


CONTROLE DE REVISÕES:

Rev.	Data	Natureza da Revisão	Elab.	Verif.	Aprov.
0	22/08/24	Emissão Final	LVDN	JDSi	JDSi
1A	04/10/24	Revisão Conforme Comentários ELEJOR	LVDN	JDSi	JDSi
1	08/10/24	Emissão Final	LVDN	JDSi	JDSi
2A	14/01/25	Detalhamento de Resultados	JMC	MW	JDSi

CLIENTE:		 ENERGIA PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL		IFXP00050/00-3H-RL-0005-2A	
EMPREENHIMENTO: PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (PSB) UHE SANTA CLARA					
ÁREA: CIVIL					
Data	Elaborador	Verificador	Aprovador	R. Tec.:	CREA Nº
02/06/2024	LVDN	JDSi	JDSi	DDBS	PR-70939/D

PREFÁCIO

O marco legal na segurança de barragens no Brasil é a Lei 12.334/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), destinada a acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e a acumulação de resíduos industriais. A Lei 12.334/2010 criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Atualmente, esta legislação sofreu algumas modificações e passou a vigorar com as alterações de alguns de seus dispositivos, estabelecidos pela Lei 14.066/2020.

A entidade outorgante das barragens fica responsável por fiscalizar a segurança das barragens, bem como por manter o cadastro atualizado dessas barragens com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB. No caso do empreendimento da Centrais Elétricas do Rio Jordão (ELEJOR), UHE Santa Clara (SCL), a entidade fiscalizadora é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a qual através da Resolução Normativa nº 1.064 de 02 de maio de 2023 apresenta os critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas fiscalizadas pela ANEEL, de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

Um dos instrumentos da PNSB é o Plano de Segurança da Barragem (PSB) de implementação obrigatória pelo empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança e serve como uma ferramenta de planejamento da gestão da segurança da barragem.

Este documento foi revisado para estar em conformidade com a Resolução Normativa da ANEEL nº 1.064, de 2 de maio de 2023, refletindo as mais recentes diretrizes em gestão de segurança de barragens. A folha de atualização do PSB está descrita no Quadro 0.1.

QUADRO 0.1
FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PSB

PSB DA UHE FUNDÃO				
Número do documento	Data	Descrição	Elaborado	Aprovado
EGVP00317/00-10-RL-1007	08/12/2017	PSB	GPdOP	AStM
IFXP00050/00-3H-RL-0005	02/06/2024	Atualização do PSB	LVDN	JDSi

Estrutura de Apresentação dos Trabalhos

O plano de segurança de barragem da UHE Fundão está organizado em 04 (quatro) Volumes. O primeiro módulo é dividido em dois tomos, onde no primeiro tomo, são apresentadas as informações gerais, ao passo que no tomo segundo é apresentada a documentação técnica do empreendimento. No volume dois são apresentados os planos e procedimentos, no volume três são apresentados os registros e controles operacionais do empreendimento e no quarto volume é apresentado o plano de ação emergencial. O conteúdo de cada é apresentado a seguir:

Volume I – Informações Gerais

- Tomo I

Capítulo 1 – Apresentação do PSB e declaração de classificação da barragem

Capítulo 2 – Identificação do Empreendedor

Capítulo 3 – Identificação da Estrutura Organizacional

Capítulo 4 – Descrição do Empreendimento

Capítulo 5 – Usos da barragem

- **Tomo II**

- Capítulo 1 – Documentação Técnica do Empreendimento

- **Volume II – Planos e Procedimentos**

- Capítulo 1 – Plano de operação dos dispositivos de descarga da barragem

- Capítulo 2 – Plano de Manutenção das estruturas e equipamentos

- Capítulo 3 – Planos de inspeções

- Capítulo 4 – Planos de monitoramento e instrumentação

- Capítulo 5 – Plano de elaboração de relatórios de segurança de barragens

- **Volume III – Registros e Controles**

- Capítulo 1 – Registros de Operação

- Capítulo 2 - Registros de Manutenção

- Capítulo 3 – Registros de Monitoramento e Instrumentação

- **Volume IV – Plano de Ação Emergencial PAE**

- Capítulo 1 – Informações gerais do PAE

- Capítulo 2 – Utilização dos procedimentos previstos no PAE

- Capítulo 3 – Procedimentos de identificação e análise das possíveis situações de emergência

- Capítulo 4 – Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência

- Capítulo 5 – Procedimentos de notificação e alerta

- Capítulo 6 – Responsabilidades Gerais no PAE

- Capítulo 7 – Recursos Materiais e logísticos na barragem

- Capítulo 8 – Síntese do estudo de inundação e respectivos mapas

- Capítulo 9 – Divulgação treinamento e atualização do PAE

- Capítulo 10 – Encerramento das Operações

- Capítulo 11 – Referencias

- Capítulo 12 – Glossário

- Capítulo 13 – Equipe Responsável pela elaboração do PAE

- Capítulo 14 – Aprovação do PAE

- Capítulo 15 – Apêndices

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CCR – Concreto Compactado a Rolo

CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza

CF/SE/TA – Casa de Força, Subestação, Tomada D'Água.

CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas

CMP – Cheia Máxima Provável

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COGT - Centro de Operação da Geração e Transmissão

CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

COPEL GeT – Copel Geração e Transmissão S.A.

COSR-S – Centro Regional de Operação Sul

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

DPA – Dano Potencial Associado

DPEG – Departamento de Engenharia de Manutenção de Geração

EL – Elevação

ELEJOR - Centrais Elétricas do Rio Jordão S.A

EM – Extensômetros Múltiplos

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ET – Especificação técnica

FND – Fundão

FNP – PCH Fundão

MBA – Master of Business Administration

MD – Medidor de Deformação Triortogonal

MF – Marco Fixo

MS - Marco Superficial

MV – Medidor de Vazão

O&M – Operação e Manutenção

ONS – Operadora Nacional do Sistema Elétrico

PAE - Plano de Ação de Emergência

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens

PSB - Plano de Segurança da Barragem

PSP – Piezômetro *Standpipe*

PVC – Policloreto de polivinila

RD – rio-dacito

RPSB – Revisão Periódica de Segurança de Barragens

SCL – Santa Clara

SDSC - Sistema Digital de Supervisão e Controle

SGE – Superintendência de Geração de Energia

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

STSEBI – Setor de Engenharia de Segurança de Barragens e Inspeções de Instalações

TA1 – Tomada D'Água 1

TA1/TA2 – Tomada D'Água 1 para Tomada D'Água 2

TA2 – Tomada D'Água 2

TDAP – Tomada D'Água de Alta Pressão

TE – Termômetro Elétrico

TODA – Tomada D'Água

TR – Tempo de Retorno

UHE – Usina Hidrelétrica

VECM – Divisão de Estruturas Civas e Mecânicas

ZAS – Zona de Autossalvamento

ZSS – Zona de Segurança Secundária

ÍNDICE	PÁG.
PREFÁCIO	2
LISTA DE SIGLAS	4
1 - INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE	15
1.1 - Apresentação.....	15
1.2 - Objetivo do PAE	15
1.3 - Descrição do Empreendimento.....	16
1.3.1 - Características Gerais	18
1.3.2 - Descrição Geral da Barragem	20
1.3.3 - Órgãos Extravasores.....	22
1.3.4 - Reservatório	26
1.3.5 - Características Hidrológicas.....	27
1.3.6 - Características Geológicas e Sísmicas	32
1.3.7 - Instrumentação Civil de Auscultação.....	34
1.4 - Áreas do Entorno das Instalações e Acessos à Barragem	59
2 - UTILIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVISTOS NO PAE	61
3 - PROCEDIMENTOS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	62
3.1 - Detecção e Avaliação Inicial de Situação Anormal	62
3.2 - Caracterização dos Níveis de Segurança.....	65
3.3 - Procedimentos de Identificação de Mau Funcionamento ou Condições Potenciais de Ruptura.....	66
4 - PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS A SEREM ADOTADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	67
5 - PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA	70
5.1 - Objetivo	70
5.2 - Procedimentos de Notificação e Comunicação.....	70
5.3 - Sistema de Alerta	70
5.4 - Fluxograma de Notificação.....	71
6 - RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE.....	72
6.1 - ELEJOR	72
6.2 - ANEEL	74
6.3 - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINDEC)	75
7 - RECURSOS MATERIAIS E LOGISTICOS NA BARRAGEM.....	76
7.1 - Sistema de Iluminação e Alimentação de Energia	76

7.2 - Recursos Materiais Mobilizáveis em Situação de Emergência	76
8 - SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS	77
8.1 - Área de Estudo	77
8.2 - Critérios e Cenários de Modelagem da Cheia de Ruptura	77
8.2.1 - Brecha de Ruptura	78
8.2.2 - Cenários e Condições de Contorno	82
8.3 - Modelagem da Cheia de Ruptura - Resultados	83
8.4 - Vale a Jusante e Definição de ZAS e ZSS	92
8.4.1 - Caracterização do Vale a Jusante	92
8.4.2 - Definição e Caracterização de ZAS e ZSS	94
8.4.3 - Risco Hidrodinâmico	94
8.4.4 - Mapas de Inundação	96
9 - PLANO DE COMUNICAÇÃO, TREINAMENTOS E ATUALIZAÇÃO DO PAE	97
9.1 - Plano de Comunicação	97
9.2 - Treinamento e Simulados Práticos	97
10 - ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES	98
11 - REFERÊNCIAS	98
12 - GLOSÁRIO	98
13 - EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PAE	103
14 - APROVAÇÃO DO PAE	103
15 - APÊNDICES	104
15.1 - Ficha Técnica do Empreendimento	104
15.2 - Lista de Contatos para Notificação	108
15.2.1 - Contatos Internos	108
15.2.2 - Contatos Externos	108
15.3 - Respostas a Possíveis Condições de Emergência	110
15.4 - Formulários	111
15.4.1 - Declaração de Início de Emergência	111
15.4.2 - Declaração de Encerramento de Emergência	112
15.4.3 - Mensagens de Notificação	113
15.5 - Registros dos Treinamentos e Simulações	114
15.6 - Controle de Distribuição	114
15.7 - Mapas de Inundação	115
15.8 - Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata	115

LISTA DE FIGURAS	PÁG.
FIGURA 1.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE SANTA CLARA	17
FIGURA 1.2 UHE SANTA CLARA – PLANTA GERAL E SEÇÃO LONGITUDINAL	20
FIGURA 1.3 UHE SANTA CLARA – SEÇÃO TRANSVERSAL	21
FIGURA 1.4 CURVA DE DESCARGA VERTEDOURO UHE SANTA CLARA.....	23
FIGURA 1.5 CURVA COTA-VOLUME DA UHE SANTA CLARA.....	24
FIGURA 1.6 AMORTECIMENTO DA CHEIA DE TR 10.000 ANOS AFLUENTE À UHE SANTA CLARA.....	25
FIGURA 1.7 AMORTECIMENTO DA CMP AFLUENTE À UHE SANTA CLARA	26
FIGURA 1.8 SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS NA ESTAÇÃO SANTA CLARA	29
FIGURA 1.9 SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÁXIMA MENSAS E ANUAIS DA UHE SANTA CLARA.....	31
FIGURA 1.10 ENVOLTÓRIA DOS PRINCIPAIS EVENTOS CRITICOS REGISTRADOS NA UHE SANTA CLARA.....	32
FIGURA 1.11 HIDROGRAMAS DE PROJETO A PARTIR DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS	32
FIGURA 1.12 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO X) ABERTURA OU FECHAMENTO DE JUNTA.....	43
FIGURA 1.13 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Y) RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS.....	43
FIGURA 1.14 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Z) DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS.....	44
FIGURA 1.15 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BARRAGEM CCR	48
FIGURA 1.16 VAZÕES NOS DRENOS DA GALERIA	49
FIGURA 1.17 VAZÃO MÉDIA NOS DRENOS DA BARRAGEM – PERÍODO MAR/06 ATÉ JUN/2017.....	50
FIGURA 1.18 PIEZÔMETROS CONDUTO FORÇADO	51
FIGURA 1.19 MEDIDORES DE NÍVEL D'ÁGUA.....	52
FIGURA 1.20 PIEZÔMETROS – DIQUE DE FECHAMENTO E CÂMARA DE CARGA.....	53

FIGURA 1.21 MEDIDOR DE VAZÃO – DIQUE DE FECHAMENTO	54
FIGURA 1.22 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Z) DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE LAJES.....	56
FIGURA 1.23 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Y) RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE LAJES.....	56
FIGURA 1.24 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO X) ABERTURA OU FECHAMENTO DE JUNTA.....	57
FIGURA 1.25 LEITURAS PINOS DE DEFORMAÇÃO	59
FIGURA 1.26 ACESSO A UHE SANTA CLARA	60
FIGURA 2.1 PROCESSO DAS AÇÕES DO PAE	61
FIGURA 5.1 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO CONFORME NÍVEL DE SEGURANÇA.....	71
FIGURA 6.1 FLUXOGRAMA DE AÇÕES PAE	74
FIGURA 6.2 ORGANIZAÇÃO ESQUEMATICA DO SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL.....	75
FIGURA 8.1 ÁREA DE ESTUDO RIO JORDÃO	77
FIGURA 8.2 REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL	78
FIGURA 8.3 REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL	78
FIGURA 8.4 SEÇÃO MODELADA DA UHE SCL E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	80
FIGURA 8.5 SEÇÃO MODELADA DA UHE FND E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	80
FIGURA 8.6 SEÇÃO MODELADA DA UHE DRJ E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	81
FIGURA 8.7 PROGRESSÃO DA BRECHA NO TEMPO.....	81
FIGURA 8.8 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	86
FIGURA 8.9 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	86

FIGURA 8.10 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL	88
FIGURA 8.11 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	88
FIGURA 8.12 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL	90
FIGURA 8.13 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL	90
FIGURA 8.14 HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL	91
FIGURA 8.15 HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	91
FIGURA 8.16 OCUPAÇÃO VALE A JUSANTE UHE SANTA CLARA	93

LISTA DE QUADROS	PÁG.
QUADRO 0.1 FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PSB.....	2
QUADRO 1.1 FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PAE.....	15
QUADRO 1.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS UHE SANTA CLARA	18
QUADRO 1.3 CURVA DE DESCARGA VERTEDOURO UHE SANTA CLARA.....	22
QUADRO 1.4 RESUMO DOS RESULTADOS DO AMORTECIMENTO DE CHEIAS DA UHE SANTA CLARA.....	24
QUADRO 1.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS RESERVATÓRIO UHE SANTA CLARA.....	26
QUADRO 1.6 VAZÕES MÉDIAS OBSERVADAS MENSAS E ANUAIS DA UHE SANTA CLARA	27
QUADRO 1.7 VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS DA UHE SANTA CLARA	30
QUADRO 1.8 INSTRUMENTAÇÃO BARRAGEM CCR E CONDUTO FORÇADO	35
QUADRO 1.9 INSTRUMENTAÇÃO CÂMARA DE CARGA / DIQUE DE FECHAMENTO	36
QUADRO 1.10 VAZÕES BARRAGEM.....	37
QUADRO 1.11 MEDIDORES DE DEFORMAÇÃO TRIORTOGONAL	41
QUADRO 1.12 PIEZÔMETROS STAND PIPE - BARRAGEM.....	44
QUADRO 1.13 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS	47
QUADRO 1.14 PIEZÔMETROS STAND PIPE – CONDUTOS FORÇADOS.....	50
QUADRO 1.15 PIEZÔMETROS STAND PIPE – LEITURAS 22/06/2017	52
QUADRO 1.16 MEDIDORES TRIORTOGONAIS – DEFORMAÇÕES ABSOLUTAS EM 02/04/24.....	55
QUADRO 1.17 PINOS DE DEFORMAÇÃO	57
QUADRO 3.1 PROCEDIMENTOS DE DETECÇÃO COMUNICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO INICIAL DE SITUAÇÃO ANORMAL	63
QUADRO 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....	65
QUADRO 3.3 DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SEGURANÇA E RESPECTIVO PROCEDIMENTO DE AÇÃO CONFORME OCORRÊNCIA.....	66

QUADRO 4.1 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ATENÇÃO.....	67
QUADRO 4.2 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ALERTA	68
QUADRO 4.3 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	69
QUADRO 6.1 ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES NO PAE	72
QUADRO 8.1 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – ROMPIMENTO CONSIDERANDO QMLT (<i>PIPPING</i>)	79
QUADRO 8.2 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO MILENAR (<i>OVERTOPPING</i>).....	79
QUADRO 8.3 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO DECAMILENAR (<i>OVERTOPPING</i>).....	79
QUADRO 8.4 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – CASO A RUPTURA A MONTANTE CAUSE RUPTURA A JUSANTE	79
QUADRO 8.5 CENÁRIOS DE RUPTURA AVALIADOS.....	82
QUADRO 8.6 TEMPO DE TRÁFEGO DO PICO DA ONDA DE CHEIA A PARTIR DA RUPTURA DAS BARRAGENS	83
QUADRO 8.7 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA PROFUNDIDADE (M) EM CADA SEÇÃO.....	84
QUADRO 8.8 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA VELOCIDADE (M/S) EM CADA SEÇÃO	84
QUADRO 8.9 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA COTA (M) EM CADA SEÇÃO.....	85
QUADRO 8.10 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL.....	87
QUADRO 8.11 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL	89
QUADRO 8.12 SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL	92
QUADRO 8.13 CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES UHE SANTA CLARA.....	94
QUADRO 8.14 CARACTERIZAÇÃO DO RISCO HIDRODINÂMICO	95

QUADRO 8.15 RISCO HIDRODINÂMICO NA ÁREA AFETADA PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO	95
QUADRO 13.1 EQUIPE TÉCNICA.....	103
QUADRO 14.1 CONTROLE DE REVISÃO DO PAE.....	103
QUADRO 15.1 LISTA DE CONTATOS INTERNOS.....	108
QUADRO 15.2 LISTA DE CONTATOS EXTERNOS	108
QUADRO 15.3 CONTROLE DE TREINAMENTO DO PAE.....	114
QUADRO 15.4 RELAÇÃO DAS ENTIDADES QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE	114

1 - INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE

1.1 - Apresentação

As barragens induzem riscos e em casos de acidentes podem gerar consequências graves. Quando tais situações ocorrem é necessário atenuar as consequências sendo fundamental socorrer as pessoas e proteger os bens em perigo. O PAE é um documento formal elaborado pelo empreendedor no qual são estabelecidas as ações a serem executadas pelo mesmo em caso de situação de emergência.

Segundo a Lei 14.066/2020, o presente PAE da barragem da UHE Santa Clara deverá ser revisto periodicamente, a critério do órgão fiscalizador, nas seguintes ocasiões:

- Quando o relatório de inspeção ou a Revisão Periódica de Segurança de Barragem assim o recomendar;
- Sempre que a instalação sofrer modificações físicas, operacionais ou organizacionais capazes de influenciar no risco de acidente ou desastre;
- Quando a execução do PAE em exercício simulado, acidente ou desastre indicar a sua necessidade;
- Em outras situações, a critério do órgão fiscalizador.

Nas revisões serão incluídas as novas informações e removidos os dados desatualizados e/ou incorretos. As folhas corrigidas deverão ser anotadas adequadamente em seu rodapé e suas cópias serão distribuídas para todas as pessoas que participem do PAE e tenham em seu poder uma cópia para uso.

O Quadro 1.1 apresenta a folha controle de atualizações do PAE da barragem da UHE Santa Clara, no qual o presente documento compõe a 1º revisão. Esse quadro deverá ser mantido sempre atualizado, expondo as revisões realizadas.

A 1º revisão deste documento se justifica pela necessidade de adequação a Resolução Normativa ANEEL nº 1.064 de 02 de maio de 2023.

