Ambiente	Secretário	Rodrigo Pimentel Pinto Ravena	agricultura@candidomota.sp.gov.br	(18) 3341-5237	Rua Julia Bertiotti, 175 - - Cândido Mota/SP
ARSESP-ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica	Diretor	Sandoval Feitosa Neto	arsesp@arsesp.sp.gov.br	(11)3204-2100	Rua Cristiano Viana, 428 - CEP 05411-902
IBAMA	Superintendente do Ibama em São Paulo	FABIO TADEU BUONAVITA	supes.sp@ibama.gov.br	(11) 3066-2633	IBAMA

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01
		PAGE 15 of 29

10. SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM

A seguir, será apresentado de forma sucinta, os estudos de ruptura de barragem da CHG Pari Veados. O objetivo auxiliar na gestão de risco em inundações, através de ferramenta desenvolvida com aplicação de uma metodologia englobando análise de dados de campo, revisão bibliográfica da literatura sobre controle de cheias e inundações, introdução de valores numéricos e modelagem computacional. A área localiza-se no Estado do São Paulo, no Município de Cândido Mota, PCH Pari Veados.


O estudo é desenvolvido a partir de análise de dados históricos, meteorológicos, hidrológicos e hidrométricos que interligados a sistema de informação geográfico e a modelos digitais de terrenos e mapas geológicos, e fornecerão elementos para constituição de modelagem hidráulica fluvial de bacias hidrográficas através de ferramenta computacional.

A modelagem hidráulica será calibrada conforme os resultados hidrológicos obtidos. Desta forma, serão evidenciadas as áreas povoadas com interferências da calha hidráulica do rio em estudo, possibilitando a proposição de medidas de controle ideais do ponto de vista técnico e social.

10.1. PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS

10.1.1. Avaliação Hidráulica das Estruturas

O dimensionamento hidráulico do foi desenvolvido através de base topobatimétrica levantada em campo e auxílio da ferramenta computacional HEC-RAS, além de desenho assistido por computador. O modelo hidrodinâmico foi elaborado conforme recomendações de construções de mapa de área de risco (UNISDR, 2014), disponível no portal de conhecimento de informações de dados espaciais. As etapas pré-definidas do processo de modelagem são apresentadas no fluxograma adaptado na Figura 2.

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01
		PAGE 16 of 29

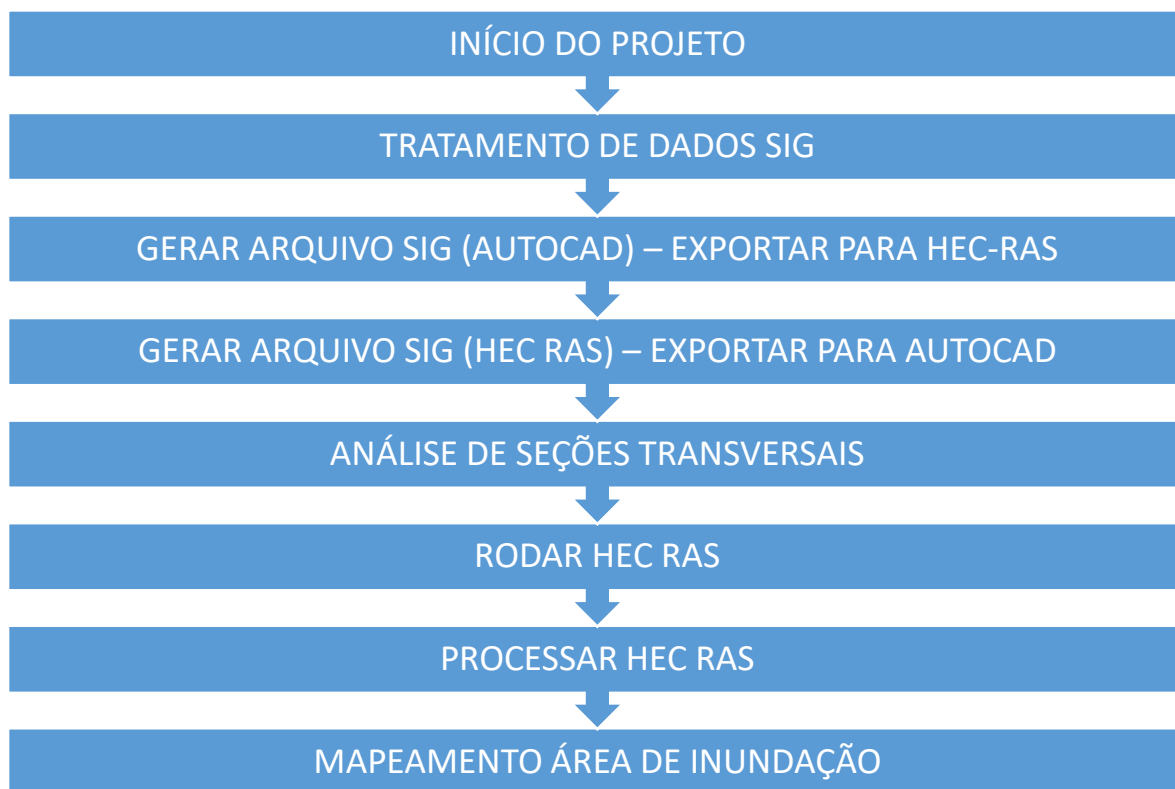


Figura 2 - Fluxograma de dimensionamento hidráulico fluvial

Fonte: Adaptado de UNSDR, 2014.