QUADRO 1.1
FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PAE

PAE DA BARRAGEM DA UHE SANTA CLARA CONTROLE DE ATUALIZAÇÕES DO PAE				
ATUALIZ.	DATA	DESCRIÇÃO	ELABORADOR	APROVADO
Versão inicial	Dezembro/2017	Emissão Inicial do Plano de Ação de Emergência da UHE Santa Clara	GPdOP	AStM
1ª Revisão	Abril/2024	Revisão do Plano de Ação de Emergência da UHE Santa Clara	LVDN	JDSi

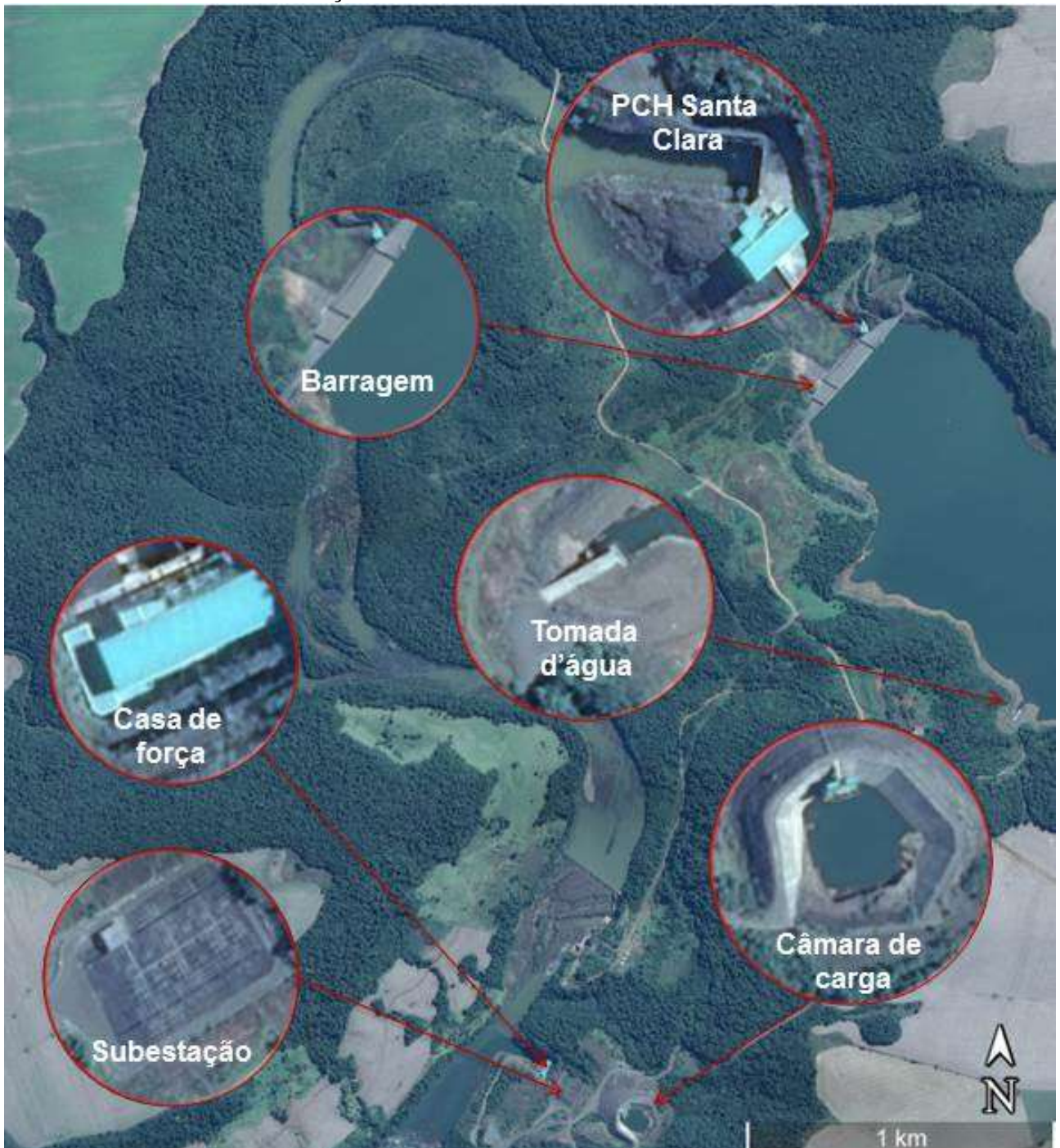
1.2 - Objetivo do PAE

O objetivo do PAE é definir o quem faz o que, onde, como e quando em situações de emergência na barragem. Estabelecendo um sistema de informação e comunicação para os diferentes cenários de segurança e perigo com as autoridades de defesa civis competentes, para que sejam ativados os sistemas alerta e se for o caso realizar as

evacuações. O PAE deve reduzir o risco de ruptura da barragem, identificando situações que podem representar perigo para a segurança da barragem, junto com a organização das respostas e as ações apropriadas.

1.3 - Descrição do Empreendimento

A Usina Hidrelétrica de Santa Clara está localizada na bacia do rio Paraná, sub - bacia do rio Iguaçu, no curso d'água do rio Jordão. A casa de força (margem esquerda) está localizada no município de Pinhão a 76 km de Guarapuava sendo que a barragem, na margem direita do rio, localiza-se no município de Cândói. Na Figura 1.1 é apresentada a localização das estruturas da UHE Santa Clara.

FIGURA 1.1
LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE SANTA CLARA

O arranjo do empreendimento foi concebido de modo a aproveitar a queda natural existente ao longo da curva em forma de “U” que o rio Jordão faz para a esquerda, a jusante do local da barragem. As estruturas são divididas em duas regiões onde na primeira estão a barragem e concreto compactado a rolo CCR, o vertedouro em soleira livre, a PCH no pé da barragem com potência instalada de 3,6 MW e tomada d’água. O segundo grupo conta com o túnel de baixa pressão com seção arco retângulo de 9,4 m e 1.460,0 m de comprimento, a câmara de carga, os dois tuneis de alta pressão e casa de foça abrigada com duas unidades do tipo Francis de eixo vertical com potência total de 120 MW.

1.3.1 - Características Gerais

As características gerais da barragem são apresentadas no Quadro 1.2.

QUADRO 1.2
CARACTERÍSTICAS GERAIS UHE SANTA CLARA

Identificação			
Empreendimento	Nome	UHE Santa Clara	
	Código	SCL	
Localização	Estado	Paraná	
	Município	Candói	
	Região hidrográfica	Iguaçu	
	Bacia hidrográfica	Paraná	
	Rio	Jordão	
	Coordenadas	Latitude	25°38'52"
		Longitude	51°57'13"
Estrada de acesso	PR - 560		
Empreendedor	Nome	Centrais Elétricas do Rio Jordão - ELEJOR	
	Endereço	R. José de Alencar, 2021 - Juvevê	
	Responsável legal	Cleverson Morais Silveira	
	Contato	Fixo	(41) 3262-0106
		Celular	(41) 9 8425-2402
	E-mail	cleverson@elejor.com.br	
	Responsável técnico (Segurança de Barragens)	Emerson Luís Alberti	
	Contato	Fixo	(41) 3262-0106
		Celular	(41) 99994-3148
E-mail	emerson@elejor.com.br		
Projeto	Autor	Intertechne	
	Ano	2002	
	Localização	Av. Iguaçu, 100, Rebouças, Curitiba/PR	
	Contato	Roberto Eugênio Bertol	
Construção	Construtor	Construtora Triunfo	
	Período de construção	2001/2006	
Exploração	Início	2006	
Reservatório	Nível mínimo operacional (m)	787,50	
	Nível máximo normal (m)	805,00	
	Nível máximo Maximorum (m)	810,15	
	Área (máximo normal) (km ²)	20,15	
	Volume (máximo normal) (hm ³)	431,22	
	Uso do reservatório	Geração Energia	
Bacia hidrográfica	Área (km ²)	3.900	
	Precipitação média anual (mm)	1.820	
	Cobertura vegetal	Floresta	
	Tipo de ocupação	Rural	

Empreendedores vizinhos	Montante	UHE Salto Curucacá (Papeleira Santa Maria)
	Jusante	UHE Fundação (Centrais Elétricas do Rio Jordão - ELEJOR)
Barragem		
Tipo estrutural		Gravidade
Cota do coroamento (m)		811,0
Borda livre (m)		1,1
Altura máxima acima da fundação (m)		67,0
Altura máxima acima do leito do curso de água (m)		30,0
Comprimento do coroamento (m)		618,0
Largura do coroamento (m)		-
Paramento de montante	Inclinação	Vertical
	Tipo de proteção	-
Paramento de jusante	Inclinação	0,75 H 1,0 V
	Tipo de proteção	-
Dispositivo de drenagem		Galeria
Volume total (m ³)		-
Características Geológicas Regionais		
Tipo de formação		Derrame Basáltico
Características de Permeabilidade do reservatório		Pouco Permeável
Suscetibilidade a escorregamento de taludes do reservatório		Não
Vertedouro		
Número		1
Localização		Corpo da Barragem
Tipo		Soleira Livre
Cota da Soleira (m)		805,0
Largura (m)		251
Recorrência Vazão de projeto (anos)		10.000
Vazão de Projeto (m ³ /s)		6.486
Tomada de Água		
Número		2
Localização		Câmara de Carga
Vazão (sob o nível máximo normal) (m ³ /s)		160,0
Tipo de comporta		Vagão
Dimensões Principais (m)		3,75 x 4,08
Possibilidade de manobra manual		Sim
Comando à distância		Sim
Condições de acesso		Boas
Características da ZAS		
Extensão (km)		~6,5 até o reservatório da UHE Fundação
Ocupação a jusante		Rural
Meios de comunicação		Sistema de Alerta Sonoro
Existem procedimentos de emergência?		Plano de Ação de Emergência

1.3.2 - Descrição Geral da Barragem

A barragem é do tipo gravidade, sendo composta por 33 (trinta e três) blocos de concreto compactado a rolo CCR, composta por uma galeria de drenagem, praticamente em toda a sua extensão entre a margem direita e margem esquerda com aproximadamente 418,00 m, de dimensão média de 2,50 m de largura por 3,00 m de altura. A entrada da galeria localiza na elevação 786,15 m, enquanto a crista da soleira vertente encontra-se na elevação 805,00 m, a altura máxima da barragem é de 67,00 m. Na Figura 1.2 é apresentada a planta e a seção longitudinal de barragem e na Figura 1.3 a seção transversal da barragem.

FIGURA 1.2
UHE SANTA CLARA – PLANTA GERAL E SEÇÃO LONGITUDINAL

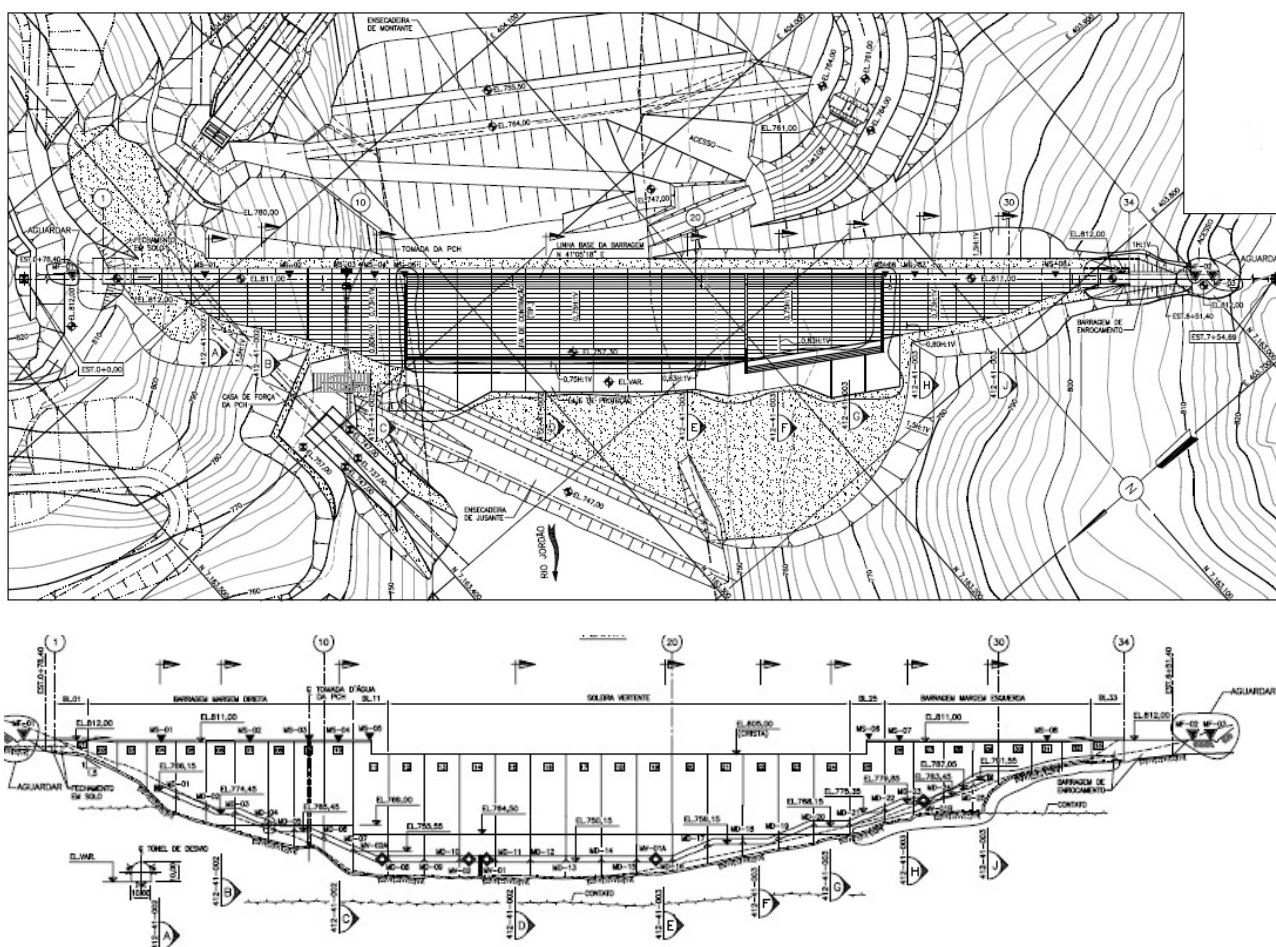
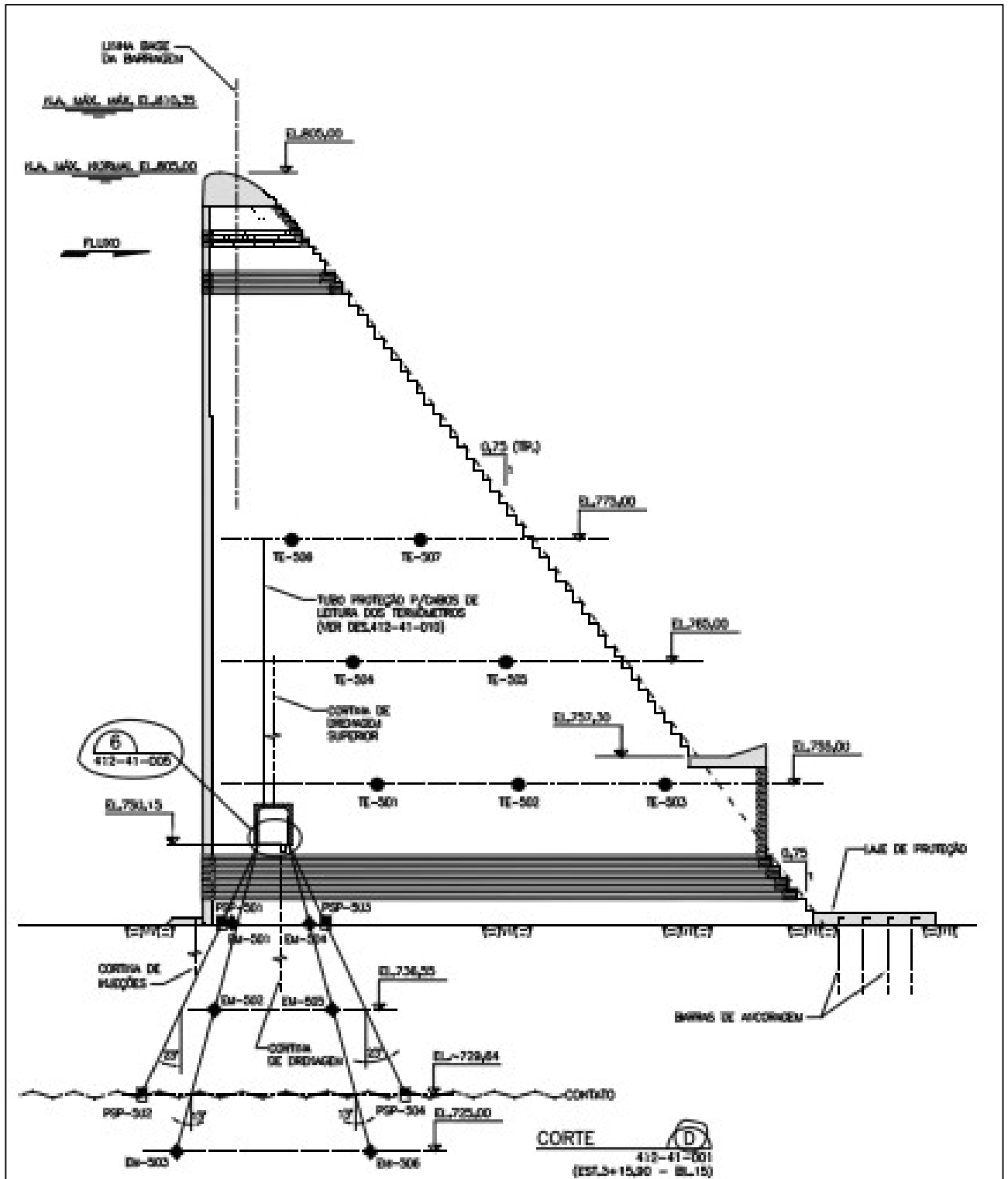


FIGURA 1.3
UHE SANTA CLARA – SEÇÃO TRANSVERSAL



1.3.3 - Órgãos Extravasores

O vertedouro da UHE Santa Clara compreende uma soleira livre vertente de 251,0 m e declividade a jusante de 0,75H:1,0V disposta sobre o maciço de CCR. A soleira vertente não apresenta comporta e possui crista na El. 805,00.

Visando reduzir a energia do escoamento e facilitar a construção da barragem, a calha do vertedouro apresenta degraus com altura de 0,6 m e largura de 0,90 m, conforme modificações feitas no projeto original apresentada nos estudos do Projeto Básico. Foram previstos defletores para a proteção do pé da barragem, sendo aquele colocado no leito do rio (blocos 11 a 20 e metade do bloco 21) na El. 757,30 m e na ombreira esquerda (blocos 22 a 25 e metade do bloco 21), defletor disposto junto ao pé de jusante da estrutura. Esses defletores possuem aproximadamente 6,5 m de largura e ângulo de saída de 10°.

Capacidade de Descarga do Vertedouro

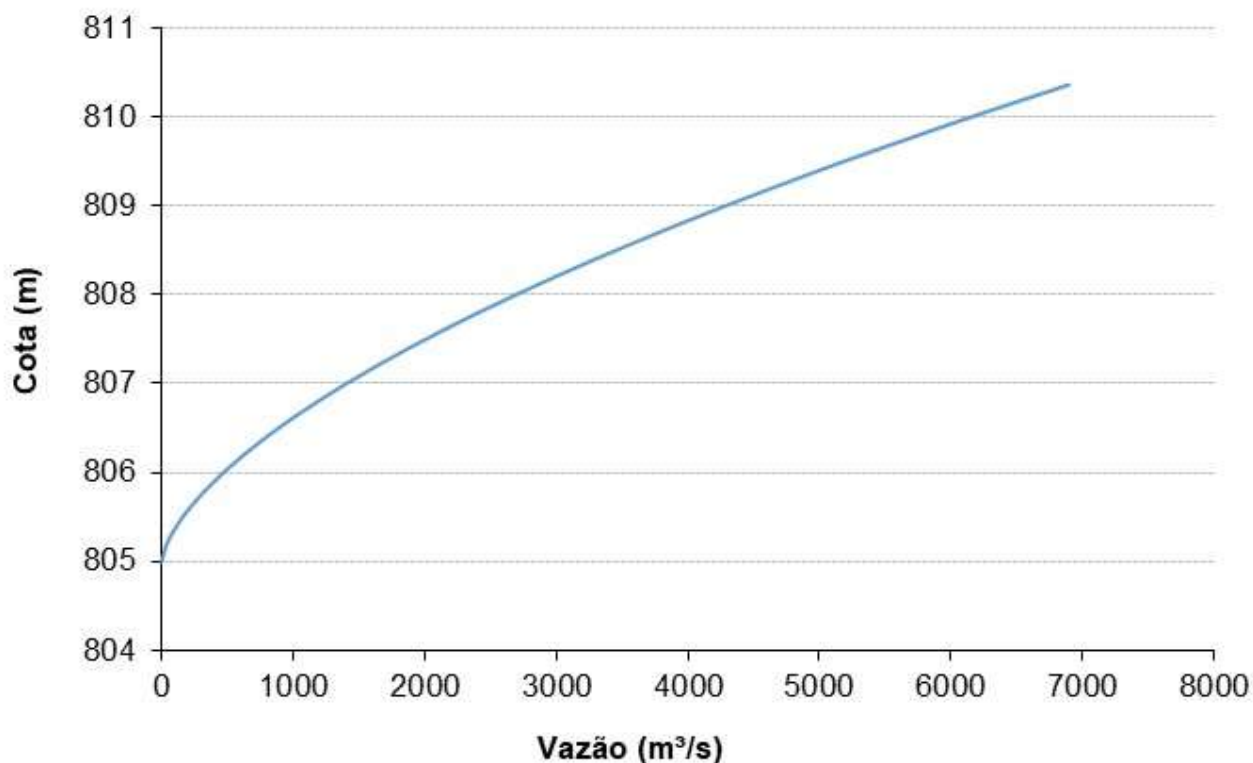
Na RPSB de 2022, realizada pela Nova Engevix, foi elaborada a atualização da capacidade de descarga da UHE Santa Clara, conforme apresentado no Quadro 1.3 e na Figura 1.4.

A capacidade de descarga da barragem no nível máximo maximorum atual, de 810,15 m conforme o Manual de Informações Hidráulico-Operativas de 2017, é de 6.486 m³/s. Este valor é apenas 0,97% inferior ao valor fornecido nos documentos da barragem, que é de 6.550 m³/s.

QUADRO 1.3
CURVA DE DESCARGA VERTEDOURO UHE SANTA CLARA

Cota (m)	Descarga (m ³ /s)	Cota (m)	Descarga (m ³ /s)
805,00	0	807,80	2416
805,20	39	808,00	2701
805,40	113	808,20	2998
805,60	211	808,40	3307
805,80	331	808,60	3627
806,00	459	808,80	3959
806,20	624	809,00	4303
806,40	796	809,20	4657
806,60	985	809,40	5022
806,80	1188	809,60	5398
807,00	1406	809,80	5785
807,20	1639	810,00	6182
807,40	1885	810,15	6486
807,60	2144	810,35	6902

Fonte: Nova Engevix (2022).

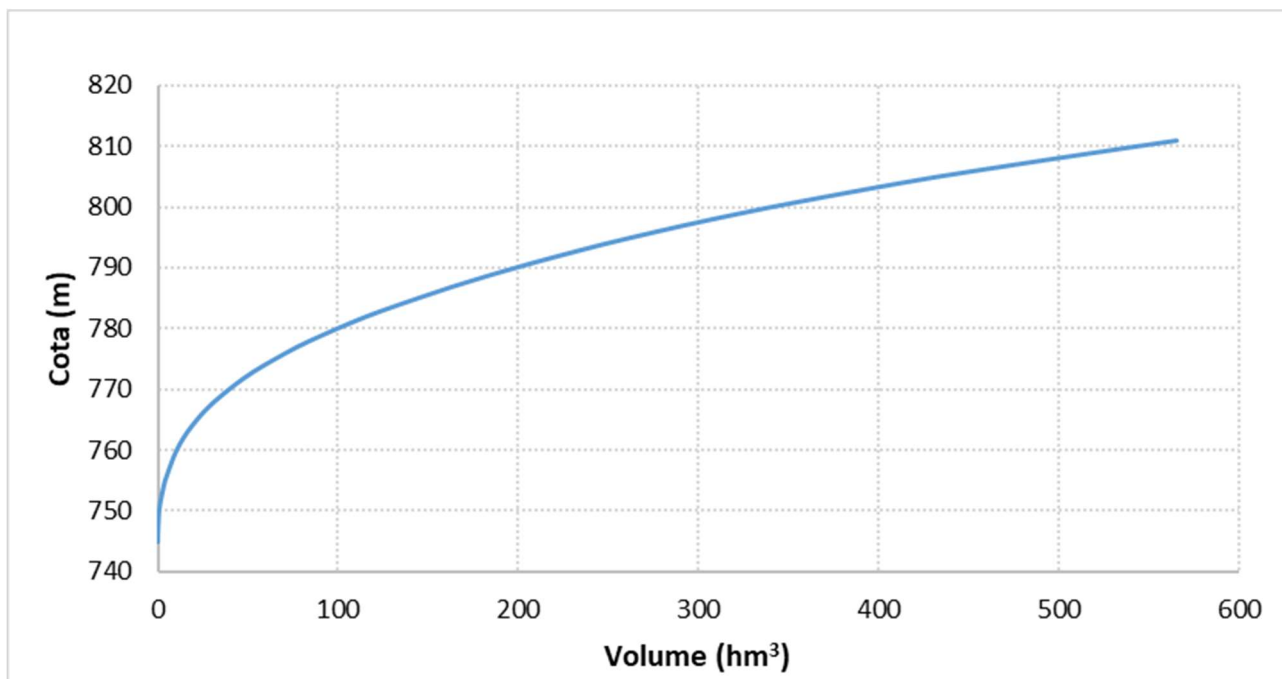
FIGURA 1.4
CURVA DE DESCARGA VERTEDOURO UHE SANTA CLARA

Fonte: Nova Engevix (2022).

Curva Cota – Volume da UHE Santa Clara

A curva cota-volume da UHE Santa Clara foi fornecida pela ELEJOR, sendo apresentada na Figura 1.5. Em seu nível normal, o volume total armazenado é de cerca de 431 hm³.

FIGURA 1.5
CURVA COTA-VOLUME DA UHE SANTA CLARA



Fonte: ELEJOR (2022).

Amortecimento de cheias pelo vertedouro da UHE Santa Clara

Na RPSB de 2022, realizada pela Nova Engevix, foi elaborada a atualização do amortecimento de cheias pelo vertedouro da UHE Santa Clara, conforme apresentado no Quadro 1.4. Como pode ser observado, para nenhuma das recorrências avaliadas ocorreu o galgamento da barragem.

QUADRO 1.4
RESUMO DOS RESULTADOS DO AMORTECIMENTO DE CHEIAS DA UHE SANTA CLARA

TR (anos)	Q _{afluente} (m³/s)	Q _{defluente} (m³/s)	N.A. MÁXIMO (m)	OCORRÊNCIA DE GALGAMENTO
2	656	624	805,8	Não
5	1087	1020	806,4	Não
10	1413	1321	806,9	Não
20	1740	1664	807,2	Não
50	2171	2095	807,5	Não
100	2497	2414	807,8	Não
500	3255	3165	808,3	Não
1000	3581	3485	808,5	Não
5000	4339	4224	809,0	Não
10000	4665	4551	809,1	Não
CMP	6351	6059	809,9	Não

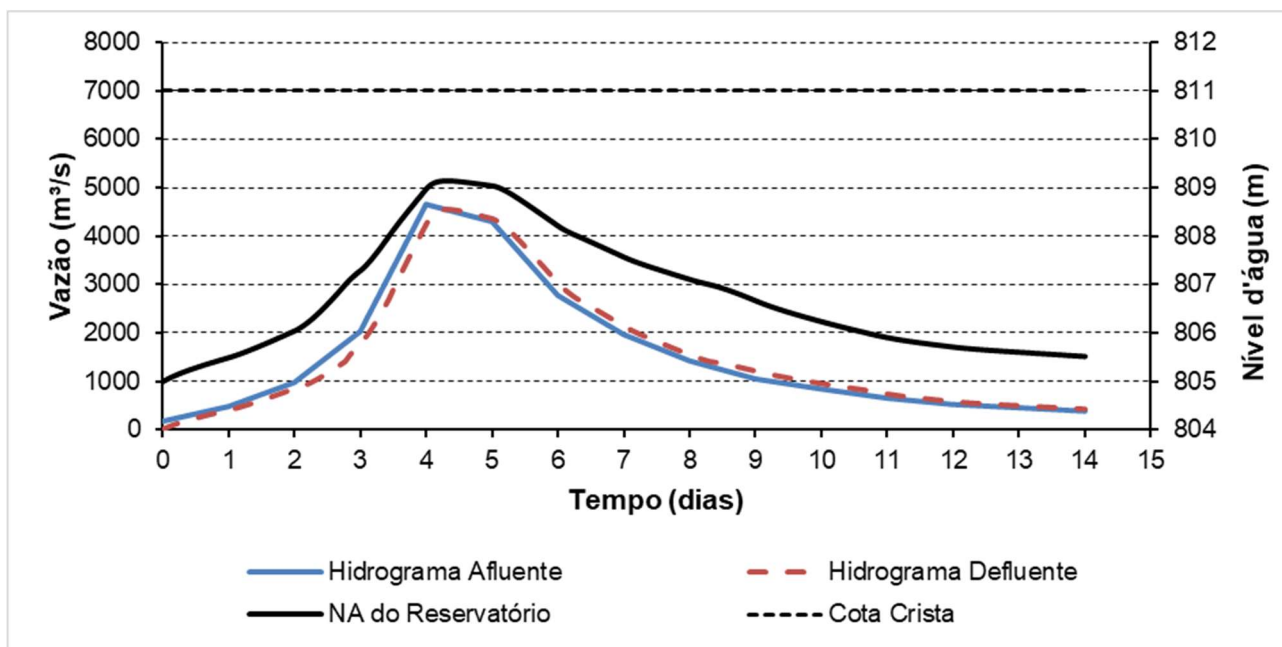
Fonte: Nova Engevix (2022).

Pelos critérios estabelecidos pela Eletrobrás (2003), barragens de concreto como a UHE Santa Clara devem respeitar uma borda livre mínima de 0,5 m. Assim, sabendo que a cota

do coroamento da barragem é de 811,0 m e que o nível máximo alcançado foi de 809,9 m na passagem da CMP, constata-se que a borda livre mínima obtida foi de 1,1 m, valor este superior ao mínimo recomendado. Portanto, a UHE Santa Clara dispõe de capacidades hidráulicas para o escoamento seguro das cheias afluentes, respeitando-se as recomendações vigentes.

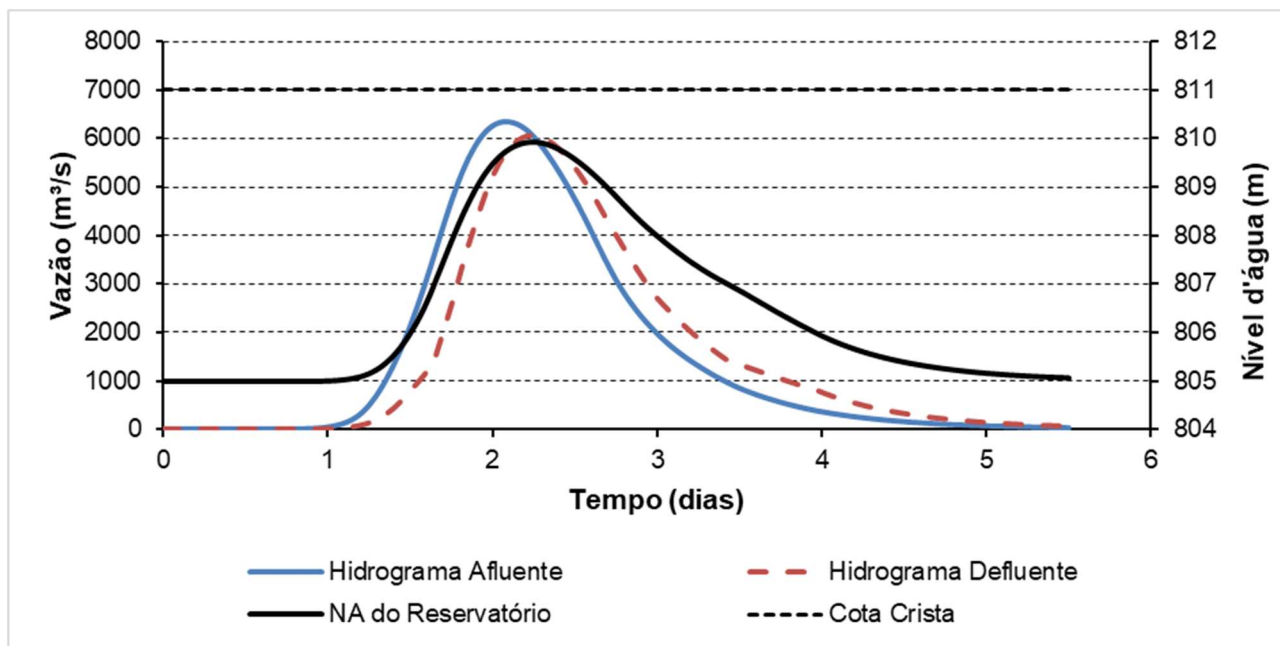
Na Figura 1.6 e na Figura 1.7 são apresentados os hidrogramas afluentes, defluentes e os níveis d'água alcançados na passagem das cheias de projeto com recorrência de 10.000 anos e na passagem da CMP, respectivamente. Os amortecimentos corresponderam a reduções dos picos dos hidrogramas afluentes na ordem de 2,5 e 4,6% para TR 10.000 anos e CMP, respectivamente.

FIGURA 1.6
AMORTECIMENTO DA CHEIA DE TR 10.000 ANOS AFLUENTE À UHE SANTA CLARA



Fonte: Nova Engevix (2022).

FIGURA 1.7
AMORTECIMENTO DA CMP AFLUENTE À UHE SANTA CLARA



Fonte: Nova Engevix (2022).

1.3.4 - Reservatório

O reservatório da UHE Santa Clara opera com deplecionamento de 17,50 m para a regularização de vazões e sobre-elevação de 5,40 m para a passagem de cheias.

A borda livre das estruturas foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Saville et al. (1962). Nesta metodologia a borda livre é determinada em função da altura de onda gerada pelo efeito continuado do vento sobre o reservatório. Como critério de projeto considerou-se como vento extremo o correspondente a uma velocidade de 160 km/h e como vento normal o vento com velocidade de 100 km/h. O vento extremo associa-se ao nível máximo normal do reservatório, enquanto que o vento normal associa-se ao nível máximo maximorum (proveniente da passagem da cheia de projeto pelo vertedouro). Deve-se observar que as adoções destes ventos provêm de recomendações apresentadas na bibliografia corrente. Para a UHE Santa Clara, a altura de onda resultou em 0,72 m para o caso excepcional (vento de 100 km/h) e 1,47 m para o caso normal (vento de 160 km/h). Desse modo, os níveis máximos normais e máximos excepcionais acrescidos das alturas de onda correspondentes resultam nas elevações 806,47 e 811,12, respectivamente, definindo a cota de proteção tanto da barragem quanto da tomada d'água na El. 812,00.

As características gerais do reservatório são apresentadas no Quadro 1.5.

QUADRO 1.5
CARACTERÍSTICAS GERAIS RESERVATÓRIO UHE SANTA CLARA

Parâmetro	Valor
Nível Mínimo Normal Montante (m)	787,50
Nível Máximo Normal Montante (m)	805,00

Parâmetro	Valor
Nível Máximo Maximorum Montante (m)	810,40
Nível Mínimo Jusante (m)	705,60
Nível Máximo Normal Jusante (m)	706,10
Nível Máximo Maximorum Jusante (m)	716,00
Área N.A Máximo Maximorum (km ²)	24,40
Área N.A Máximo Normal (km ²)	20,15
Área N.A Mínimo Normal (km ²)	10,75
Volume N.A Máximo Normal (m ³)	431.220.000
Volume Abaixo da Soleira do Vertedouro (m ³)	431.220.000
Volume Útil (m ³)	261.880.000
Vida Útil do reservatório (anos)	1.326
Profundidade Média (m)	30,00
Profundidade Máxima (m)	65,00
Tempo de Formação do Reservatório (dias)	60
Tempo de residência (dias)	49

1.3.5 - Características Hidrológicas

A principal documentação apresentada, no que tange aos aspectos hidrológicos, é o Projeto Básico, elaborado pela Intertechne em 2002. Esses estudos foram atualizados mais recentemente em 2022, na RPSB, pela Nova Engevix.

Vazões médias mensais e anuais da estação fluviométrica de referência

Para a UHE Santa Clara foram adotadas as vazões naturais médias mensais da estação de Santa Clara, localizada 1400 m a jusante do aproveitamento. A partir da série de vazões médias diárias da estação Santa Clara, determinaram-se as vazões médias mensais e anuais desta estação (Quadro 1.6 e Figura 1.8).

É possível observar que as maiores vazões médias estão concentradas no mês de julho, cuja a média da série histórica é de cerca de 132 m³/s. A vazão média de longo termo (Q_{MLT}), também chamada de média das médias é de aproximadamente 113 m³/s. Este valor é cerca de 12% maior do que a Q_{MLT} apresentada no Projeto Básico (INTERTECHNE, 2002) de 101 m³/s.

QUADRO 1.6
VAZÕES MÉDIAS OBSERVADAS MENSAIS E ANUAIS DA UHE SANTA CLARA

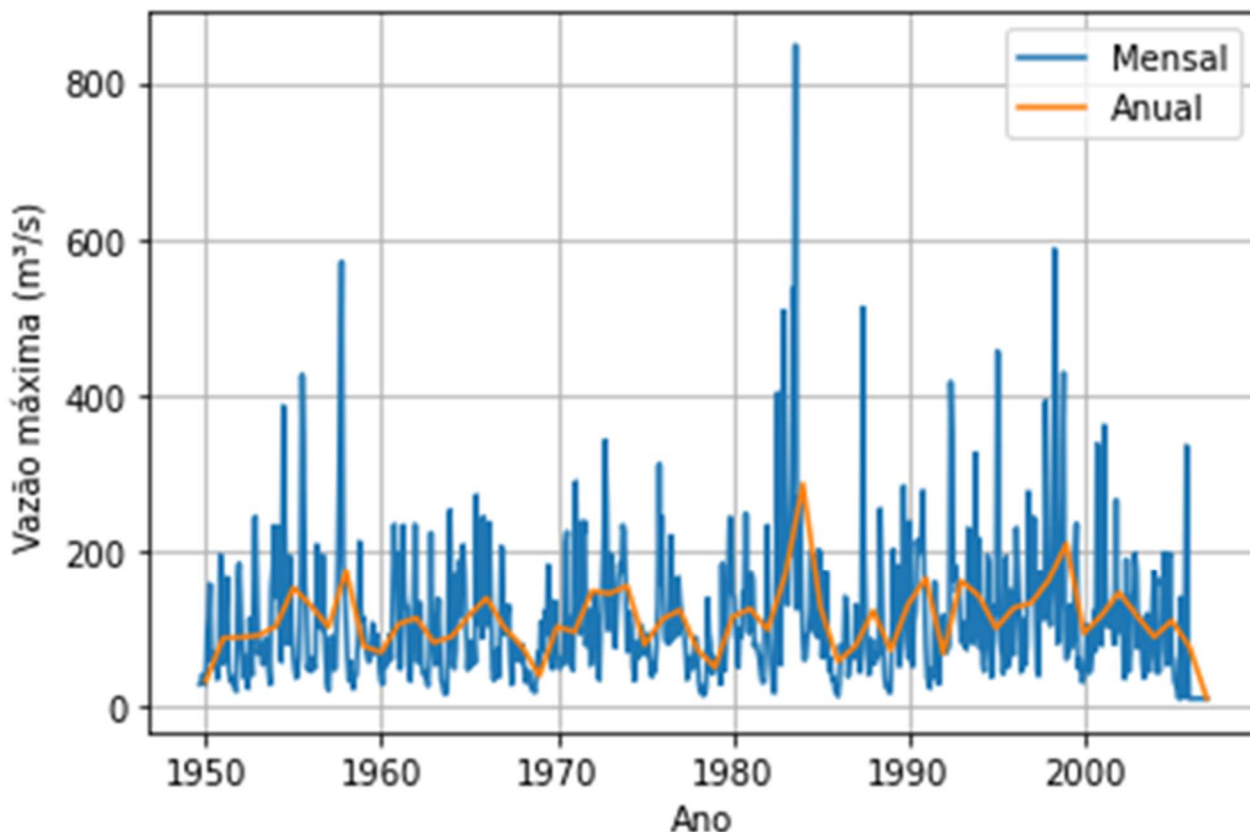
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1950	95,6	112,2	155,7	56,3	66,8	47,9	65,1	33,3	51,5	194,1	104,2	53,3	86,3
1951	95,6	138,5	164,4	45,0	30,4	34,7	36,1	23,9	17,9	159,9	182,9	118,5	87,3
1952	68,0	46,7	34,6	61,9	21,6	111,2	64,2	38,4	165,8	243,3	155,6	65,8	89,8
1953	71,0	75,0	52,2	84,6	85,4	81,5	44,2	26,7	149,7	176,1	231,6	140,2	101,5
1954	230,5	108,8	89,2	55,5	385,6	256,0	142,3	78,2	101,0	191,7	102,0	62,3	150,2
1955	44,7	34,9	41,7	61,2	170,7	425,2	330,8	154,4	119,3	45,3	56,6	43,4	127,3
1956	59,6	61,8	47,2	207,4	190,8	135,6	98,3	193,5	100,7	59,4	31,4	19,4	100,4