10.1.2. Análise e tratamento de dados

O mapeamento das áreas inundáveis se inicia com o levantamento, análise e tratamento de elementos de projeto que serão cadastrados em SIG com auxílio de ferramentas computacionais. Os principais elementos de projetos são: aerofotos; levantamento planialtimétrico; levantamento topobatimétrico; delimitação da hidrografia e altimetria, através de MDT (modelo digital de terreno).

A Figura 3 apresenta a ortofotomosaico na escala 1:1.000, georeferenciada em coordenadas UTM, Fuso 22, SIRGAS 2000 em ambiente da ferramenta computacional de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O trecho em estudo é caracterizado pela proximidade do rio como podemos observar entre os paralelos: N 569497.485; E 7470210.184, N 566171.081; E 7463833.680 .

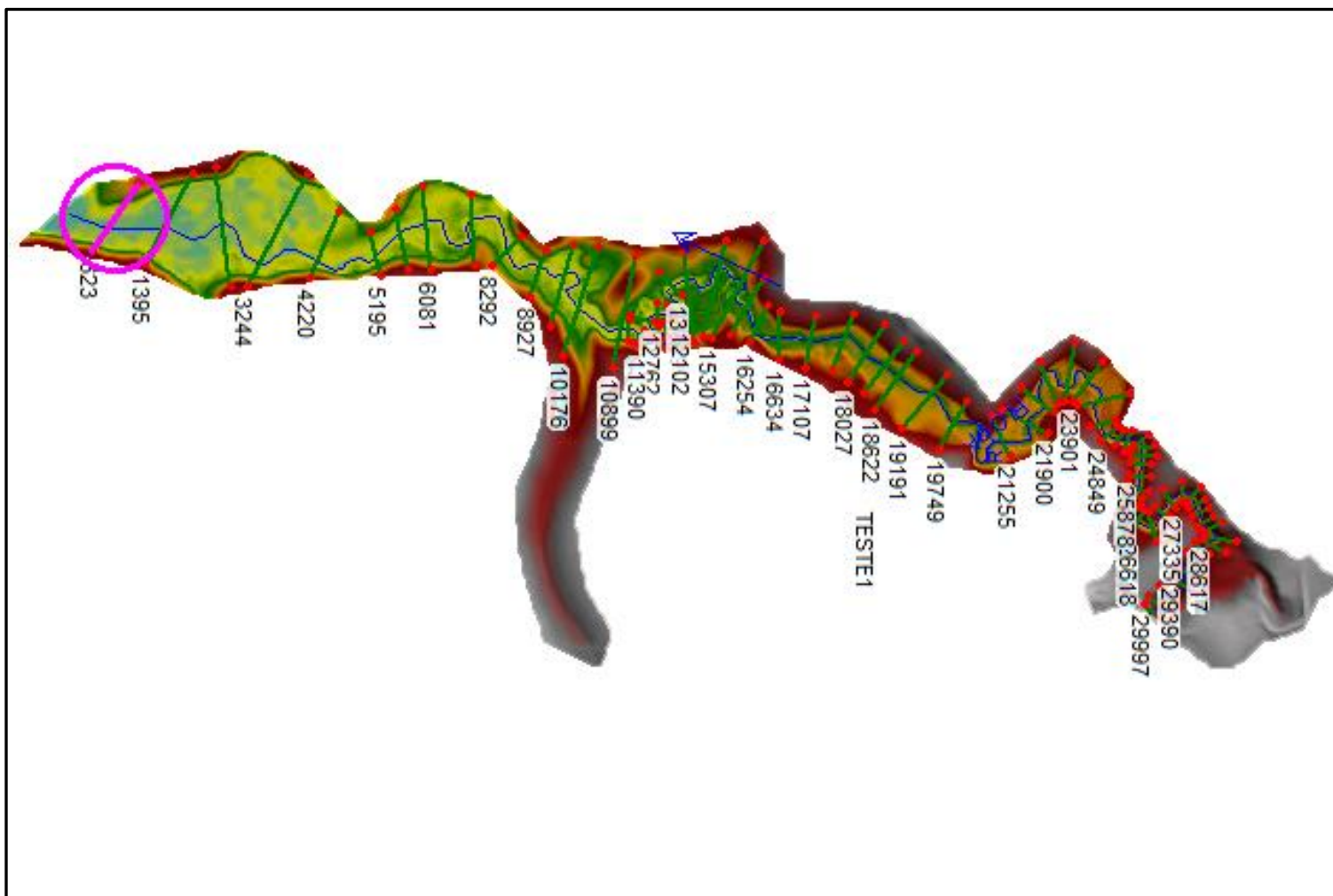


Figura 3 – MDT, geometria fluvial e plano de seções PCH Pari Veado

O modelo digital de terreno (MDT) foi constituído através de laser scanning e estação total com levantamentos de pontos representando uma distribuição espacial vinculada uma superfície real com curvas de nível de 2 em 2 metros conforme Figura 4. O MDT apresenta qualidade razoável durante sua análise, porém a baixa declividade da região dificulta a precisão da superfície em pontos com baixa variação de cotas do terreno. O tratamento de dados nesta fase consiste na autenticidade e qualidade do levantamento planialtimétrico, além de construção de superfície digital de terreno com uso da ferramenta AutoCAD Civil 3D para possibilitar a integração com o programa HEC-RAS.