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1957	59,4	88,9	52,1	45,8	47,8	129,2	255,3	394,7	570,6	182,4	149,9	98,3	172,9
1958	54,7	32,3	56,4	28,9	21,1	36,7	38,9	79,3	211,2	126,9	108,2	111,6	75,5
1959	88,9	66,3	57,1	55,5	68,9	105,5	66,7	70,5	90,7	72,4	43,5	29,8	68,0
1960	27,0	65,4	49,3	71,7	59,4	90,3	58,6	162,1	233,2	172,8	195,4	71,6	104,7
1961	46,2	51,4	232,1	141,4	126,7	125,9	57,8	31,1	66,2	107,8	233,1	121,8	111,8
1962	54,7	114,5	131,4	50,9	39,5	43,1	34,1	24,8	62,3	222,5	96,9	92,0	80,6
1963	51,8	105,2	136,8	89,4	32,8	26,4	16,0	13,8	19,5	159,5	251,4	156,5	88,3
1964	53,8	46,9	72,0	170,0	112,4	187,5	143,4	207,1	169,7	96,0	45,8	77,8	115,2
1965	48,3	79,7	84,2	54,0	271,1	103,5	240,9	124,2	86,0	242,6	188,9	119,4	136,9
1966	101,8	235,4	139,7	46,6	32,2	43,3	71,2	35,6	71,7	204,8	134,4	91,1	100,6
1967	91,2	117,7	128,3	65,6	26,7	85,8	66,2	59,4	76,9	61,6	56,1	78,2	76,1
1968	60,6	39,5	29,3	45,0	39,9	27,6	19,9	19,2	16,5	46,0	67,1	45,3	38,0
1969	106,9	75,6	68,1	121,0	92,5	181,0	132,7	52,3	46,4	133,6	133,1	67,1	100,9
1970	57,0	46,7	59,9	51,9	69,8	209,5	224,2	53,5	66,2	112,9	45,0	127,1	93,6
1971	288,5	147,7	101,0	92,1	236,5	221,4	236,9	76,4	111,1	123,4	51,1	69,3	146,3
1972	78,1	145,7	106,5	90,2	32,7	106,0	145,6	214,9	340,9	256,5	96,2	107,6	143,4
1973	194,9	175,5	84,1	74,1	122,8	156,7	182,3	170,6	232,3	223,6	152,8	68,7	153,2
1974	108,4	118,9	101,7	49,6	31,9	79,1	79,9	60,1	103,4	65,5	70,2	67,8	78,0
1975	64,5	92,5	72,6	45,6	36,7	52,5	42,7	74,9	130,6	310,6	155,0	242,8	110,1
1976	138,7	85,0	80,5	87,8	79,6	218,5	85,2	157,3	146,7	89,0	164,6	134,3	122,3
1977	116,2	99,6	94,8	72,3	33,0	62,1	48,9	46,3	47,7	78,2	87,0	72,2	71,5
1978	28,1	16,9	24,4	12,6	14,2	22,7	136,9	92,5	80,1	41,0	62,2	52,2	48,7
1979	57,6	48,8	38,7	27,2	182,8	59,1	45,1	96,0	172,0	241,9	241,7	144,4	112,9
1980	136,6	87,7	86,6	48,7	97,6	87,7	144,3	143,9	247,5	152,3	92,4	158,5	123,6
1981	169,7	160,8	75,4	79,1	71,6	63,3	48,0	32,1	28,9	109,4	94,0	232,0	97,0
1982	91,6	53,4	32,9	16,4	17,0	192,6	402,5	118,4	52,0	235,9	507,8	285,3	167,1
1983	209,3	128,2	202,2	195,8	534,6	379,8	848,5	123,0	268,2	260,1	166,0	86,3	283,5
1984	58,1	60,6	87,2	93,3	120,7	200,5	97,3	192,3	124,3	87,3	200,2	191,2	126,1
1985	61,6	90,3	64,1	171,0	68,3	44,0	61,0	32,5	35,8	19,5	22,0	11,6	56,8
1986	29,2	77,5	66,3	68,9	139,2	113,3	36,9	54,5	70,9	64,7	63,6	128,9	76,2
1987	58,9	106,2	42,2	69,0	511,6	199,8	116,4	68,0	39,3	76,9	85,0	80,7	121,2
1988	52,9	66,5	61,6	68,2	253,5	161,2	71,3	33,1	23,2	22,7	16,3	16,9	70,6
1989	114,8	201,1	124,8	84,2	179,8	50,0	78,2	142,8	282,6	162,8	83,3	59,6	130,3
1990	236,8	93,7	49,9	104,8	121,5	212,4	195,2	201,4	228,2	276,3	151,7	76,9	162,4
1991	34,8	29,9	21,7	45,4	34,6	158,5	97,6	55,7	27,5	80,9	93,6	115,8	66,3
1992	82,1	67,2	72,5	76,4	416,2	351,9	161,6	180,2	145,3	150,4	130,5	80,7	159,6
1993	90,3	105,2	76,1	71,5	228,8	123,8	132,0	79,2	148,1	324,7	86,7	215,9	140,2
1994	73,6	122,4	53,5	43,3	91,6	193,5	183,4	76,6	36,2	68,9	127,9	117,4	99,0
1995	455,5	159,9	82,1	65,6	40,2	61,4	192,0	48,9	93,2	147,8	84,4	64,7	124,6
1996	136,2	229,0	178,8	122,8	42,6	58,1	109,7	51,8	78,8	275,5	150,8	142,7	131,4
1997	137,0	242,3	122,2	45,6	37,7	171,2	137,8	138,1	109,8	391,8	269,4	133,0	161,3
1998	101,8	142,8	182,7	586,6	238,3	79,4	112,4	147,7	331,3	428,3	97,9	59,3	209,0
1999	62,9	126,9	72,9	128,5	84,1	188,8	234,3	47,8	59,7	42,2	29,7	37,1	92,9
2000	50,2	103,3	85,5	41,7	54,2	72,6	121,0	69,3	336,8	255,3	119,6	76,3	115,5

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2001	160,4	360,7	161,8	101,0	100,9	120,8	126,7	85,5	78,3	264,9	92,7	99,0	146,1
2002	133,6	119,6	62,6	34,1	188,4	78,3	43,2	68,8	138,3	145,7	196,0	174,8	115,3
2003	73,4	114,5	102,7	53,3	34,8	96,5	117,4	49,8	43,4	62,3	134,6	172,0	87,9
2004	88,8	41,8	41,8	44,5	163,1	151,8	196,8	70,8	51,2	191,4	195,9	63,0	108,4
2005	58,2	30,2	25,6	24,6	8,3	138,5	93,4	8,9	88,4	334,4	-	-	81,0
Mínima	27,0	16,9	21,7	12,6	8,3	22,7	16,0	8,9	16,5	19,5	16,3	11,6	38,0
Média	100,0	103,5	86,1	83,0	118,6	128,8	131,6	92,6	125,4	162,0	127,0	102,4	113,3
Máxima	455,5	360,7	232,1	586,6	534,6	425,2	848,5	394,7	570,6	428,3	507,8	285,3	283,5

Fonte: Nova Engevix (2022).

FIGURA 1.8
SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS NA ESTAÇÃO SANTA CLARA



Fonte: Nova Engevix (2022).

Vazões máximas mensais e anuais

As vazões máximas de um rio podem ser entendidas como valores associados a um risco de serem igualados ou ultrapassados (TUCCI, 2004). Para o estudo das vazões máximas, utilizou-se o método probabilístico que consiste na previsão de cheias futuras associadas a um período de recorrência baseadas nos registros passados (série histórica).

A série de vazões mensais e anuais máximas obtidas a partir da série de vazões média diárias naturais da UHE Santa Clara estão apresentadas no Quadro 1.7 e na Figura 1.9.

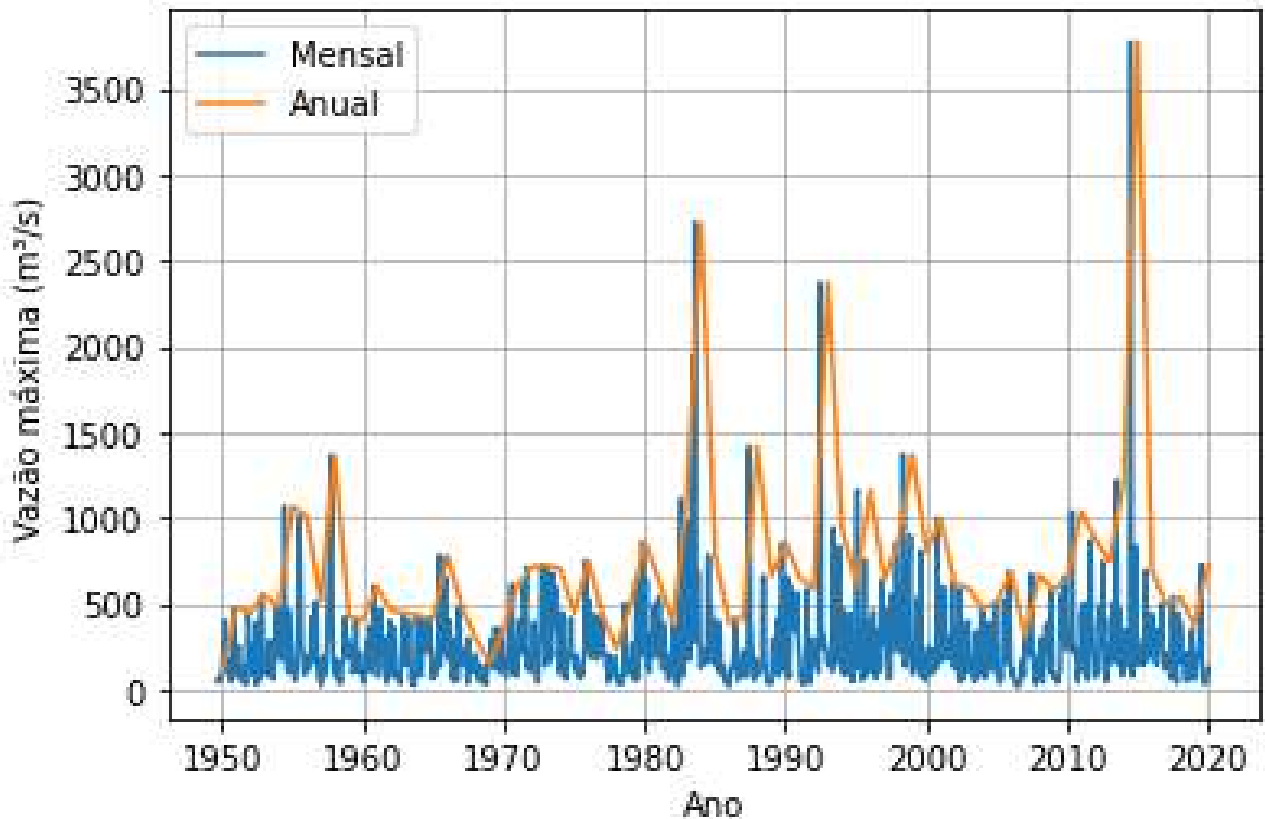
Pela série apresentada, observa-se que o maior valor de vazão da série histórica corresponde ao ano de 2014, tendo-se atingido o valor de 3.771,0 m³/s.

QUADRO 1.7
VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS DA UHE SANTA CLARA

ANO	VAZÃO MÁXIMA (m³/s)	ANO	VAZÃO MÁXIMA (m³/s)
1950	477,00	1985	384,00
1951	447,00	1986	417,00
1952	550,00	1987	1.413,00
1953	481,00	1988	660,00
1954	1.065,00	1989	852,00
1955	1.008,00	1990	653,00
1956	511,00	1991	586,00
1957	1.363,00	1992	2.368,00
1958	426,00	1993	943,00
1959	404,00	1994	611,00
1960	597,00	1995	1.161,00
1961	460,00	1996	633,00
1962	443,00	1997	858,00
1963	430,00	1998	1.370,00
1964	417,00	1999	803,00
1965	780,00	2000	996,00
1966	485,00	2001	617,00
1967	296,00	2002	588,00
1968	150,00	2003	472,00
1969	360,00	2004	509,00
1970	611,00	2005	686,00
1971	711,00	2006	300,00
1972	724,00	2007	668,00
1973	706,00	2008	576,00
1974	447,00	2009	652,00
1975	747,00	2010	1.037,00
1976	438,00	2011	870,00
1977	234,00	2012	742,00
1978	498,00	2013	1.216,00
1979	860,00	2014	3.771,00
1980	641,00	2015	693,44
1981	384,00	2016	496,66
1982	1.110,00	2017	537,91
1983	2.717,00	2018	375,99
1984	780,00	2019	726,42

Fonte: Nova Engevix (2022).

FIGURA 1.9
SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÁXIMA MENSAL E ANUAIS DA UHE SANTA CLARA

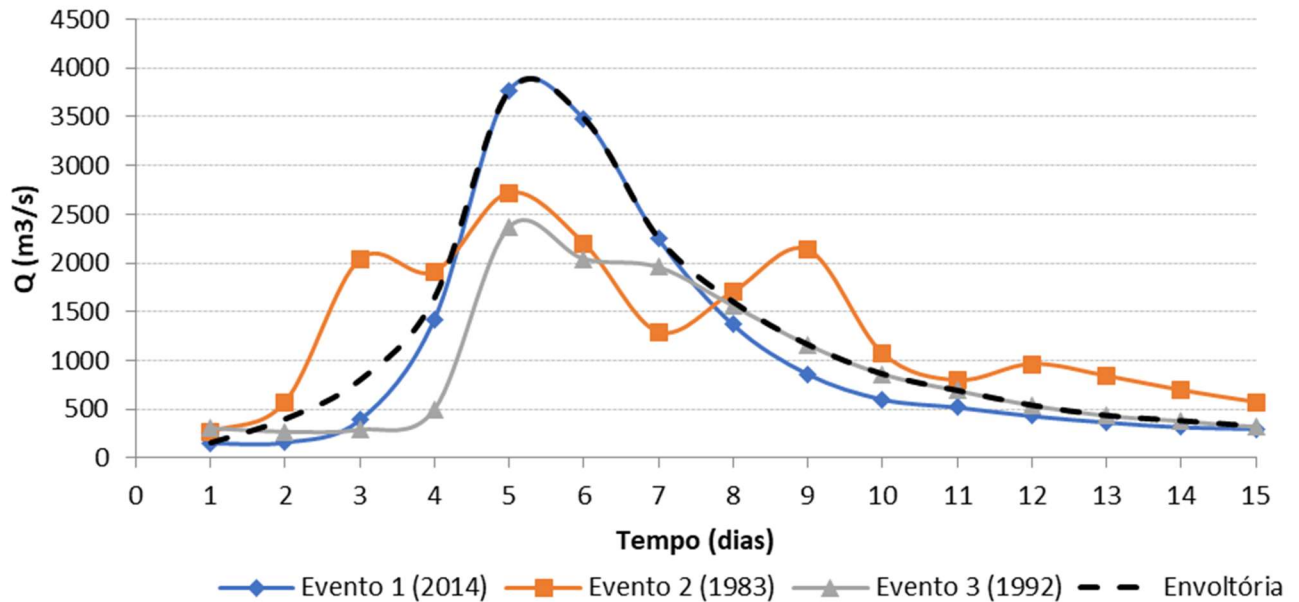


Fonte: Nova Engevix (2022).

Hidrograma de projeto a partir de dados fluviométricos

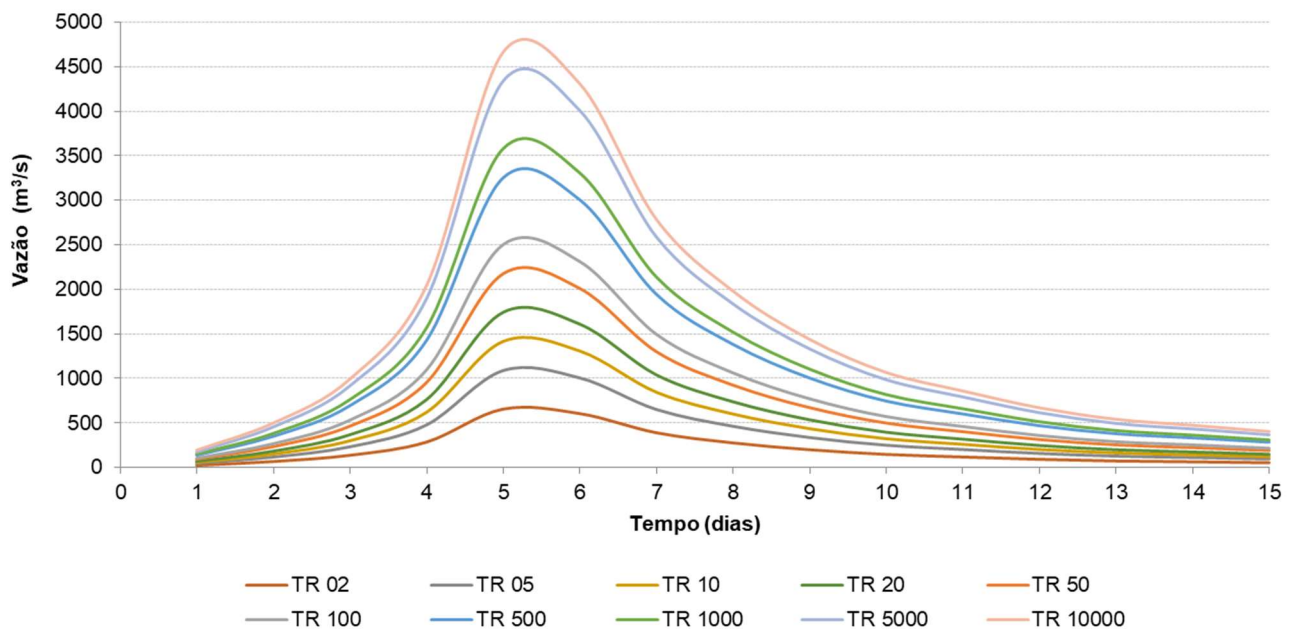
A definição do hidrograma afluente à UHE Santa Clara, com base na vazão, foi realizada na RPSB de 2022 pela Nova Engevix. Na metodologia utilizada, a forma do hidrograma de projeto é definida a partir de hidrogramas críticos observados.

FIGURA 1.10
ENVOLTÓRIA DOS PRINCIPAIS EVENTOS CRITICOS REGISTRADOS NA UHE SANTA CLARA



Fonte: Nova Engevix (2022).

FIGURA 1.11
HIDROGRAMAS DE PROJETO A PARTIR DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS



Fonte: Nova Engevix (2022).

1.3.6 - Características Geológicas e Sísmicas

O rio Jordão tem suas cabeceiras localizadas na Serra da Esperança, próximo da escarpa que separa os basaltos, a oeste das rochas sedimentares da Bacia do Paraná a leste. O rio Jordão tem seu curso inteiramente situado sobre basalto. A geomorfologia da região pode

ser descrita como um extenso planalto, Planalto de Guarapuava com altitudes que atingem mais de 1.100 m nas proximidades da serra e diminuem gradativamente para oeste. Devido à disposição dos derrames basálticos, as encostas dos vales mostram uma topografia em degraus muito característica, com saltos e corredeiras.

A sequência de derrames basálticos, na área em apreço, assemelha-se à encontrada na Usina de Segredo e na Barragem de Derivação do Jordão.

- Um pacote principal - situado aproximadamente entre as elevações 500,00 e 810,00 m formado por basaltos senso estrito, ou seja, derrames de rochas básicas, de espessuras variadas, cada um deles formados por basaltos maciços escuros na base e por basaltos vesículo-amigdalóides e brechas basálticas no terço superior;
- Um derrame espesso de uma rocha classificada como rio-dacito, uma rocha ácida a intermediária, de coloração cinza-claro, que recobre o pacote principal;
- Uma sequência superior de derrames básicos, escuros, situados acima do derrame de rio-dacito, caracterizada, em sua porção inicial, por um horizonte de rocha preta, afanítica, com uma fraturação micro-colunar muito típica.

Pode-se notar que a camada de rio-dacito forma a superfície do altiplano, onde se caracteriza por uma cobertura de vegetação de campo, com afloramentos frequentes de rocha. Já os basaltos ocorrem nos vales dos rios principais, abaixo do rio-dacito, e tendem a apresentar uma cobertura vegetal de mata cerrada. O horizonte de basalto micro-colunar, situado acima do rio-dacito, também aflora em muitas áreas do altiplano, mas não ocorre na área dos aproveitamentos.

Em termos de geologia estrutural, as feições principais dessas rochas relacionam-se com a disposição em cama as dos derrames, tanto de basaltos como de rio-dacito, e com as formas de fraturação relacionadas com a evolução tectônica e morfológica da região. As feições mais comuns são:

- As estruturas primárias dos derrames;
- As fraturas de descompressão;
- As fraturas de natureza tectônica.

Na área da UHE Santa Clara, o derrame de rio-dacito ocorre por volta da EL 810,00 m tanto no circuito de geração como no local da barragem, ou seja, a estratigrafia de derrames é quase a mesma em ambos os locais. Também os derrames subjacentes de basalto ocorrem aproximadamente na mesma cota em toda a área.

O derrame do rio-dacito, em Santa Clara, não ocorre nas fundações das estruturas principais, mas ele afeta os trechos finais da barragem, em ambas as ombreiras, e a porção superior dos cortes para a câmara de carga. O rio-dacito é uma rocha de características peculiares. Sua densidade é muito baixa, da ordem de 2,55 t/m³ ou pouco mais. Quando são, ele é uma rocha resistente e pouco a moderadamente fraturada. Na proximidade das encostas, entretanto, ele se mostra quase sempre profundamente alterado, como pode ser visto no corte "A", que passa pelo final do circuito de geração, assim como no corte "C", que passa pela tomada do túnel de adução.

Abaixo do rio-dacito ocorrem os derrames A, B e C, os quais às vezes apresentam sub-derrames no topo. A cobertura de solos e rocha decomposta, nas áreas de ocorrência

dos derrames A, B, e C, apresenta espessuras em geral moderadas a pequenas, salvo trechos localizados, controlados por contatos entre derrames, onde elas podem atingir 10 metros ou pouco mais. No alto das ombreiras, o derrame de rio-dacito, perto das encostas, mostra-se profundamente alterado, resultando em coberturas muito espessas de solos residuais e saprolitos.

As características de permeabilidade observadas nas sondagens mostraram-se similares às encontradas nas áreas de Segredo e Derivação do Jordão, assim como em Fundão - trechos espessos praticamente impermeáveis ou pouco permeáveis, intercalados por horizontes delgados de permeabilidades mais elevadas. No seu conjunto, o maciço rochoso local é pouco permeável, inclusive ao longo dos contatos de derrame, os quais em geral foram encontrados nas sondagens bem ressoldados e estanques, com exceção do contato com o rio-dacito.

1.3.7 - Instrumentação Civil de Auscultação

Introdução

A localização da instrumentação é apresentada nos desenhos:

- 0123-SC-DE-412-41-001 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação Planta e Perfil;
- 0123-SC-DE-412-41-002 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação cortes;
- 0123-SC-DE-412-41-003 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação cortes;
- 0123-SC-DE-412-41-004 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação – Galeria de drenagem – Medidores de Vazão Plantas, cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-41-005 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação – Extensômetros e galerias detalhes e plantas;
- 0123-SC-DE-412-41-006 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação – Piezômetros, termômetros e galeria corte e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-41-007 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação – marcos fixos - forma e armadura planta, cortes e detalhe;
- 0123-SC-DE-412-41-008 – Barragem CCR – Soleira Vertente Instrumentação – medidor triortogonal corte e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-80-010 – Barragem CCR – Soleira Vertente galeria de drenagem drenagens;
- 0123-SC-DE-412-80-011 – Barragem CCR – Soleira Vertente galeria de drenagem drenagens;
- 0123-SC-DE-412-80-012 – Barragem CCR – Soleira Vertente galeria de drenagem drenagens;
- 0123-SC-DE-412-31-001 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação planta;
- 0123-SC-DE-412-31-002 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-003 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – medidor de vazão MV-01 planta e cortes;

- 0123-SC-DE-412-31-004 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – medidor de vazão MV-01 planta e cortes;
- 0123-SC-DE-412-31-005 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – medidor de vazão MV-01 forma e armadura – planta, cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-006 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – células de recalque cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-007 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – painéis de leitura para células de recalque – cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-008 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – cabines de leituras – cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-009 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – cabines de leitura acesso à cabine CL-1 – cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-010 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – Piezômetros e medidores do N.A – planta, cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-011 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – marcos superficiais – planta, cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-012 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – marcos fixos – formas e armadura – planta, cortes e detalhes;
- 0123-SC-DE-412-31-013 – Câmara de carga – Dique de fechamento instrumentação – pinos e medidores triortogonais – formas e armadura – plantas, cortes e detalhes;

A instrumentação instalada na barragem de UHE Santa Clara visa o acompanhamento do comportamento das estruturas civis e suas fundações – Barragem CCR, Conduto Forçado, Dique de Fechamento e Câmara de Carga – possibilitando detectar qualquer anomalia estrutural a tempo de executar medidas preventivas e corretivas.

No Quadro 1.8 e Quadro 1.9 são apresentados os resumos dos instrumentos instalados na Barragem CCR e Câmara de Carga/Dique de fechamento, respectivamente.

QUADRO 1.8
INSTRUMENTAÇÃO BARRAGEM CCR E CONDUTO FORÇADO

Instrumento	Sigla	Quantidade
Marcos Fixos	MF	3
Medidores de Vazão	MV	4 ⁽³⁾
Marcos Superficiais	MS	8 ⁽²⁾
Medidores de Deformação Triortogonal	MD	25
Piezômetros (Stand Pipe) – Barragem CCR	PSP	36
Extensômetros Múltiplos	EM	16
Termômetros Elétricos	TE	18
Drenos Galeria		145 ⁽¹⁾
Piezômetro (Stand Pipe) – Conduto Forçado	PSP	6

NOTAS:

(1) Entre os 145 drenos, 25 apresentam problemas, descritos no item 4.7.2 d, e não devem ser considerados nas análises.

(2) Não constam leituras dos marcos superficiais.

(3) Não constam leituras do MV-01B.

QUADRO 1.9
INSTRUMENTAÇÃO CÂMARA DE CARGA / DIQUE DE FECHAMENTO

Instrumento	Sigla	Quantidade
Medidor de Nível d'Água	MNA	6
Piezômetros (Stand Pipe)	PSP	10
Medidor de Vazão	MV	1
Marcos Fixos	MF	5
Marcos Superficiais	MS	12
Medidores de Deformação Triortogonal	MD	8
Célula de Recalque	CR	8
Cabine de Leitura	CL	3
Pinos de Deformação	PD	28

Análise das leituras dos instrumentos da Barragem CCR

a) Marcos Fixos

São instrumentos utilizados para verificações topográficas adicionais se necessário e como referência para locação e acompanhamento e locação de todas as estruturas da Usina.

b) Medidores de Vazão

São instrumentos utilizados para monitoramento das vazões que infiltram pelo barramento e suas fundações.

A vazão dos medidores de vazão deve, em condições normais, ter relação direta com os níveis do reservatório e deve ser mantida mais ou menos constante ao longo do tempo para níveis d'água estáveis. Mudanças bruscas ou significativas de vazão devem ser investigadas.

A diminuição das vazões de infiltração deve ser acompanhada e, se for significativa pode ser decorrência do entupimento dos drenos. Nesse caso, esses devem ser lavados e verificados para observar se as vazões retornam aos níveis anteriores.

Aumentos bruscos, por outro lado, podem significar a abertura de caminhos preferenciais de percolação e "piping".

Os medidores de vazão apresentam comportamento comum entre os instrumentos, registrando leituras constantes nos últimos anos, notando-se redução significativa de vazões nos primeiros anos pós enchimento. Considera-se que o comportamento é normal, sobretudo, por não se observar tendência de redução, ou seja, após a queda inicial, os valores de vazão em os todos os medidores estão próximos a 0,5 l/s.

Para melhor investigar se a redução das leituras está associada à colmatação do sistema de drenagem, recomenda-se a verificação das profundidades dos drenos e, no caso de se confirmar a diminuição das vazões por entupimento/obstrução, efetuar a lavagem ou a reperfuração dos drenos. É recomendável que a limpeza nos drenos seja realizada de 10 em 10 anos.

O Quadro 1.10 apresenta a evolução das vazões a partir do ano de 2016.

QUADRO 1.10
VAZÕES BARRAGEM

Data	MV-01			MV-01-A			MV-02			MV-02-A		
	Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão	
	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)
11/01/2016	4,90	12,49	0,21	4,60	10,68	0,18	3,50	5,42	0,09	2,80	3,12	0,05
26/01/2016	5,20	14,48	0,24	5,00	13,13	0,22	3,50	5,42	0,09	2,90	3,40	0,06
18/02/2016	3,80	6,65	0,11	3,40	5,04	0,08	3,00	3,70	0,06	2,50	2,35	0,04
26/02/2016	3,90	7,09	0,12	3,30	4,68	0,08	3,00	3,70	0,06	2,30	1,91	0,03
11/03/2016	4,20	8,52	0,14	3,40	5,04	0,08	3,10	4,01	0,07	2,60	2,59	0,04
21/03/2016	3,80	6,65	0,11	3,50	5,42	0,09	3,40	5,04	0,08	2,50	2,35	0,04
01/04/2016	4,00	7,55	0,13	3,50	5,42	0,09	3,10	4,01	0,07	2,40	2,13	0,04
06/04/2016	3,80	6,65	0,11	3,60	5,81	0,10	3,50	5,42	0,09	2,50	2,35	0,04
18/04/2016	3,60	5,81	0,10	3,40	5,04	0,08	2,90	3,40	0,06	2,50	2,35	0,04
02/05/2016	3,50	5,42	0,09	2,80	3,12	0,05	2,90	3,40	0,06	2,30	1,91	0,03
10/05/2016	3,70	6,22	0,10	3,40	5,04	0,08	2,10	1,53	0,03	2,00	1,35	0,02
13/06/2016	4,30	9,03	0,15	4,00	7,55	0,13	4,30	9,03	0,15	4,00	7,55	0,13
08/07/2016	3,40	5,04	0,08	4,00	7,55	0,13	3,60	5,81	0,10	5,50	16,64	0,28
20/07/2016	3,90	7,09	0,12	5,00	13,13	0,22	4,70	11,26	0,19	5,50	16,64	0,28
09/08/2016	3,60	5,81	0,10	3,30	4,68	0,08	3,50	5,42	0,09	3,00	3,70	0,06
18/08/2016	2,80	3,12	0,05	2,60	2,59	0,04	3,10	4,01	0,07	2,60	2,59	0,04
02/09/2016	4,30	9,03	0,15	3,80	6,65	0,11	5,50	16,64	0,28	5,30	15,18	0,25
08/09/2016	4,50	10,11	0,17	4,20	8,52	0,14	5,50	16,64	0,28	5,30	15,18	0,25
29/09/2016	3,50	5,42	0,09	3,00	3,70	0,06	3,70	6,22	0,10	3,50	5,42	0,09
11/10/2016	2,80	3,12	0,05	2,30	1,91	0,03	3,20	4,34	0,07	2,90	3,40	0,06
01/11/2016	3,00	3,70	0,06	2,40	2,13	0,04	2,80	3,12	0,05	2,40	2,13	0,04
17/11/2016	2,80	3,12	0,05	2,40	2,13	0,04	2,60	2,59	0,04	1,80	1,04	0,02
02/12/2016	2,80	3,12	0,05	2,20	1,71	0,03	2,00	1,35	0,02	1,50	0,66	0,01
09/12/2016	2,60	2,59	0,04	2,40	2,13	0,04	2,40	2,13	0,04	1,50	0,66	0,01
27/12/2016	2,80	3,12	0,05	2,50	2,35	0,04	2,50	2,35	0,04	1,60	0,78	0,01
23/01/2017	2,50	2,35	0,04	0,90	0,19	0,00	2,20	1,71	0,03	1,30	0,46	0,01
31/01/2017	2,20	1,71	0,03	2,00	1,35	0,02	2,00	1,35	0,02	1,50	0,66	0,01
20/02/2017	3,10	4,01	0,07	2,80	3,12	0,05	2,40	2,13	0,04	1,80	1,04	0,02
06/03/2017	3,10	4,01	0,07	2,80	3,12	0,05	2,40	2,13	0,04	1,80	1,04	0,02
10/03/2017	3,00	3,70	0,06	2,50	2,35	0,04	2,50	2,35	0,04	1,80	1,04	0,02
21/03/2017	3,10	4,01	0,07	2,60	2,59	0,04	2,40	2,13	0,04	1,90	1,19	0,02
05/04/2017	2,70	2,85	0,05	2,10	1,53	0,03	2,00	1,35	0,02	1,70	0,90	0,02
19/04/2017	2,70	2,85	0,05	2,30	1,91	0,03	2,60	2,59	0,04	1,80	1,04	0,02
28/04/2017	3,00	3,70	0,06	2,30	1,91	0,03	2,40	2,13	0,04	1,70	0,90	0,02
10/05/2017	2,70	2,85	0,05	2,30	1,91	0,03	2,50	2,35	0,04	1,60	0,78	0,01

Data	MV-01			MV-01-A			MV-02			MV-02-A		
	Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão	
	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)
26/05/2017	3,80	6,65	0,11	3,10	4,01	0,07	3,00	3,70	0,06	2,60	2,59	0,04
22/06/2017	6,50	25,18	0,42	5,30	15,18	0,25	4,50	10,11	0,17	4,20	8,52	0,14
30/06/2017	4,10	8,03	0,13	3,30	4,68	0,08	4,20	8,52	0,14	4,00	7,55	0,13
07/07/2017	2,80	3,12	0,05	2,40	2,13	0,04	2,60	2,59	0,04	1,80	1,04	0,02
03/08/2017	2,80	3,12	0,05	2,50	2,35	0,04	2,60	2,59	0,04	2,00	1,35	0,02
14/08/2017	2,50	2,35	0,04	2,30	1,91	0,03	2,70	2,85	0,05	2,00	1,35	0,02
29/08/2017	2,90	3,40	0,06	2,40	2,13	0,04	2,50	2,35	0,04	2,20	1,71	0,03
01/09/2017	2,80	3,12	0,05	2,40	2,13	0,04	2,50	2,35	0,04	1,90	1,19	0,02
20/09/2017	2,50	2,35	0,04	2,10	1,53	0,03	2,30	1,91	0,03	1,60	0,78	0,01
05/10/2017	2,50	2,35	0,04	2,10	1,53	0,03	2,30	1,91	0,03	1,60	0,78	0,01
07/11/2017	3,90	7,09	0,12	3,40	5,04	0,08	3,70	6,22	0,10	3,30	4,68	0,08
14/11/2017	5,00	13,13	0,22	4,50	10,11	0,17	5,00	13,13	0,22	4,00	7,55	0,13
27/11/2017	4,50	10,11	0,17	4,20	8,52	0,14	3,70	6,22	0,10	3,50	5,42	0,09
14/12/2017	3,80	6,65	0,11	3,40	5,04	0,08	3,30	4,68	0,08	2,60	2,59	0,04
27/12/2017	4,00	7,55	0,13	3,70	6,22	0,10	2,90	3,40	0,06	2,60	2,59	0,04
09/01/2018	4,00	7,55	0,13	3,80	6,65	0,11	3,00	3,70	0,06	2,60	2,59	0,04
23/01/2018	4,10	8,03	0,13	3,90	7,09	0,12	3,30	4,68	0,08	2,80	3,12	0,05
06/02/2018	4,00	7,55	0,13	3,50	5,42	0,09	3,40	5,04	0,08	2,80	3,12	0,05
21/02/2018	3,20	4,34	0,07	2,90	3,40	0,06	3,10	4,01	0,07	2,50	2,35	0,04
06/03/2018	3,00	3,70	0,06	2,50	2,35	0,04	2,10	1,53	0,03	1,90	1,19	0,02
21/03/2018	2,50	2,35	0,04	2,00	1,35	0,02	3,40	5,04	0,08	1,50	0,66	0,01
04/04/2018	3,00	3,70	0,06	2,50	2,35	0,04	2,20	1,71	0,03	2,00	1,35	0,02
08/05/2018	3,80	6,65	0,11	2,20	1,71	0,03	2,00	1,35	0,02	1,80	1,04	0,02
15/05/2018	2,80	3,12	0,05	2,00	1,35	0,02	2,00	1,35	0,02	1,50	0,66	0,01
28/05/2018	2,00	1,35	0,02	2,20	1,71	0,03	2,00	1,35	0,02	1,60	0,78	0,01
06/06/2018	2,70	2,85	0,05	2,20	1,71	0,03	1,60	0,78	0,01	1,40	0,56	0,01
18/06/2018	3,20	4,34	0,07	2,80	3,12	0,05	2,00	1,35	0,02	1,90	1,19	0,02
26/06/2018	3,00	3,70	0,06	2,40	2,13	0,04	2,10	1,53	0,03	2,00	1,35	0,02
06/07/2018	3,50	5,42	0,09	3,00	3,70	0,06	3,20	4,34	0,07	3,10	4,01	0,07
01/08/2018	2,90	3,40	0,06	3,60	5,81	0,10	3,00	3,70	0,06	2,70	2,85	0,05
07/08/2018	2,70	2,85	0,05	3,40	5,04	0,08	3,10	4,01	0,07	2,60	2,59	0,04
30/08/2018	2,20	1,71	0,03	3,00	3,70	0,06	2,70	2,85	0,05	2,10	1,53	0,03
13/09/2018	2,50	2,35	0,04	3,10	4,01	0,07	2,80	3,12	0,05	2,30	1,91	0,03
19/09/2018	2,40	2,13	0,04	3,00	3,70	0,06	2,70	2,85	0,05	2,30	1,91	0,03
01/10/2018	2,40	2,13	0,04	2,90	3,40	0,06	2,30	1,91	0,03	2,20	1,71	0,03
25/10/2018	2,80	3,12	0,05	3,40	5,04	0,08	3,10	4,01	0,07	2,70	2,85	0,05
05/11/2018	2,80	3,12	0,05	3,50	5,42	0,09	2,90	3,40	0,06	2,40	2,13	0,04
19/11/2018	2,70	2,85	0,05	3,20	4,34	0,07	2,40	2,13	0,04	1,80	1,04	0,02
03/12/2018	2,00	1,35	0,02	2,50	2,35	0,04	2,30	1,91	0,03	1,60	0,78	0,01

Data	MV-01			MV-01-A			MV-02			MV-02-A		
	Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão	
	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)
12/12/2018	2,00	1,35	0,02	2,60	2,59	0,04	2,10	1,53	0,03	1,60	0,78	0,01
18/12/2018	2,20	1,71	0,03	2,50	2,35	0,04	1,90	1,19	0,02	1,50	0,66	0,01
04/01/2019	2,70	2,85	0,05	2,10	1,53	0,03	2,00	1,35	0,02	1,40	0,56	0,01
09/01/2019	2,50	2,35	0,04	2,20	1,71	0,03	1,90	1,19	0,02	1,50	0,66	0,01
18/01/2019	3,00	3,70	0,06	2,40	2,13	0,04	2,30	1,91	0,03	2,00	1,35	0,02
08/02/2019	2,80	3,12	0,05	2,20	1,71	0,03	2,20	1,71	0,03	1,90	1,19	0,02
18/02/2019	3,20	4,34	0,07	2,50	2,35	0,04	2,00	1,35	0,02	1,70	0,90	0,02
11/03/2019	3,50	5,42	0,09	2,90	3,40	0,06	2,30	1,91	0,03	2,00	1,35	0,02
27/03/2019	3,50	5,42	0,09	2,90	3,40	0,06	2,60	2,59	0,04	2,00	1,35	0,02
02/04/2019	3,60	5,81	0,10	2,60	2,59	0,04	2,30	1,91	0,03	1,80	1,04	0,02
03/05/2019	3,00	3,70	0,06	2,50	2,35	0,04	2,50	2,35	0,04	1,50	0,66	0,01
15/05/2019	3,30	4,68	0,08	2,50	2,35	0,04	2,00	1,35	0,02	1,90	1,19	0,02
05/06/2019	5,80	18,98	0,32	5,50	16,64	0,28	3,20	4,34	0,07	2,90	3,40	0,06
18/06/2019	4,30	9,03	0,15	3,50	5,42	0,09	3,90	7,09	0,12	3,70	6,22	0,10
01/07/2019	3,80	6,65	0,11	3,40	5,04	0,08	3,10	4,01	0,07	3,00	3,70	0,06
21/08/2019	2,20	1,71	0,03	1,80	1,04	0,02	2,10	1,53	0,03	1,40	0,56	0,01
02/09/2019	2,50	2,35	0,04	1,90	1,19	0,02	1,80	1,04	0,02	1,30	0,46	0,01
02/10/2019	2,50	2,35	0,04	2,10	1,53	0,03	2,00	1,35	0,02	1,50	0,66	0,01
14/10/2019	2,20	1,71	0,03	1,70	0,90	0,02	1,90	1,19	0,02	1,10	0,31	0,01
11/11/2019	2,40	2,13	0,04	2,00	1,35	0,02	1,90	1,19	0,02	1,40	0,56	0,01
20/11/2019	2,40	2,13	0,04	2,00	1,35	0,02	1,90	1,19	0,02	1,20	0,38	0,01
26/12/2019	2,80	3,12	0,05	2,20	1,71	0,03	1,90	1,19	0,02	1,40	0,56	0,01
13/01/2020	2,70	2,85	0,05	2,40	2,13	0,04	2,10	1,53	0,03	1,50	0,66	0,01
20/01/2020	2,50	2,35	0,04	2,10	1,53	0,03	1,90	1,19	0,02	1,30	0,46	0,01
04/02/2020	2,00	1,35	0,02	1,60	0,78	0,01	1,00	0,24	0,00	9,00	56,47	0,94
11/02/2020	2,00	1,35	0,02	1,40	0,56	0,01	1,00	0,24	0,00	9,00	56,47	0,94
28/02/2020	1,80	1,04	0,02	1,30	0,46	0,01	1,00	0,24	0,00	9,00	56,47	0,94
23/03/2020	2,20	1,71	0,03	1,50	0,66	0,01	1,80	1,04	0,02	1,40	0,56	0,01
18/06/2020	3,30	4,68	0,08	2,90	3,40	0,06	3,00	3,70	0,06	2,90	3,40	0,06
07/08/2020	3,90	7,09	0,12	3,20	4,34	0,07	3,40	5,04	0,08	3,00	3,70	0,06
26/08/2020	6,00	20,65	0,34	5,70	18,18	0,30	5,00	13,13	0,22	4,90	12,49	0,21
14/09/2020	3,60	5,81	0,10	3,00	3,70	0,06	4,00	7,55	0,13	3,80	6,65	0,11
09/10/2020	2,90	3,40	0,06	1,50	0,66	0,01	2,40	2,13	0,04	2,20	1,71	0,03
05/11/2020	2,60	2,59	0,04	2,10	1,53	0,03	2,00	1,35	0,02	0,90	0,19	0,00
01/12/2020	2,50	2,35	0,04	1,50	0,66	0,01	2,00	1,35	0,02	1,00	0,24	0,00
26/01/2021	4,50	10,11	0,17	3,30	4,68	0,08	2,50	2,35	0,04	1,80	1,04	0,02
22/02/2021	4,50	10,11	0,17	3,20	4,34	0,07	2,70	2,85	0,05	1,30	0,46	0,01
23/03/2021	4,00	7,55	0,13	3,40	5,04	0,08	3,40	5,04	0,08	1,00	0,24	0,00
20/04/2021	4,10	8,03	0,13	2,90	3,40	0,06	2,80	3,12	0,05	1,00	0,24	0,00