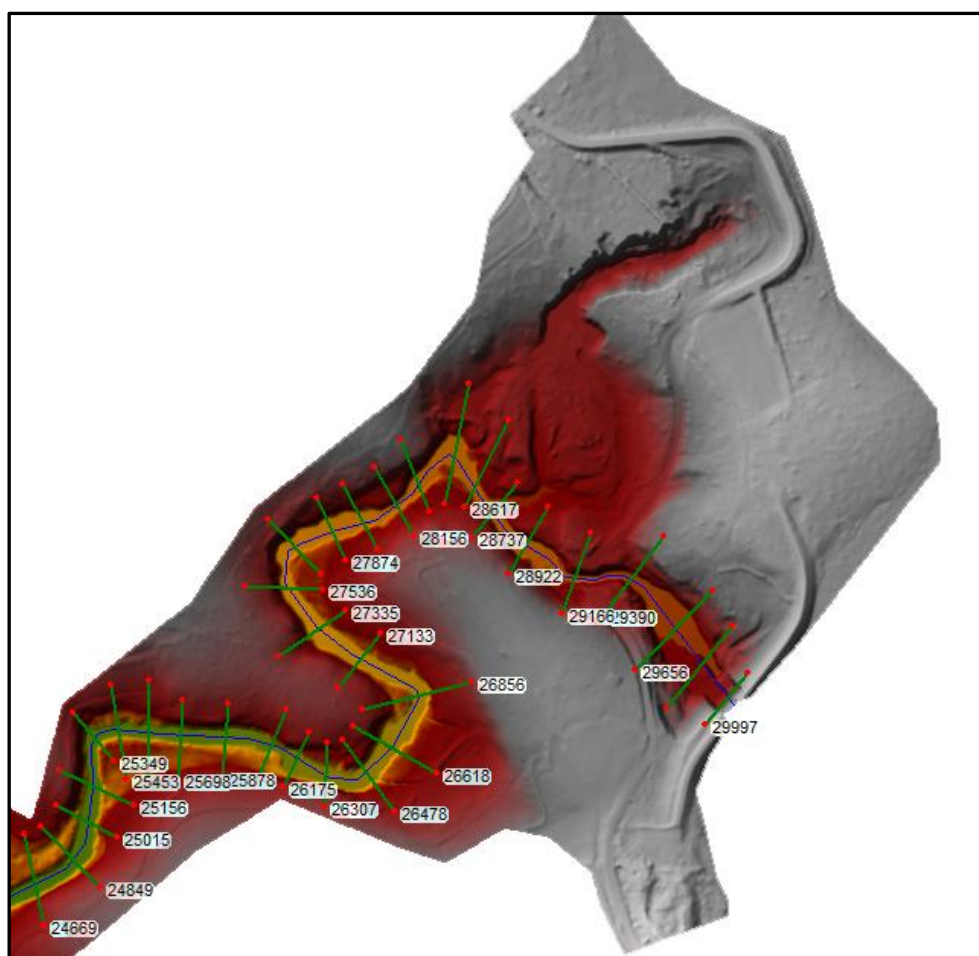


Figura 4 - MDT da região estudada

Para iniciar o processo de fornecimento dos dados de entrada da ferramenta HEC-RAS foi criado um arquivo com SIG em extensão AutoCAD reunindo dados topográficos com geometria e plano de seções transversais distribuídas ao longo do trecho, com distância entre 20 e 100m. As seções transversais foram aplicadas em pontos característicos que apresentam mudanças significativas da condição de escoamento.

Uma seção transversal deve ser representativa de locais do rio em estudo, bem como de zonas em que ocorram descargas, mudanças de tipologia, rugosidades e interseções. Para além das coordenadas x e y de cada um dos perfis transversais (sendo x a largura do perfil e y a elevação, ambos em metros, para cada seção) é ainda definida a distância à seção a jusante.

O modelo criado no HEC-RAS preserva os dados planimétricos da superfície, elementos geométricos e seções transversais devido à base de dados georeferenciados.

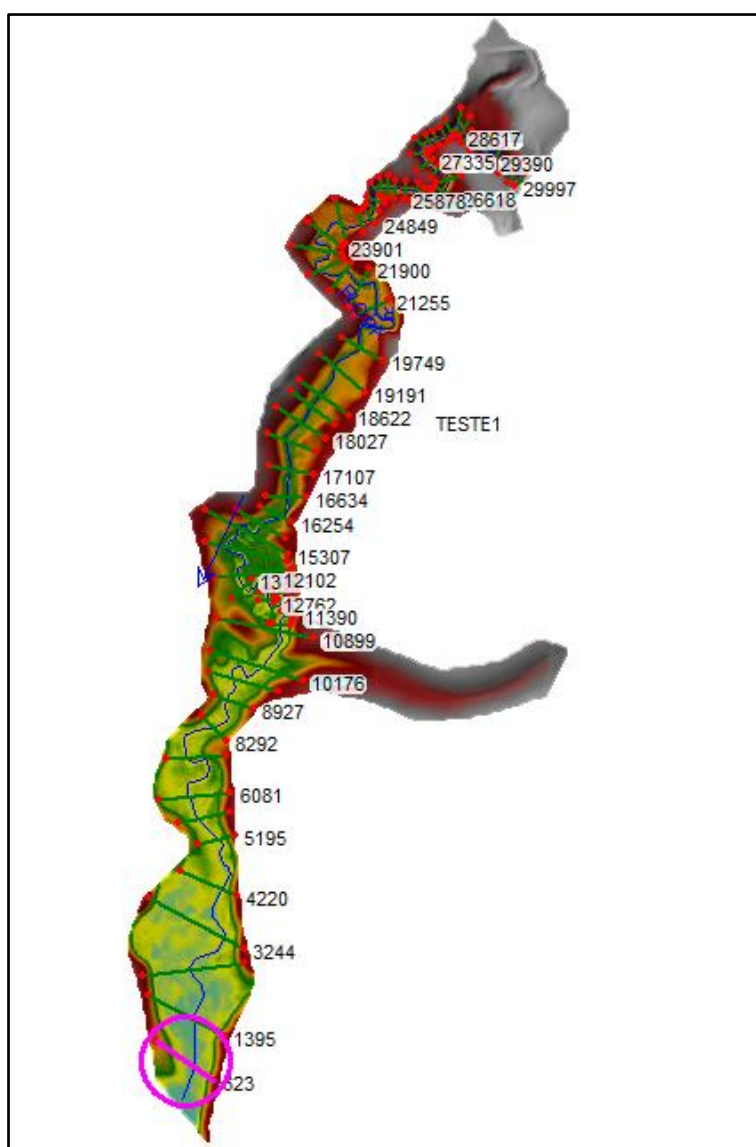



Figura 5– Geometria e plano de seções

10.1.3. Aspectos Hidrológicos

O Dimensionamento hidrológico utilizado com referencial foi o “GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.10.012.01 - Relatório de Reavaliação de Estudos Hidrológicos – PCH

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01
		PAGE 20 of 29

Pari Veado”.

Tabela 1 – Cheias de Projeto

Tempo de Retorno (anos)	$Q_{Máx}$	$Q_{Máx.Inst.}$
2	42	56
5	56	75
10	66	88
25	78	104
50	86	115
100	95	127
1.000	124	166
10.000	153	204

Vazão oriunda da brecha formada:

$$Q_p = 0.607 V_w^{0.295} h_w^{1.24}$$

Onde,

Q_p – vazão de pico em m^3/s ;

V_w – volume do reservatório em m^3 ;

h_w – carga hidráulica sobre a brecha;

$$Q_{p\ OT} = 0,607 \times 11086525^{0,295} \times 10,00^{1,24} = 1263 m^3/s$$

10.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDRODINÂMICAS

Após a etapa de exportação de elementos geométricos do rio para o programa HEC-RAS, foi iniciada a etapa de calibração do modelo com a inserção de dados de projeto. Para simulação do comportamento da calha do rio foram adotadas quatro vazões:

- Vazão representada pela $Q_{TR=2\text{ anos}}$, ou seja, com tempo de recorrência de 2 anos; Vazão $56 m^3/s$.
- Vazão representada pela $Q_{TR=100\text{ anos}}$, ou seja, com tempo de recorrência de 100 anos; Vazão $127 m^3/s$.
- Vazão representada pela $Q_{TR=1000\text{ anos}}$, ou seja, com tempo de recorrência de 1000 anos; Vazão $166 m^3/s$.
- Vazão representada pela $Q_{TR=Dam\ Break}$, ou seja, hidrograma de ruptura hipotética da barragem considerando tombamento do vertedouro; Vazão de pico igual a $1.263 m^3/s$.

Os critérios adotados no processo de dimensionamento foram os seguintes:

- Coeficiente Manning: $n=0,045$ - Terreno natural com vegetação moderada, conforme Tabela de valores de coeficientes Manning “n”, disponível em Brunner (2001);
- Regime de escoamento: sub-crítico devido baixa declividade do rio;

- Condição de contorno em seção de jusante e aproximação por declividade normal.
- Coeficiente de contração: 0,3;
- Coeficiente de expansão: 0,1.

O resultado das linhas de remanso referente aos períodos de retorno analisados apresentara variações esperadas conforme as vazões fornecidas, como apresentado nas Figuras 7 a 9. Importante destacar que o resultado da modelagem é apresentado em versão integral nos seguintes anexos do estudo de Dano Incremental:

Anexo 1 – Planta Manchas de Inundação PCH Pari Veado

Anexo 2 – Seções Transversais PCH Pari Veado

Anexo 3 – Planilha Dano Incremental PCH Pari Veado

Anexo 4 – Arquivos KML Manchas e Seções Transversais.