Data	MV-01			MV-01-A			MV-02			MV-02-A		
	Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão	
	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)
01/06/2021	3,70	6,22	0,10	3,20	4,34	0,07	2,60	2,59	0,04	0,80	0,14	0,00
06/07/2021	4,00	7,55	0,13	2,50	2,35	0,04	2,20	1,71	0,03	0,90	0,19	0,00
28/07/2021	3,80	6,65	0,11	2,40	2,13	0,04	2,70	2,85	0,05	0,90	0,19	0,00
09/08/2021	3,80	6,65	0,11	2,20	1,71	0,03	2,70	2,85	0,05	0,80	0,14	0,00
10/09/2021	3,80	6,65	0,11	2,20	1,71	0,03	2,50	2,35	0,04	0,50	0,04	0,00
08/10/2021	4,50	10,11	0,17	2,80	3,12	0,05	3,30	4,68	0,08	1,60	0,78	0,01
03/11/2021	5,10	13,79	0,23	3,70	6,22	0,10	3,40	5,04	0,08	1,70	0,90	0,02
17/11/2021	5,00	13,13	0,22	3,50	5,42	0,09	3,20	4,34	0,07	1,30	0,46	0,01
09/12/2021	4,90	12,49	0,21	3,30	4,68	0,08	3,00	3,70	0,06	1,10	0,31	0,01
20/01/2022	4,70	11,26	0,19	2,80	3,12	0,05	3,00	3,70	0,06	1,00	0,24	0,00
14/12/2022	4,00	7,55	0,13	4,50	10,11	0,17	3,50	5,42	0,09	3,50	5,42	0,09
16/01/2023	4,00	7,55	0,13	4,50	10,11	0,17	3,50	5,42	0,09	3,50	5,42	0,09
02/02/2023	4,00	7,55	0,13	4,50	10,11	0,17	3,50	5,42	0,09	3,50	5,42	0,09
24/02/2023	4,30	9,03	0,15	3,70	6,22	0,10	2,90	3,40	0,06	2,70	2,85	0,05
10/03/2023	4,00	7,55	0,13	3,70	6,22	0,10	2,70	2,85	0,05	2,60	2,59	0,04
21/03/2023	4,00	7,55	0,13	3,50	5,42	0,09	2,70	2,85	0,05	2,50	2,35	0,04
04/04/2023	4,00	7,55	0,13	3,50	5,42	0,09	2,50	2,35	0,04	2,30	1,91	0,03
19/04/2023	4,30	9,03	0,15	3,60	5,81	0,10	2,70	2,85	0,05	2,40	2,13	0,04
04/05/2023	4,20	8,52	0,14	3,60	5,81	0,10	2,80	3,12	0,05	2,40	2,13	0,04
17/05/2023	4,20	8,52	0,14	3,60	5,81	0,10	2,80	3,12	0,05	2,30	1,91	0,03
02/06/2023	4,20	8,52	0,14	3,50	5,42	0,09	2,60	2,59	0,04	2,00	1,35	0,02
20/06/2023	4,30	9,03	0,15	3,90	7,09	0,12	2,80	3,12	0,05	2,70	2,85	0,05
04/07/2023	3,90	7,09	0,12	3,50	5,42	0,09	2,80	3,12	0,05	2,70	2,85	0,05
18/07/2023	6,30	23,30	0,39	6,00	20,65	0,34	3,10	4,01	0,07	3,20	4,34	0,07
02/08/2023	4,00	7,55	0,13	3,70	6,22	0,10	3,10	4,01	0,07	3,20	4,34	0,07
15/08/2023	3,90	7,09	0,12	3,80	6,65	0,11	3,10	4,01	0,07	3,10	4,01	0,07
04/09/2023	3,60	5,81	0,10	3,40	5,04	0,08	2,30	1,91	0,03	2,30	1,91	0,03
18/09/2023	3,90	7,09	0,12	3,70	6,22	0,10	3,10	4,01	0,07	3,00	3,70	0,06
05/10/2023	3,90	7,09	0,12	3,40	5,04	0,08	2,80	3,12	0,05	2,50	2,35	0,04
19/10/2023	5,70	18,18	0,30	5,70	18,18	0,30	3,00	3,70	0,06	2,90	3,40	0,06
01/11/2023	6,80	28,17	0,47	6,50	25,18	0,42	3,20	4,34	0,07	3,10	4,01	0,07
20/11/2023	4,80	11,87	0,20	4,60	10,68	0,18	2,70	2,85	0,05	2,60	2,59	0,04
06/12/2023	4,20	8,52	0,14	4,10	8,03	0,13	2,60	2,59	0,04	2,30	1,91	0,03
14/12/2023	4,10	8,03	0,13	3,90	7,09	0,12	2,60	2,59	0,04	2,30	1,91	0,03
03/01/2024	3,50	5,42	0,09	3,50	5,42	0,09	2,40	2,13	0,04	2,00	1,35	0,02
18/01/2024	3,00	3,70	0,06	2,70	2,85	0,05	2,10	1,53	0,03	1,70	0,90	0,02
01/02/2024	3,20	4,34	0,07	2,80	3,12	0,05	2,10	1,53	0,03	1,70	0,90	0,02
17/02/2024	3,20	4,34	0,07	2,60	2,59	0,04	2,10	1,53	0,03	1,60	0,78	0,01
06/03/2024	3,20	4,34	0,07	2,60	2,59	0,04	2,10	1,53	0,03	1,60	0,78	0,01

Data	MV-01			MV-01-A			MV-02			MV-02-A		
	Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão		Leitura	Vazão	
	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)	(cm)	(l/min)	(l/s)
21/03/2024	3,40	5,04	0,08	2,70	2,85	0,05	2,20	1,71	0,03	1,70	0,90	0,02
02/04/2024	3,40	5,04	0,08	2,70	2,85	0,05	2,20	1,71	0,03	1,70	0,90	0,02
MÍN	2,10	1,53	0,03	0,90	0,19	0,00	1,10	0,31	0,01	0,17	0,00	0,00
MÉD	10,47	133,52	2,23	8,89	119,67	1,99	9,47	95,79	1,60	8,63	88,58	1,48
MÁX	22,04	521,25	8,69	28,40	977,86	16,30	17,70	302,49	5,04	22,30	536,65	8,94

c) Marcos Superficiais

Não constam tabelas e gráficos com o histórico das leituras dos marcos superficiais.

d) Medidores de Deformação Triortogonal

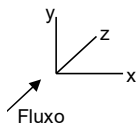
Foram instalados 25 (vinte e cinco) medidores de deformação triortogonal na Barragem, conforme Quadro 1.11.

QUADRO 1.11
MEDIDORES DE DEFORMAÇÃO TRIORTOGONAL

Estrutura	Entre Blocos	Medidor	Deslocamento Horizontal'(Mm)	Largura Média (M)
Barragem CCR	4 e 5	MD-01	3,75	15
	5 e 6	MD-02	3,75	15
	6 e 7	MD-03	4	15
	7 e 8	MD-04	3,75	15
	8 e 9	MD-05	3,5	14
	9 e 10	MD-06	3,75	15
	10 e 11	MD-07	4,13	16,5
	11 e 12	MD-08	4,5	18
	12 e 13	MD-09	4,5	18
	13 e 14	MD-010	4,5	18
	14 e 15	MD-011	4,5	18
	15 e 16	MD-012	4,5	18
	16 e 17	MD-013	4,5	18
	17 e 18	MD-014	4,5	18
	18 e 19	MD-015	4,5	18
	19 e 20	MD-016	4,5	18
	20 e 21	MD-017	4,5	18
	21 e 22	MD-018	4,5	18
	22 e 23	MD-019	4,5	18
	23 e 24	MD-020	4,5	18
	24 e 25	MD-021	4,5	18
	25 e 26	MD-022	4,13	16,5
	26 e 27	MD-023	3,75	15

Estrutura	Entre Blocos	Medidor	Deslocamento Horizontal (Mm)	Largura Média (M)
	27 e 28	MD-024	3,75	15
	28 e 29	MD-025	3,5	14

NOTA: (1) Deformação no sentido perpendicular ao fluxo. Direção dos deslocamentos diferenciais.



X = abertura ou fechamento de junta.

Y = recalque diferencial entre os blocos.

Z = deslocamento diferencial horizontal entre os blocos.

A seguir estão apresentados os gráficos do resumo das leituras nos sentidos horizontal, de abertura e fechamento (eixo X), recalque diferencial entre blocos (eixo Y) e deslocamento no sentido do eixo (eixo Z).

Os medidores apresentam leituras bastante similares entre os instrumentos, registrando valores abaixo de 2 mm de deformação, podendo ser entendidos como dilatações naturais em decorrência da alteração de temperatura. Entretanto, a instalação feita considerando a posição teórica das juntas, sobre os pré-moldados não é confiável, não havendo garantia de que os medidores estão colocados sobre a junta aberta e os furos executados nos pré-moldados muitas vezes são insuficientes e estão em contato com as barras do medidor, prejudicando as leituras. Toda a instalação deverá ser refeita.

Recomenda-se que os medidores triortogonais sejam retirados, um nicho no pré-moldado na região da junta deve ser aberto e todos os instrumentos reinstalados diretamente sobre o concreto da estrutura após a identificação da fissura ou trinca que marca a real junta entre os blocos. A reinstalação deverá ser feita preferencialmente no inverno, quando as juntas estão mais abertas, sendo mais fácil sua identificação.

Da Figura 1.12 a Figura 1.14 são apresentadas as deformações nos eixos X, Y e Z dos medidores triortogonais instalados na barragem de CCR.

FIGURA 1.12
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO X) ABERTURA OU FECHAMENTO DE JUNTA

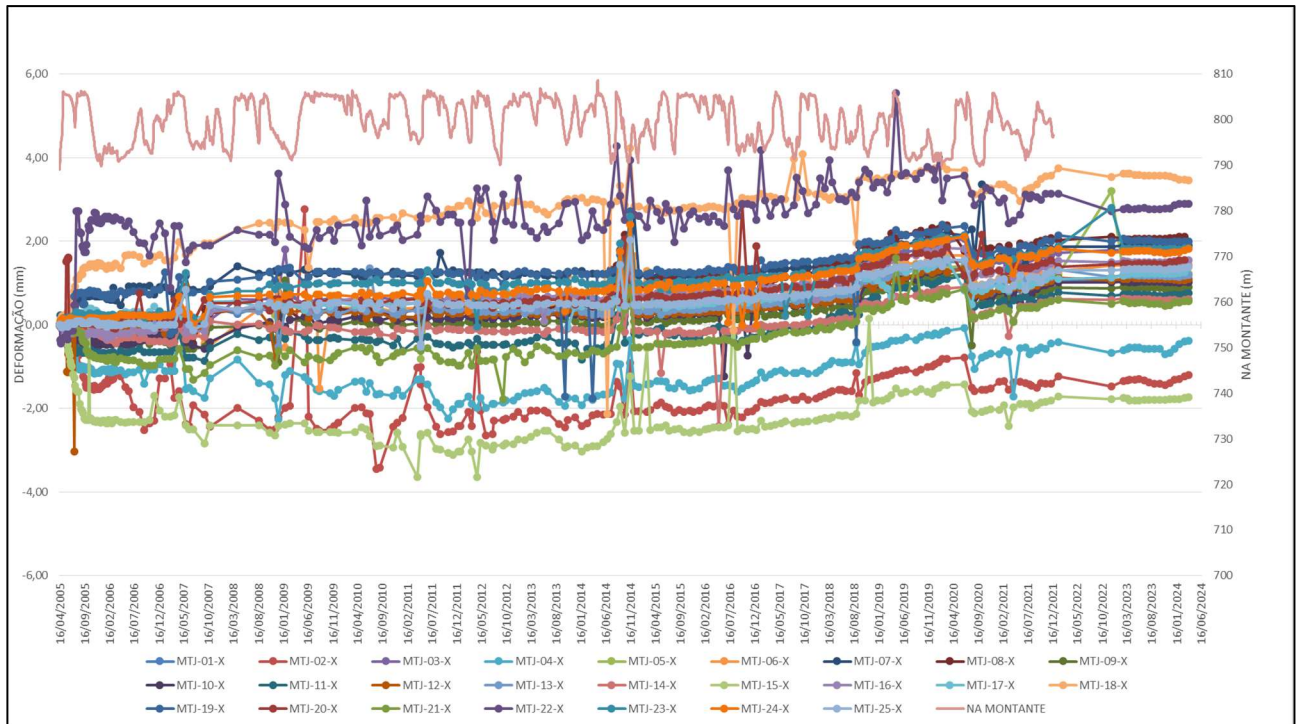


FIGURA 1.13
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Y) RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS

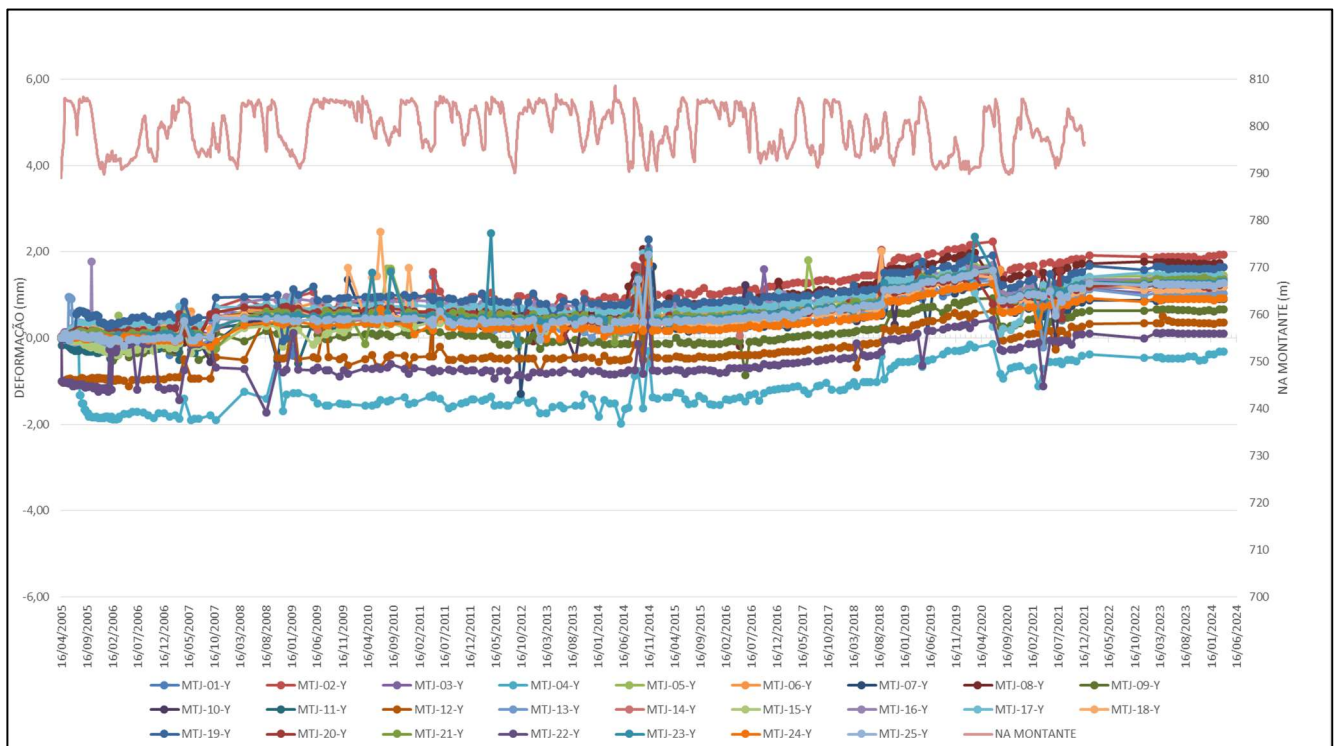
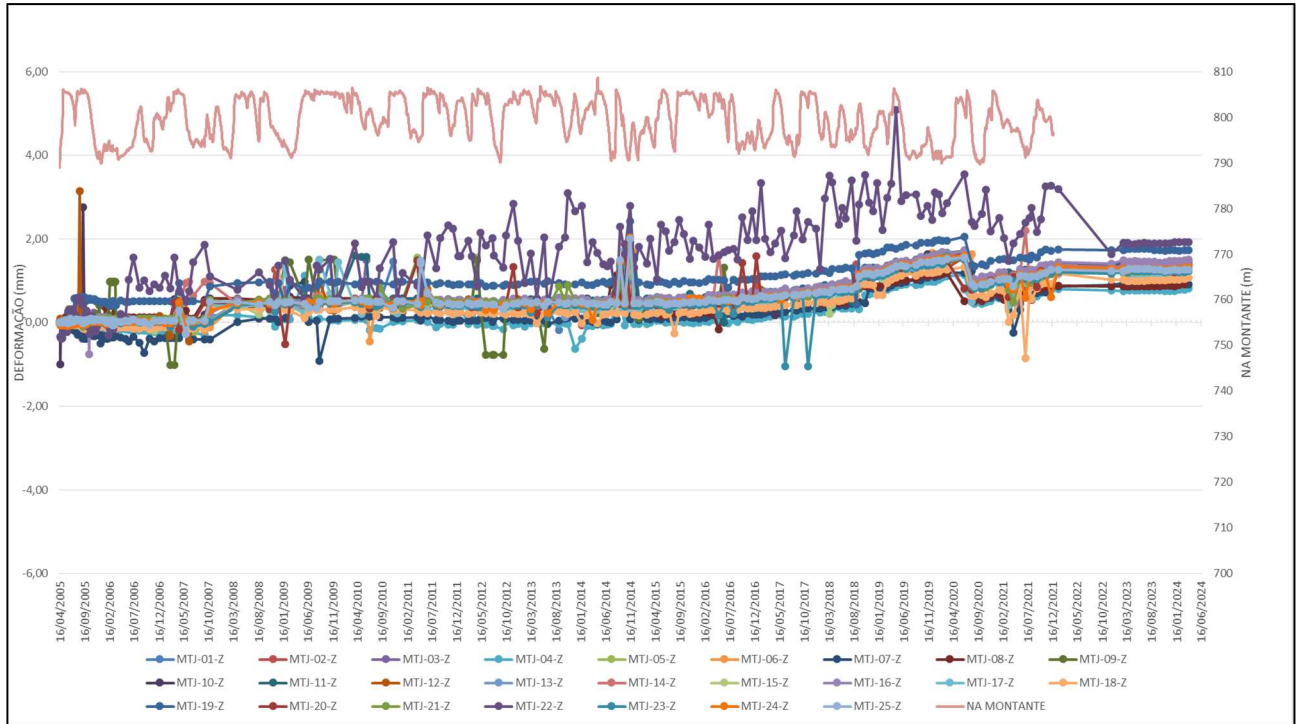


FIGURA 1.14
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Z) DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS



e) Piezômetros (Stand Pipe) – Barragem CCR

Foram instalados 36 (trinta e seis) piezômetros na Barragem, conforme o Quadro 1.12.