Anexo 5 – Levantamento Ponte Estrada CMD-030

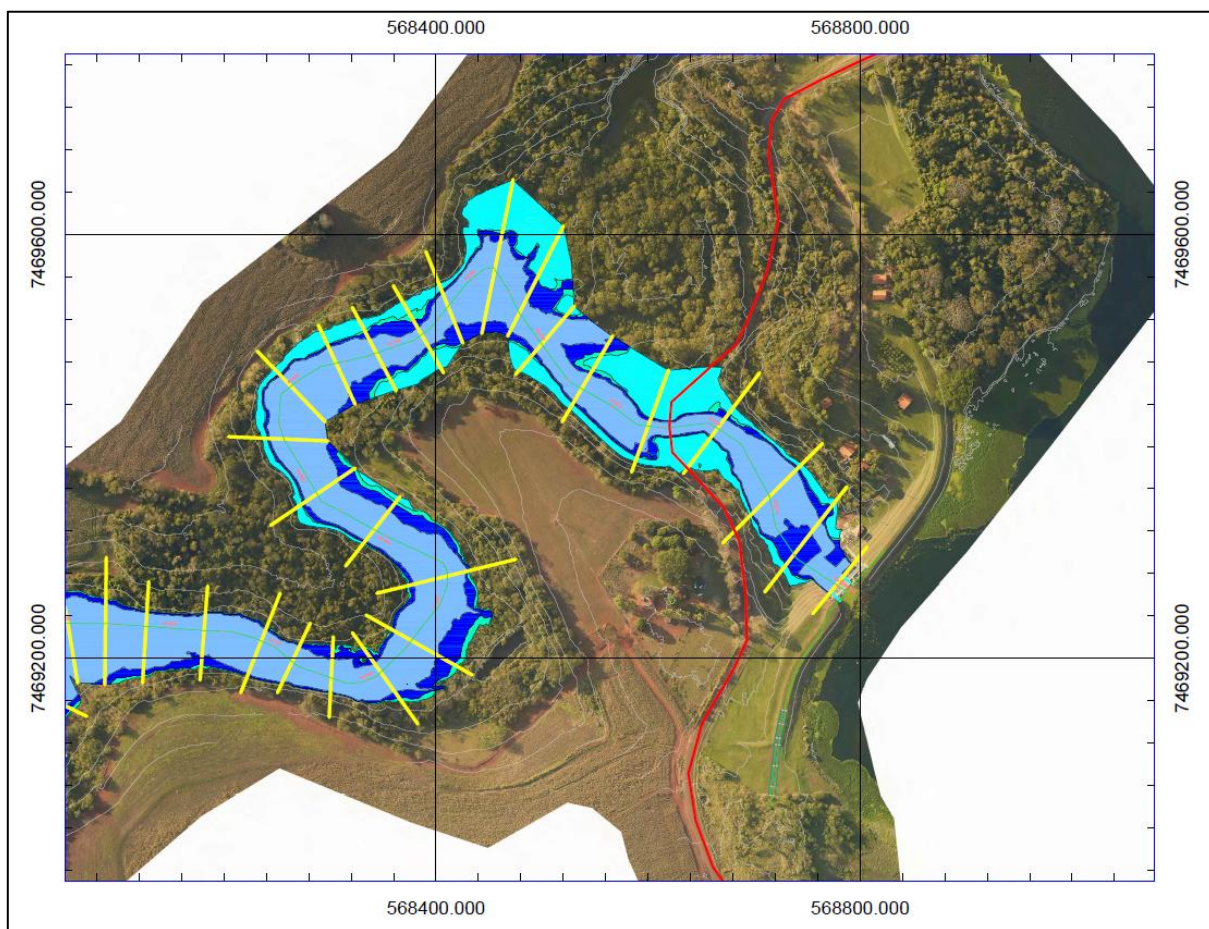


Figura 6 – Resultado trecho de montante, Manchas de inundação de cheias naturais e dano incremental.

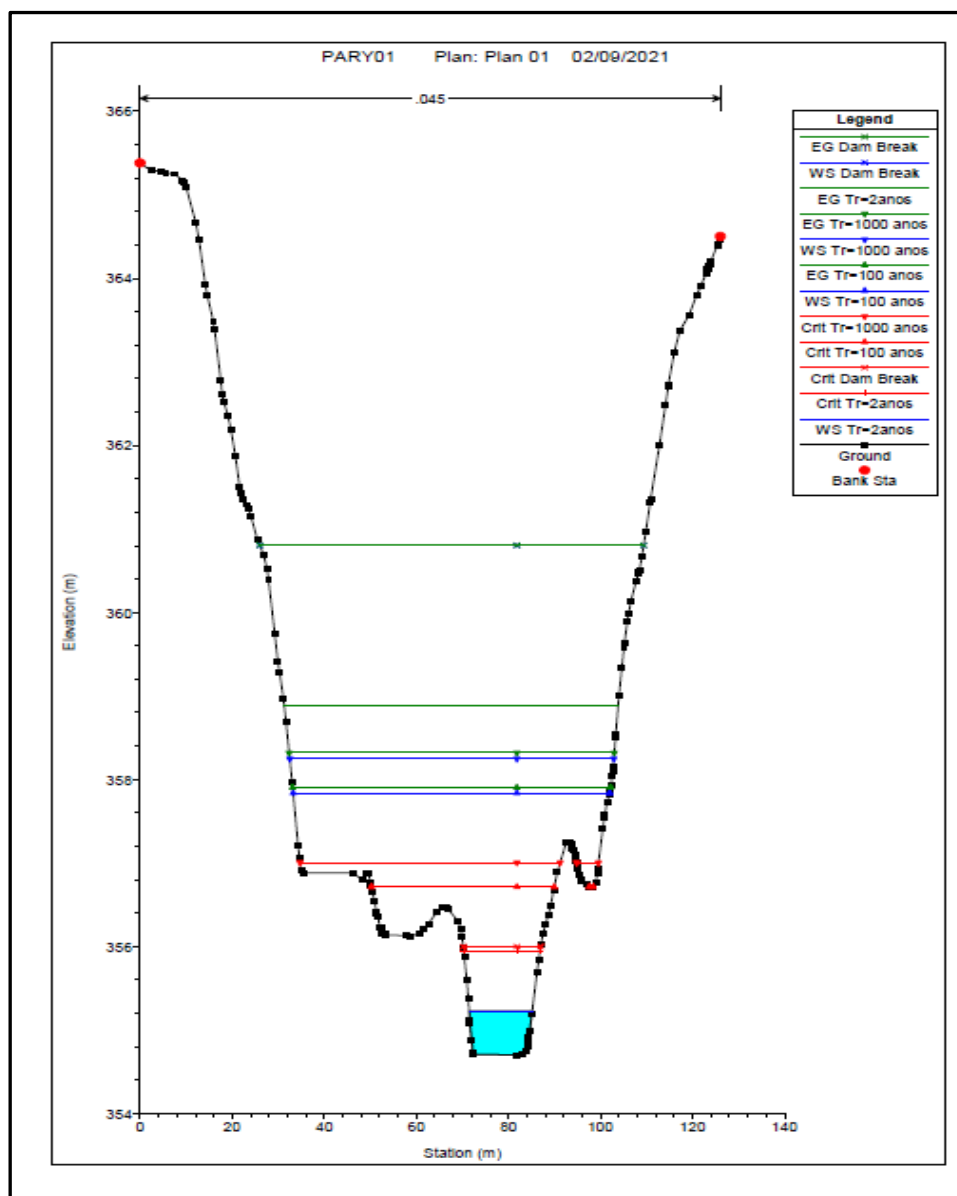


Figura 7 – Seção transversal montante a Ponte Estrada Municipal Cândido Mota, CDM-030

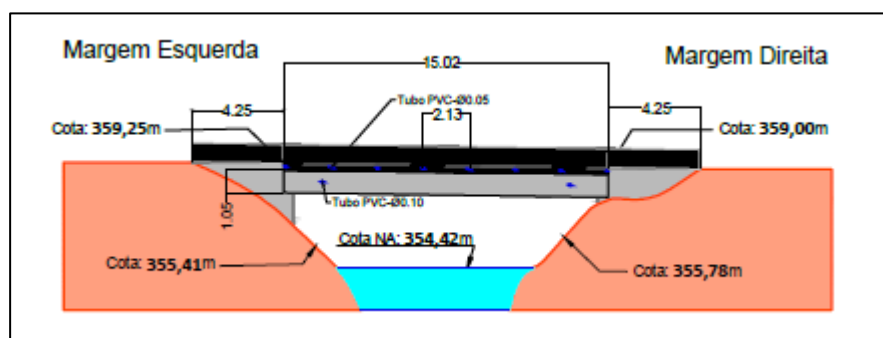



Figura 8 – Levantamento Ponte Estrada Candido Mota 030

Fonte: Levantamento topográfico realizado em 2020, ver Anexo 5.

O resultado da modelagem hidráulica nas seções transversais indicou a eficiência do

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01
		PAGE 23 of 29

levantamento de campo e tratamento de dados. A conectividade entre as seções integrada à geometria do rio e a interpolação de seções atenderam às expectativas, permitindo a próxima etapa da metodologia, a elaboração do mapa de cheia. O trecho entre as seções transversais próximas a ponte apresenta interferência com a superfície d'água dimensionada. O cenário simulado considerou a situação mais desfavorável do ponto de vista hidráulico. Descartou-se a necessidade de formação brechas simultâneas como por exemplo nas barragens de terra na margem direita e no dique na margem direita, pois a brecha seria menor devido a cota desses terrenos estarem em um nível mais elevado.

A Tabelas 1 consolidam os resultados alcançados com as simulações hidrodinâmicas. Pode-se observar que a condição de contorno adotado como regime sub-crítico através da seção de jusante é satisfatória conforme os valores do número de Froude.

As variáveis observados durante o estudo de dano incremental associado a ruptura hipotética da barragem ao longo do trecho demonstram incremento significativo no trecho de montante (15 primeiras seções de montante para jusante).

Foi identificado através dos estudos de cheia naturais que a estrutura da ponte é afetada, assim, entende-se que o risco a vida ocorre neste caso independente do status de segurança estrutural do barramento, sendo uma situação a ser considerada no PLANCON de responsabilidade da Defesa Civil Municipal.

Assim, conclui-se através da simulação de um cenário de ruptura hipotética da PCH Pari Veado, haverá o galgamento da ponte, no entanto, para chegar nessa situação, o cenário de cheia natural ocorrerá primeiro, já com a comunicação à população e interdição do acesso a ponte, sendo feito pela Defesa Civil Municipal. Destaca-se que os cenários de cheias naturais estão fora da abordagem da regulamentação da ANEEL para Segurança de Barragens. Ademais, é válido relembrar que a usina passa por inspeções de segurança das estruturas e é monitorada periodicamente.