QUADRO 1.12
PIEZÔMETROS STAND PIPE - BARRAGEM

BLOCO	PIEZÔMETRO	AS BUILT		INCLINAÇÃO (graus)	ALTURA (m)	COMPRIMENTO (m)	H1+50%(H2-H1)	H1+90%(H2-H1)
		GALERIA	FUNDO				ATENÇÃO (m.c.a)	ALERTA (m.c.a)
29	PSP-101	791,55	776,83	10	14,72	14,95	22,13	23,19
29	PSP-102	791,55	775,40	10	16,15	16,40	14,56	18,21
29	PSP-103	791,55	783,79	25	7,76	8,56	16,98	22,16
29	PSP-104	791,55	775,26	25	16,29	17,97	12,58	13,44
4	PSP-201	785,15	780,94	25	4,21	4,65	13,10	17,02
4	PSP-202	785,15	775,87	25	9,28	10,24	15,68	19,70
4	PSP-203	785,15	781,89	25	3,26	3,60	7,80	10,36
4	PSP-204	785,15	775,72	25	9,43	10,40	9,90	12,94
6	PSP-301	774,45	768,38	25	6,07	6,70	24,90	27,54
6	PSP-302	774,45	758,45	25	16,00	17,65	37,35	39,47
6	PSP-303	774,45	769,80	25	4,65	5,13	14,15	19,79
6	PSP-304	774,45	758,45	25	16,00	17,65	24,10	27,22
10	PSP-401	758,20	749,41	15	8,79	9,10	34,05	40,89
10	PSP-402	758,20	729,70	15	28,50	29,51	55,59	61,04
10	PSP-403	758,20	749,65	25	8,55	9,43	23,53	31,37
10	PSP-404	758,20	731,01	25	27,19	30,00	45,01	48,92
15	PSP-501	750,15	742,36	20	7,79	8,29	41,14	46,71

BLOCO	PIEZÔMETRO	AS BUILT		INCLINAÇÃO (graus)	ALTURA (m)	COMPRIMENTO (m)	H1+50%(H2- H1)	H1+90%(H2- H1)
		GALERIA	FUNDO				ATENÇÃO	ALERTA
							(m.c.a)	(m.c.a)
15	PSP-502	750,15	731,64	20	18,51	19,70	47,23	60,13
15	PSP-503	750,15	742,50	25	7,65	8,44	24,44	36,81
15	PSP-504	750,15	730,84	25	19,31	21,31	36,82	47,25
19	PSP-601	750,15	744,68	25	5,47	6,04	36,25	39,25
19	PSP-602	750,15	731,32	25	18,83	20,78	47,65	54,65
19	PSP-603	750,15	745,07	25	5,08	5,61	20,93	32,51
19	PSP-604	750,15	730,73	25	19,42	21,43	37,59	42,96
22	PSP-701	759,15	754,38	25	4,77	5,26	31,95	42,07
22	PSP-702	759,15	744,19	25	14,96	16,51	46,50	54,58
22	PSP-703	759,15	755,08	25	4,07	4,49	23,53	38,15
22	PSP-704	759,15	744,19	25	14,96	16,51	34,50	48,50
24	PSP-801	766,15	760,43	15	5,72	5,92	24,55	31,71
24	PSP-802	766,15	747,15	15	19,00	19,67	40,63	46,01
24	PSP-803	766,15	760,76	25	5,39	5,95	17,30	24,90
24	PSP-804	766,15	747,15	25	19,00	20,96	29,48	34,82
26	PSP-901	778,50	770,47	15	8,03	8,31	23,77	29,87
26	PSP-902	778,50	758,84	15	19,66	20,35	35,86	38,82
26	PSP-903	778,50	771,16	25	7,34	8,10	14,20	19,08
26	PSP-904	778,50	760,05	25	20,10	22,18	23,65	25,85

- PSP-201, PSP-202, PSP-203, PSP-204 (bloco 4)

O piezômetro PSP-201 vem apresentando leituras bastante oscilantes, tendo ultrapassado os níveis de atenção e alerta em algumas datas.

Os demais piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis.

É importante aumentar a periodicidade das leituras do PSP-201, além de verificar possíveis causas externas que possam estar variando os níveis. A comparação dos níveis com outros instrumentos localizados a montante da galeria de drenagem é importante na avaliação das cargas medidas.

- PSP-301, PSP-302, PSP-303, PSP-304 (bloco 6)

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. As leituras indicam que a cortina de injeções é eficiente em aumentar o caminho de percolação e produzir perda de carga em relação ao reservatório e o piezômetro mais a montante.

- PSP-401, PSP-402, PSP-403, PSP-404 (bloco 10)

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. Os registros indicam que a cortina de injeções é eficiente em aumentar o caminho de percolação e produzir maior perda de carga em relação ao reservatório e o piezômetro mais a montante. A diferença de cotas entre os piezômetros de montante e jusante do contato concreto-rocha é indicativo que tem ocorrido perda de carga significativa entre os instrumentos, condição favorável para a estabilidade da estrutura.

- PSP-501, PSP-502, PSP-503, PSP-504 (bloco 15)

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. As leituras indicam que a cortina de injeções é eficiente em aumentar o caminho de percolação e produzir maior perda de carga em relação ao reservatório e o piezômetro mais a montante do contato concreto-rocha. A diferença de cotas entre os piezômetros de montante e jusante é indicativo que tem ocorrido perda de carga significativa entre os instrumentos, condição favorável para a estabilidade da estrutura.

- PSP-601, PSP-602, PSP-603, PSP-604 (bloco 19)

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. As leituras indicam que a cortina de injeções é eficiente em aumentar o caminho de percolação e produzir maior perda de carga em relação ao reservatório e o piezômetro mais a montante. As leituras do instrumento PSP-602 apresentam maiores oscilações, nem sempre acompanhando o reservatório. Amplitudes maiores de variação das leituras são comuns em instrumentos localizados em contatos geológicos e o instrumento encontra-se abaixo dos valores de controle estabelecidos.

- PSP-701, PSP-702, PSP-703, PSP-704 (bloco 22)

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. Os instrumentos registram cota piezométrica baixa, estando abaixo da cota do piso da galeria. As leituras indicam que a cortina de injeções é eficiente em aumentar o caminho de percolação e produzir maior perda de carga em relação ao reservatório e o piezômetro mais a montante. Os piezômetros PSP-701 e PSP-702 apresentaram picos isolados de leituras com rápido retorno às leituras anteriores, podendo ser considerados erros de leitura ou registro.

- PSP-801, PSP-802, PSP-803, PSP-804 (bloco 24)

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. As leituras indicam que a cortina de injeções é eficiente em aumentar o caminho de percolação e produzir maior perda de carga em relação ao reservatório e o piezômetro mais a montante. A diferença de cotas entre os piezômetros de montante e jusante é indicativo que tem ocorrido perda de carga entre os instrumentos, condição favorável para a estabilidade da estrutura.

- PSP-901, PSP-902, PSP-903, PSP-904 (bloco 26)

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. A diferença de cotas entre os piezômetros de montante e jusante é indicativo que tem ocorrido perda de carga entre os instrumentos, condição favorável para a estabilidade da estrutura.

- PSP-101, PSP-102, PSP-103, PSP-104 (bloco 29)

Os instrumentos apresentam cotas piezométrica dentro dos valores esperados, ou seja, abaixo dos valores de controle estabelecidos com perda de carga observada na média entre as leituras do piezômetro de montante e jusante do contato.

- Comentários gerais sobre os piezômetros

Os piezômetros apresentaram leituras normais e estáveis. Os instrumentos registram cota piezométrica normal e dentro dos valores de controle. As leituras indicam que a cortina de injeções é eficiente em aumentar o caminho de percolação e produzir maior perda de carga em relação ao reservatório e o piezômetro mais a montante. A diferença de cotas entre os piezômetros de montante e jusante do contato é indicativo que tem ocorrido perda de carga entre os instrumentos, condição favorável para a estabilidade da estrutura.

É fundamental que a drenagem seja verificada periodicamente e que a limpeza dos drenos seja executada com intervalo máximo de 10 anos.

f) Extensômetros Múltiplos

Foram instalados 16 (dezesseis) extensômetros múltiplos na Barragem, conforme apresentado no Quadro 1.13.

QUADRO 1.13
EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS

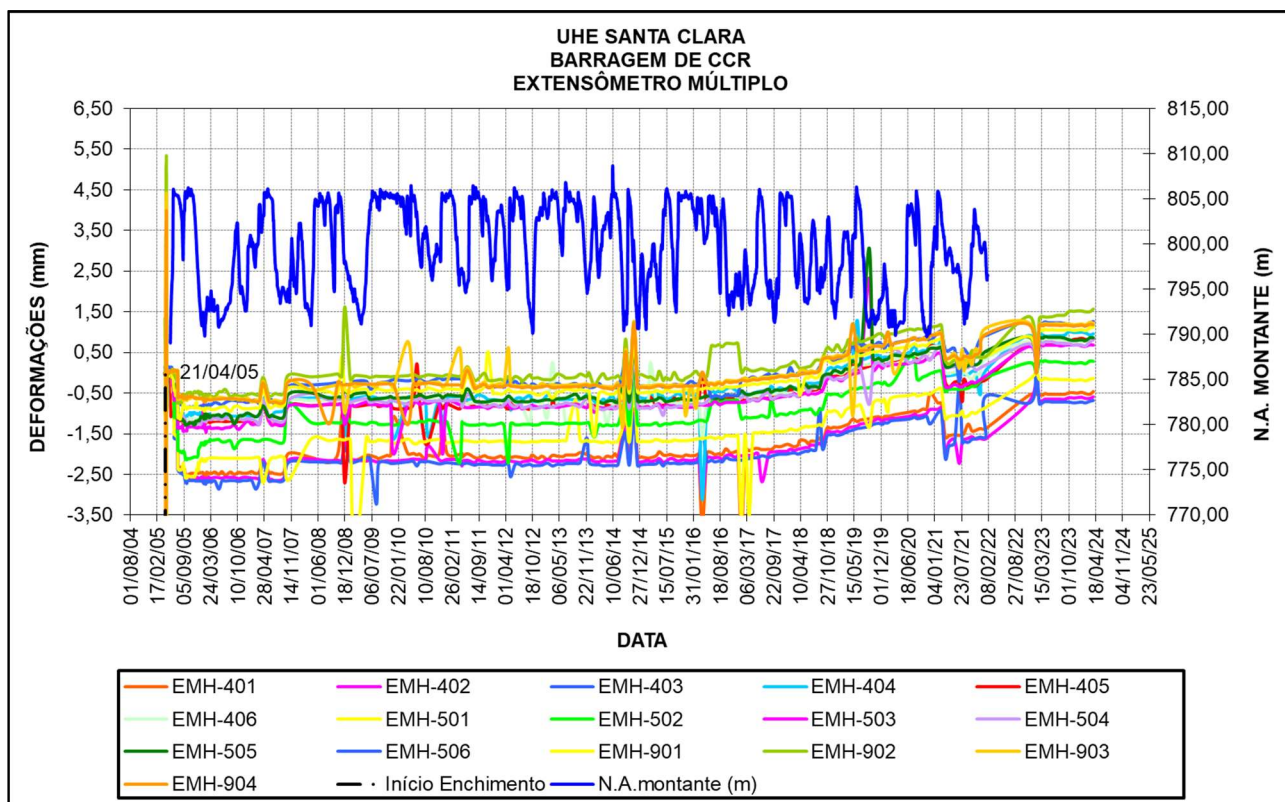
Instrumentação	Afastamento Em Relação À Linha Base Da Barragem	Estaca	Elevação
EM-401	1,00 MONTANTE	2+27,40	VAR.
EM-402	3,50 MONTANTE	2+27,40	739
EM-403	7,20 MONTANTE	2+27,40	VAR.
EM-404	7,00 MONTANTE	2+27,40	VAR.
EM-405	9,50 MONTANTE	2+27,40	739
EM-406	13,20 MONTANTE	2+27,40	725
EM-501	0,00	3+15,90	VAR.
EM-502	1,90 MONTANTE	3+15,90	736,55
EM-503	5,00 MONTANTE	3+15,90	725
EM-504	6,00 JUSANTE	3+15,90	VAR.
EM-505	7,90 JUSANTE	3+15,90	736,55
EM-506	11,00 JUSANTE	3+15,90	725
EM-901	1,40 MONTANTE	5+12,40	VAR.
EM-902	4,10 MONTANTE	5+12,40	758
EM-903	10,00 JUSANTE	5+12,40	VAR.
EM-904	14,40 JUSANTE	5+12,40	758

Os extensômetros são instrumentos utilizados para verificação de movimentação de blocos, de forma a avaliar os modos de falha por deslizamento e tombamento da estrutura. As leituras podem ser interpretadas como compressão ou recalque (+) e tração ou elevação (-).

Da análise das informações disponibilizadas sobre os extensômetros de haste, nota-se que há uma tendência de movimentação (recalque) dos blocos refletida em todos os extensômetros, que apresentam similaridade também nas inclinações das retas ascendentes. Os valores, no entanto, são de pequena ordem.

A Figura 1.15 apresenta o histórico de leituras dos extensômetros instalados na Barragem de CCR.

FIGURA 1.15
EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BARRAGEM CCR



g) Termômetros Elétricos

A função dos termômetros é principalmente servir como mais um dado de estudo e uma informação a mais a ser considerada no caso do aparecimento de algum problema como uma trinca, por exemplo, que normalmente aparece durante e logo após o período de enchimento do lago e resfriamento do concreto. Ao longo do tempo os termômetros tendem a estabilizar e o acompanhamento das leituras perde sua importância sendo considerados somente para avaliação de eventuais oscilações nos medidores de deformação como medidores triortogonais de junta ou extensômetros, sensíveis às dilatações térmicas do concreto.

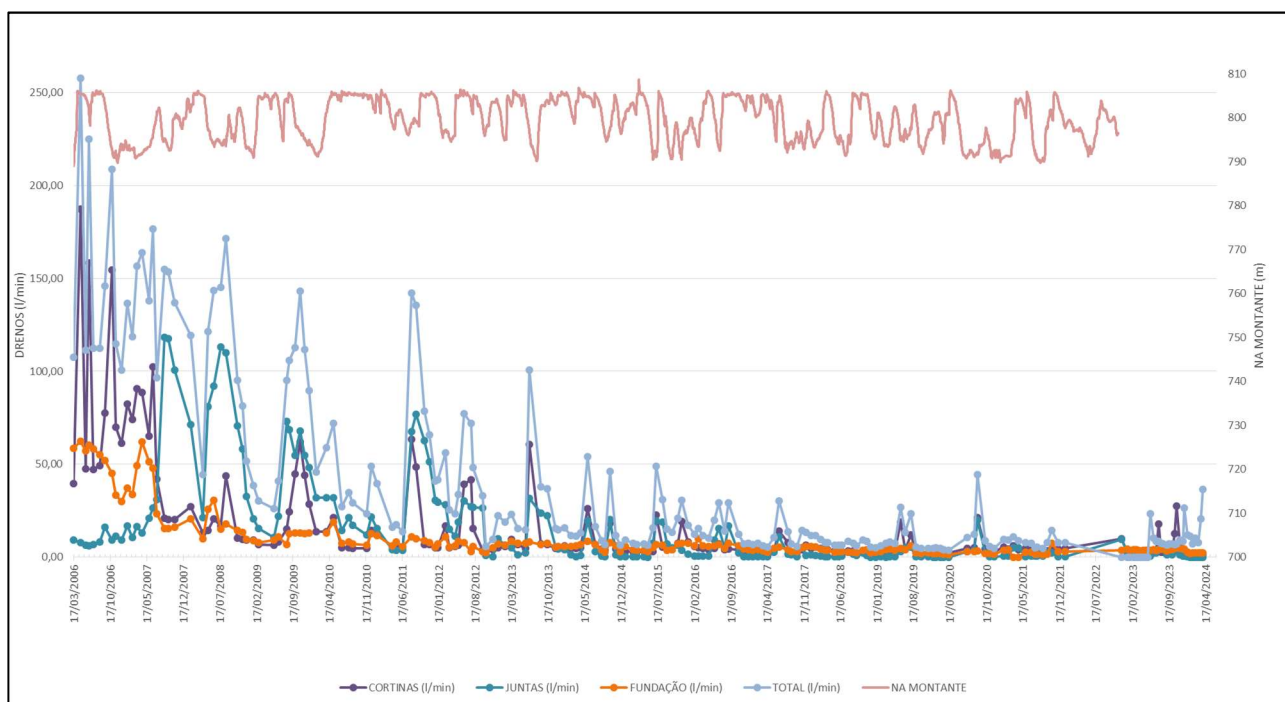
h) Drenos Galeria

Foram previstos 145 (cento e quarenta e cinco) drenos ao longo da galeria de desvio, sendo que 25 (vinte e cinco) apresentam inoperantes, pelos seguintes motivos:

- drenos não encontrados: foram perfurados, mas foram perdidos por não terem sido colocados tubos de saída;
- drenos não perfurados;
- drenos obstruídos.

Entre os 120 (cento e vinte) drenos operantes, as vazões encontram-se em processo de redução ao longo do tempo e variações em função do nível d'água. Possivelmente, alguns drenos estejam operando parcialmente obstruídos e **sugere-se que seja feita uma inspeção e eventual lavagem e/ou reperfuração nos drenos que tiveram suas vazões reduzidas de forma considerável nos últimos anos e os que estiverem inoperantes.** A Figura 1.16 apresenta o histórico das vazões nos drenos, com a indicação de redução dos valores nos últimos anos.

FIGURA 1.16
VAZÕES NOS DRENOS DA GALERIA



A Figura 1.17 apresenta a porcentagem de vazão nos drenos incidente na fundação, cortina e juntas.

FIGURA 1.17
VAZÃO MÉDIA NOS DRENOS DA BARRAGEM – PERÍODO MAR/06 ATÉ JUN/2017



i) Piezômetros (Stand Pipe) – Conduto Forçado

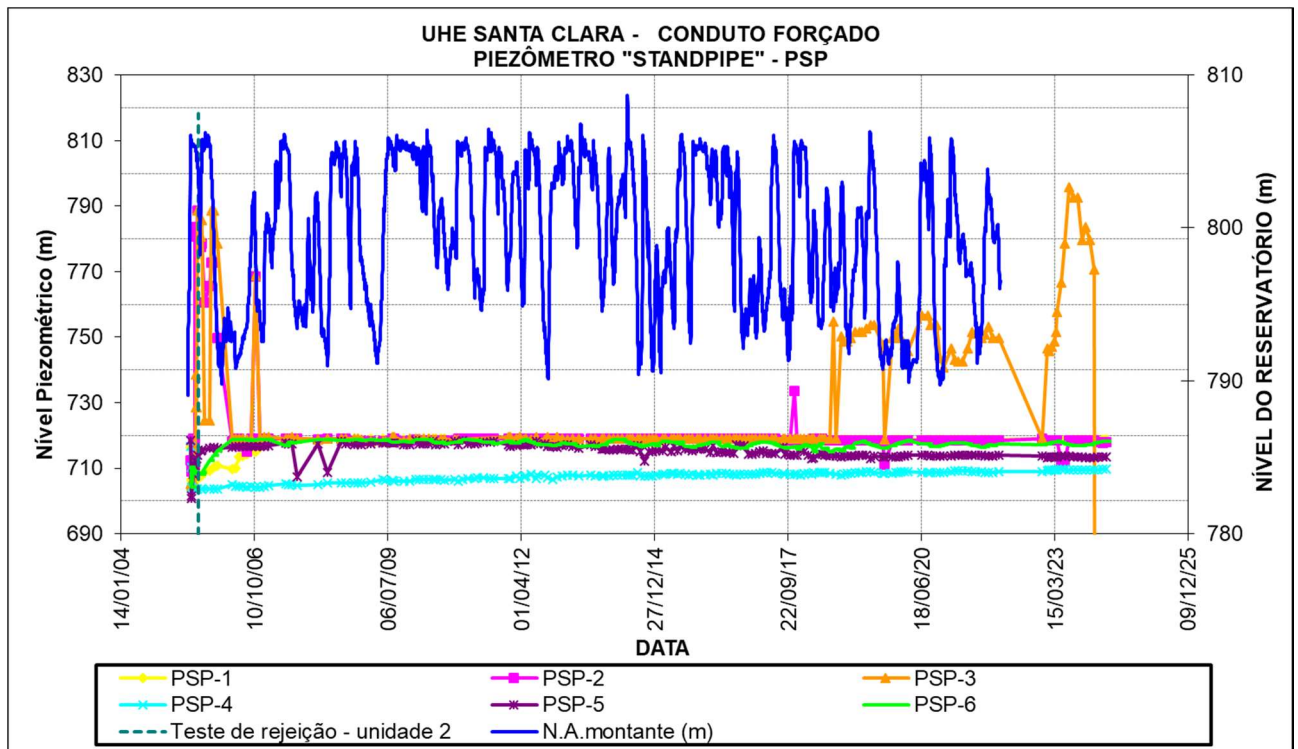
Foram instalados 06 (seis) piezômetros nos Condutos Forçados, conforme Quadro 1.14.