Tabela 3 - Dano incremental, elementos hidrodinâmicos do trecho de montante da modelagem.

Seção Rio Pari	Prog. (m)	Tempo Prog. (h)	Vazão (Perfil)	Q Total (m³/s)	Elev. Min. (m)	N.A.Elev. (m)	Profundidade (m)	Vel (m/s)	Área Molhada (m²)	Topo (m)
29997	0,00	0,00	Tr=2anos	56	360,22	361,71	1,49	3,03	18,51	20,27
29997	0,00	0,00	Tr=100 anos	127	360,22	362,37	2,15	3,32	38,27	34,41
29997	0,00	0,00	Tr=1000 anos	166	360,22	362,59	2,37	3,62	45,82	34,67
29997	0,00	0,00	Dam Break	56	360,22	361,71	1,49	3,03	18,51	20,27
29830	50,90	0,00	Tr=2anos	56	354,7	355,23	0,53	8,48	6,61	13,69
29830	50,90	0,01	Tr=100 anos	127	354,7	357,83	3,13	1,15	109,97	68,73
29830	50,90	0,01	Tr=1000 anos	166	354,7	358,25	3,55	1,2	138,65	70,37
29830	50,90	0,08	Dam Break	60	354,7	360,8	6,1	0,18	332,02	83,39
29656*	103,93	0,03	Tr=2anos	56	354,63	356,82	2,19	0,5	112,53	58,86
29656*	103,93	0,03	Tr=100 anos	127	354,63	357,83	3,2	0,73	173,26	61,32
29656*	103,93	0,03	Tr=1000 anos	166	354,63	358,24	3,61	0,84	198,58	62,31
29656*	103,93	0,15	Dam Break	80	354,63	360,8	6,17	0,22	367,25	70,16
29390	185,00	0,05	Tr=2anos	56	354,54	356,65	2,11	1,6	35,01	20,92
29390	185,00	0,04	Tr=100 anos	127	354,54	357,51	2,97	2,3	55,1	27,48
29390	185,00	0,04	Tr=1000 anos	166	354,54	357,85	3,31	2,56	64,74	28,95
29390	185,00	0,19	Dam Break	100	354,54	360,79	6,25	0,5	201,28	71,24
29166	253,28	0,05	Tr=2anos	56	354,24	356,25	2,01	1,98	28,32	32,42
29166	253,28	0,05	Tr=100 anos	127	354,24	357,26	3,02	1,98	64,3	38
29166	253,28	0,05	Tr=1000 anos	166	354,24	357,63	3,39	2,11	78,58	39,34
29166	253,28	0,23	Dam Break	150	354,24	360,77	6,53	0,55	272,71	92,21
28922	327,64	0,08	Tr=2anos	56	354,13	356,17	2,04	1,01	55,27	33,93
28922	327,64	0,07	Tr=100 anos	127	354,13	357,18	3,05	1,26	101,18	51,49
28922	327,64	0,06	Tr=1000 anos	166	354,13	357,56	3,43	1,36	121,71	58,71
28922	327,64	0,26	Dam Break	200	354,13	360,77	6,64	0,55	364,8	80,17
28737	384,03	0,09	Tr=2anos	56	354,07	356,1	2,03	0,99	56,75	41,88
28737	384,03	0,08	Tr=100 anos	127	354,07	357,11	3,04	1,24	102,29	48,35

Seção Rio Pari	Prog. (m)	Tempo Prog. (h)	Vazão (Perfil)	Q Total (m³/s)	Elev. Min. (m)	N.A.Elev. (m)	Profundidade (m)	Vel (m/s)	Área Molhada (m²)	Topo (m)
28737	384,03	0,07	Tr=1000 anos	166	354,07	357,48	3,41	1,38	120,36	51,09
28737	384,03	0,29	Dam Break	200	354,07	360,76	6,69	0,57	351,48	81,4
28617	420,60	0,10	Tr=2anos	56	354,02	356,01	1,99	1,23	45,35	35,4
28617	420,60	0,09	Tr=100 anos	127	354,02	357,06	3,04	1,26	101,03	61,17
28617	420,60	0,08	Tr=1000 anos	166	354,02	357,43	3,41	1,34	123,92	62,16
28617	420,60	0,30	Dam Break	300	354,02	360,74	6,72	0,7	426,42	116,62
28473	464,49	0,12	Tr=2anos	56	354	356,02	2,02	0,53	106,19	78,09
28473	464,49	0,11	Tr=100 anos	127	354	357,07	3,07	0,64	199,51	96,19
28473	464,49	0,10	Tr=1000 anos	166	354	357,45	3,45	0,7	236,33	99,04
28473	464,49	0,33	Dam Break	400	354	360,74	6,74	0,59	673,12	148,13
28274	525,14	0,14	Tr=2anos	56	353,94	355,93	1,99	1,08	51,91	31
28274	525,14	0,12	Tr=100 anos	127	353,94	356,96	3,02	1,33	95,78	52,94
28274	525,14	0,11	Tr=1000 anos	166	353,94	357,32	3,38	1,44	115,16	53,71
28274	525,14	0,34	Dam Break	500	353,94	360,6	6,66	1,65	302,14	60,48
28156	561,11	0,14	Tr=2anos	56	353,88	355,66	1,78	2,11	26,58	19,93
28156	561,11	0,12	Tr=100 anos	127	353,88	356,55	2,67	2,63	48,22	31,76
28156	561,11	0,11	Tr=1000 anos	166	353,88	356,92	3,04	2,68	61,93	40,94
28156	561,11	0,34	Dam Break	600	353,88	360,44	6,56	2,18	274,9	73,3
28003	607,74	0,15	Tr=2anos	56	353,77	355,63	1,86	1,17	47,78	31,84
28003	607,74	0,13	Tr=100 anos	127	353,77	356,53	2,76	1,54	82,48	46,96
28003	607,74	0,12	Tr=1000 anos	166	353,77	356,89	3,12	1,65	100,4	52,13
28003	607,74	0,35	Dam Break	700	353,77	360,39	6,62	2,09	334,86	75,45
27874	647,06	0,17	Tr=2anos	56	353,69	355,6	1,91	0,89	63,11	45,42
27874	647,06	0,14	Tr=100 anos	127	353,69	356,51	2,82	1,1	115,38	61,39
27874	647,06	0,13	Tr=1000 anos	166	353,69	356,88	3,19	1,2	138,09	62,33
27874	647,06	0,35	Dam Break	800	353,69	360,33	6,64	2,13	375,1	76,53
27717	694,91	0,18	Tr=2anos	56	353,59	355,55	1,96	0,85	65,64	59,61
27717	694,91	0,16	Tr=100 anos	127	353,59	356,47	2,88	1,05	121,2	61,34

Seção Rio Pari	Prog. (m)	Tempo Prog. (h)	Vazão (Perfil)	Q Total (m³/s)	Elev. Min. (m)	N.A.Elev. (m)	Profundidade (m)	Vel (m/s)	Área Molhada (m²)	Topo (m)
27717	694,91	0,14	Tr=1000 anos	166	353,59	356,84	3,25	1,15	143,92	62,03
27717	694,91	0,36	Dam Break	1000	353,59	360,06	6,47	2,81	355,35	70,19
27536	750,08	0,20	Tr=2anos	56	353,49	355,44	1,95	1,03	54,59	55,23
27536	750,08	0,17	Tr=100 anos	127	353,49	356,39	2,9	1,18	107,98	56,62
27536	750,08	0,15	Tr=1000 anos	166	353,49	356,76	3,27	1,29	128,88	57,26
27536	750,08	0,36	Dam Break	1263	353,49	358,96	5,47	4,86	259,75	61,98

*Seção montante à ponte

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01
		PAGE 27 of 29

11. TREINAMENTOS PAE

Todos os participantes do Plano de Ação de Emergência deverão ser alvo de treinamento para conscientização e familiarização com as atividades que deverão exercer. O treinamento deverá dar ênfase à mobilização dos recursos internos envolvidos.

Anualmente os integrantes deverão participar dos cursos de reciclagem das atividades, que terão como finalidade a preparação para a prontidão efetiva, e que serão ministrados após a atualização geral dos cadastros e antes do início da estação chuvosa.


Os treinamento seguirão conforme resolução 1064/2023 :

§ 8º O exercício prático de simulação de situação de emergência deve ser realizado com a população da ZAS com frequência e organização definida conjuntamente com os órgãos de proteção e defesa civil, no que couber.

§ 9º A frequência para realização do exercício prático de simulação de que trata o §8º não deverá exceder 3 anos, salvo manifestação dos órgãos de proteção e defesa civil competentes.

12. SISTEMA SONORO DE ALERTA

Embora não tenha sido identificado morador permanente dentro da Zona de Autossalvamento (ZAS) da Usina de Pari Veado, foi definido o sistema de alerta sonoro composto por sirenes estrategicamente instaladas. Essa solução visa atender eventuais necessidades de comunicação emergencial, de acordo com o § 6º *O PAE deverá contemplar a previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, nos locais habitados na ZAS, devendo conter avaliação quanto a essa abrangência e cabendo ao empreendedor sua implantação, operação e manutenção em articulação com os órgãos locais de proteção e defesa civil.*

	<p>Operation & Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01</p>
		<p>PAGE 28 of 29</p>


13. ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS

Jayme Barg

Responsável Legal
CREA: 1989105709

Eng. Juliana Martins Pereira

Responsável Técnico
CREA: 2605272010

	Operation & Maintenance	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.010.01
		PAGE 29 of 29

14. ANEXO: RELATÓRIO COMPLETO DO DANO INCREMENTAL

15. ANEXOS

ANEXO 1: MANCHAS DA ZAS

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.08.005.00	Relatório ZAS

ANEXO 2: RELATÓRIO ZAS

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.08.005.00	Relatório ZAS

ANEXO 3: PLANO DE EVACUAÇÃO

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.08.005.00	Relatório Plano de Evacuação

ANEXO 4: RELATÓRIO DE SIMULADO

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.68503.09.018.00	Relatório Simulado

ANEXO 5: RELATÓRIO SIRENES

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.09.014.00	Relatório Sirenes