QUADRO 1.14
PIEZÔMETROS STAND PIPE – CONDUTOS FORÇADOS

Instr.	Galeria (m)	Instal (m)	Eixo do Tunel (m)	Inclin (Graus)	Altura (m)	Altura Pvc (m)	Comp. (m)	Topo Rochoso	Atenção (m)	Alerta (m)
PSP-1	718,661	704,821	700,90	15	13,84	0,30	14,33	753,00	799,80	810,35
PSP-2	718,626	697,086	700,90	15	21,54	0,30	22,30	753,00	799,02	810,35
PSP-3	718,650	703,630	700,90	15	15,02	0,30	15,55	753,00	799,68	810,35
PSP-4	718,429	702,449	699,95	20	15,98	0,30	17,01	752,00	719,77	724,73
PSP-5	718,281	699,541	699,95	0	18,74	0,30	18,74	752,00	719,77	724,73
PSP-6	718,472	702,172	699,95	20	16,30	0,30	17,35	752,00	719,77	724,73

As leituras apresentam-se estáveis e com valores inferiores aos níveis de atenção/alerta determinados em projeto. A Figura 1.18 a seguir apresenta o histórico das leituras destes piezômetros, indicando que as leituras se apresentam estáveis nos últimos anos.

FIGURA 1.18
PIEZÔMETROS CONDUTO FORÇADO



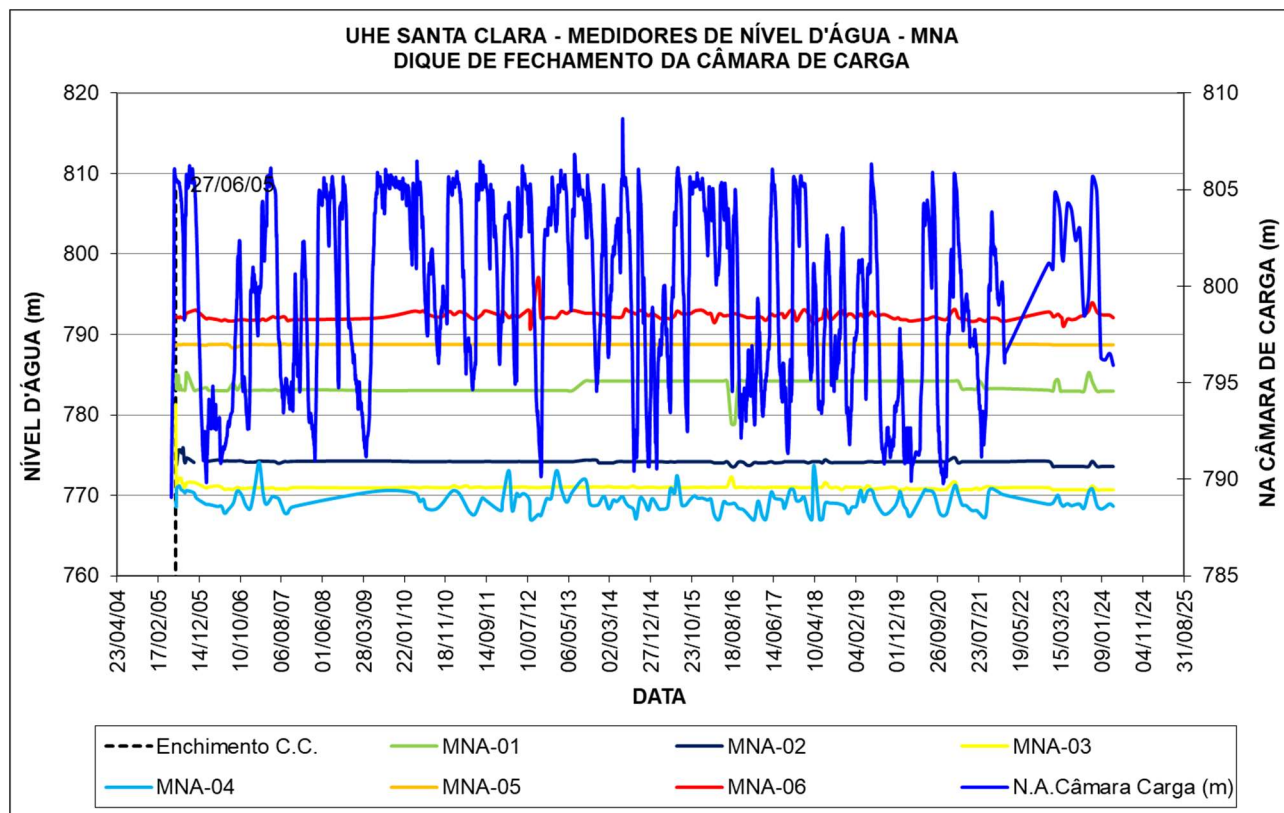
Análise das Leituras dos Instrumentos da Câmara de Carga / Dique de Fechamento

a) Medidor de Nível d'Água

Os Medidores de Nível d'Água estão instalados no terreno natural, a jusante do dique de fechamento. Foram efetuadas leituras mensais nos medidores de nível d'água até 02 de abril de 2024. Os valores medidos encontram-se normais, abaixo dos níveis de atenção/alerta definidos em projeto, com pequenas variações associadas à oscilação do nível d'água na Câmara de Carga.

A Figura 1.19 apresenta o histórico de leituras dos medidores de nível d'água.

FIGURA 1.19
MEDIDORES DE NÍVEL D'ÁGUA



b) Piezômetro (Stand Pipe)

Os piezômetros do tipo Stand Pipe estão instalados em dois locais distintos na região da Câmara de Carga.

- Dique de fechamento (pé de jusante): PSP-01 ao PSP-06
- Taludes de escavação em solo: PSP-07 ao PSP-10

Foram efetuadas leituras mensais nos medidores de nível d'água até 02 de abril de 2024. Os valores medidos encontram-se normais, abaixo dos níveis de atenção/alerta definidos em projeto, com pequenas variações ocasionadas provavelmente pela oscilação do nível d'água na Câmara de Carga. O Quadro 1.15 apresenta as leituras efetuadas em 02 de abril de 2024.

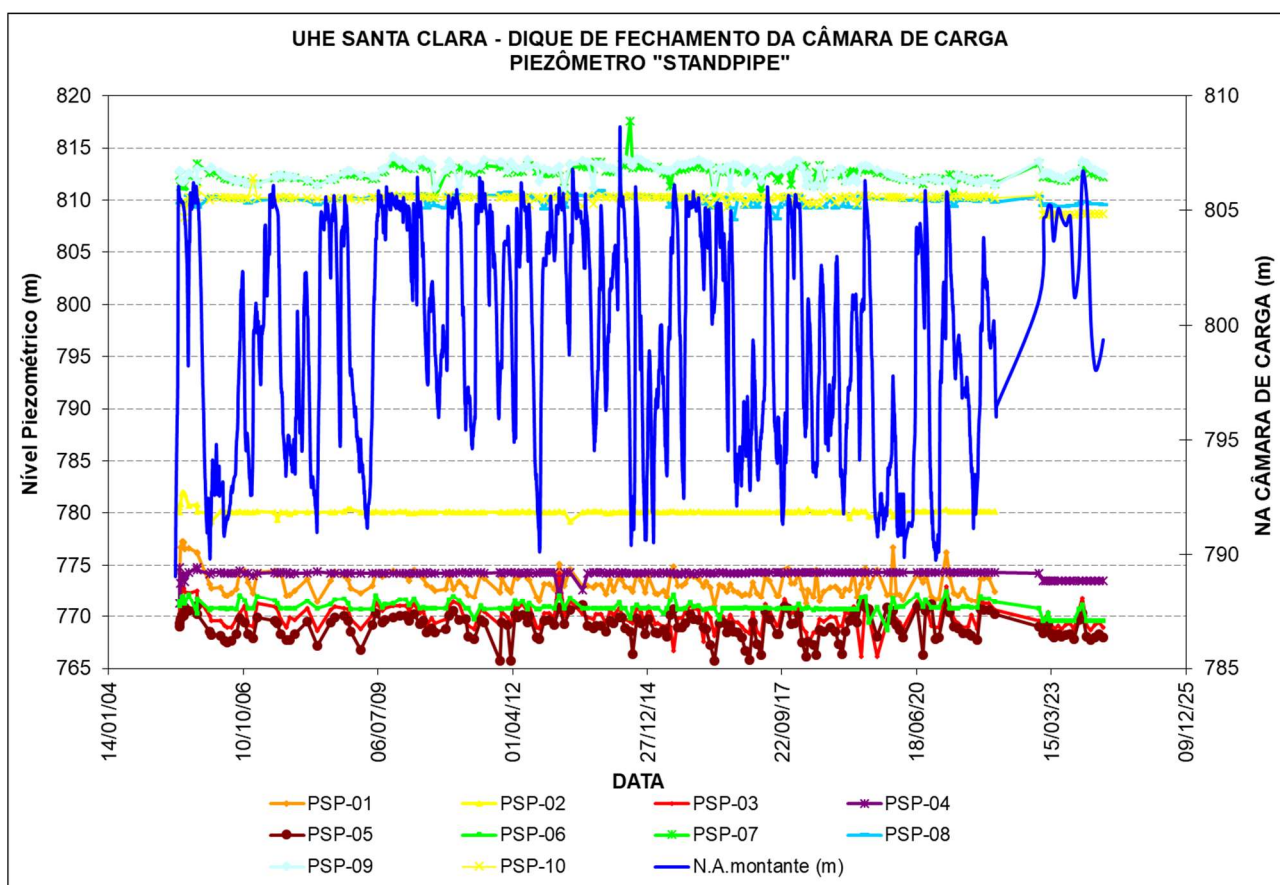
QUADRO 1.15
PIEZÔMETROS STAND PIPE – LEITURAS 22/06/2017

Instrumento	Data	Leitura	Cota Piezométrica	Atenção	Alerta
PSP-01	02/04/2024	12,74	772,31	783,84	793,31
PSP-02	02/04/2024	5,08	776,47	780,52	782,17
PSP-03	02/04/2024	9,90	768,97	778,13	784,36
PSP-04	02/04/2024	5,57	773,47	776,00	777,07
PSP-05	02/04/2024	7,21	767,99	774,54	779,31

Instrumento	Data	Leitura	Cota Piezométrica	Atenção	Alerta
PSP-06	02/04/2024	5,46	769,56	772,18	773,26
PSP-07	02/04/2024	9,91	812,23	821,37	827,32
PSP-08	02/04/2024	2,98	809,54	812,05	813,78
PSP-09	02/04/2024	9,83	812,55	821,75	827,30
PSP-10	02/04/2024	3,57	808,64	811,68	813,55

Na Figura 1.20 é apresentado o histórico das leituras dos piezômetros instalados no pé do dique de fechamento e taludes de escavação da câmara de carga.

FIGURA 1.20
PIEZÔMETROS – DIQUE DE FECHAMENTO E CÂMARA DE CARGA

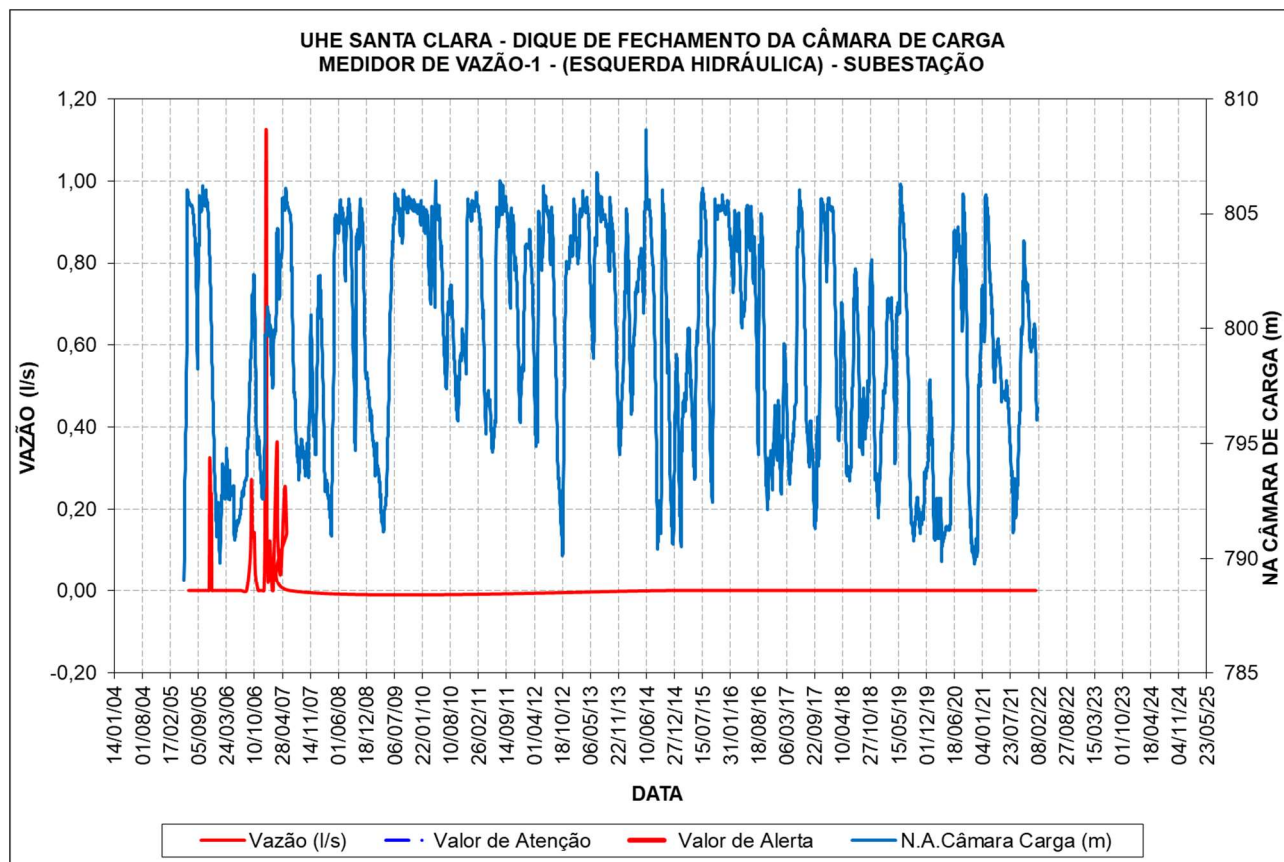


c) Medidor de Vazão

O Medidor de Vazão triangular está instalado a jusante do Dique de Fechamento. Foram efetuadas leituras mensais no medidor de vazão até 20 de janeiro de 2022. Após essa data não foram registradas leituras nas planilhas eletrônicas.

O medidor de vazão encontra-se seco desde janeiro de 2007, conforme apresentado na Figura 1.21. **Sugere-se que sejam feitas inspeções visuais a jusante do dique de fechamento e terreno natural para verificar se há ocorrência de surgências d'água.**

FIGURA 1.21
MEDIDOR DE VAZÃO – DIQUE DE FECHAMENTO



d) Marcos Fixos

Os marcos fixos são instrumentos utilizados para verificações adicionais, se necessário e como referência para locação e acompanhamento e locação de todas as estruturas da Usina.

e) Marcos Superficiais

Não constam tabelas e gráficos com o histórico das leituras dos marcos superficiais.

f) Medidores de Deformação Triortogonal

Os Medidores de Deformação Triortogonal estão instalados na crista do dique de fechamento, na laje de concreto. Foram efetuadas leituras mensais nos medidores de deformação triortogonal até 02 de abril de 2024.

Os medidores de deformação triortogonal, conforme consta no documento 0123-SC-MN-415-31-001-R0, não contém valores de limites estabelecidos para a integridade da estrutura e sim para indicativo de necessidade de troca do instrumento. Os níveis de atenção para estes instrumentos foram definidos como $\pm 5\text{mm}$ e para os níveis de alerta como $\pm 8\text{mm}$.

O Quadro 1.16 apresenta as deformações em 02/04/2024:

QUADRO 1.16
MEDIDORES TRIORTOGONAIS – DEFORMAÇÕES ABSOLUTAS EM 02/04/24

Leitura Nº	Data	Deformações (Mm)		
		EIXO X	EIXO Y	EIXO Z
MD-1	02/04/24	-9,35	2,17	5,29
MD-2	02/04/24	-5,26	1,42	9,52
MD-3	02/04/24	1,22	2,49	5,95
MD-4	02/04/24	-5,02	2,57	2,24
MD-5	02/04/24	-2,55	-2,54	3,51
MD-6	02/04/24	-13,01	1,49	-2,47
MD-7	02/04/24	1,57	1,89	-0,08
MD-8	02/04/24	1,88	0,05	2,86

As movimentações no eixo “X” apresentam o sentido de afastamento entre as lajes, esse fenômeno está presente no MD01, MD02 e MD06 nas lajes 8D e 9D, lajes 7D e 8D e lajes 1E e 2E respectivamente.

As medidas de deformações no eixo “Y” que significa o sentido do fluxo não apresentam variações significativas. Os medidos MD03, MD04, MD07 e MD08 indicam tendência de movimentação crescente, orienta-se manutenção das verificações.

Quando observadas as medidas de deformações no eixo “Z”, ligado aos recalques da estrutura, é possível observar que os instrumentos MD01, MD02 e MD03 apresentam as maiores movimentações, esses pontos estão locados na ombreira direita do dique de fechamento da câmara de carga.

Como esses instrumentos objetivam o acompanhamento das movimentações, indica-se a troca do MD01, MD02, MD03, MD04, e MD06, pois já atingiram os valores limites de leitura do equipamento.

Na Figura 1.22 a 1.24 é apresentado o histórico das leituras dos medidores triortogonais.

FIGURA 1.22
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Z) DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE LAJES

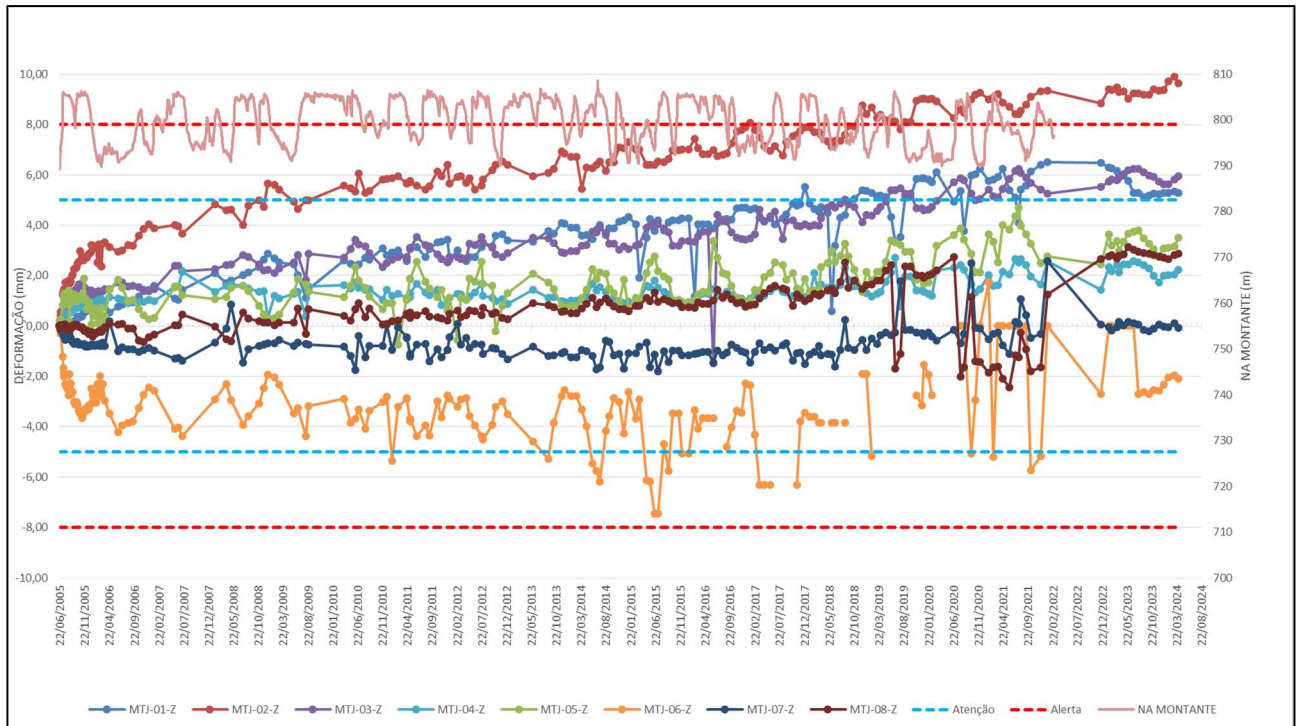


FIGURA 1.23
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO Y) RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE LAJES

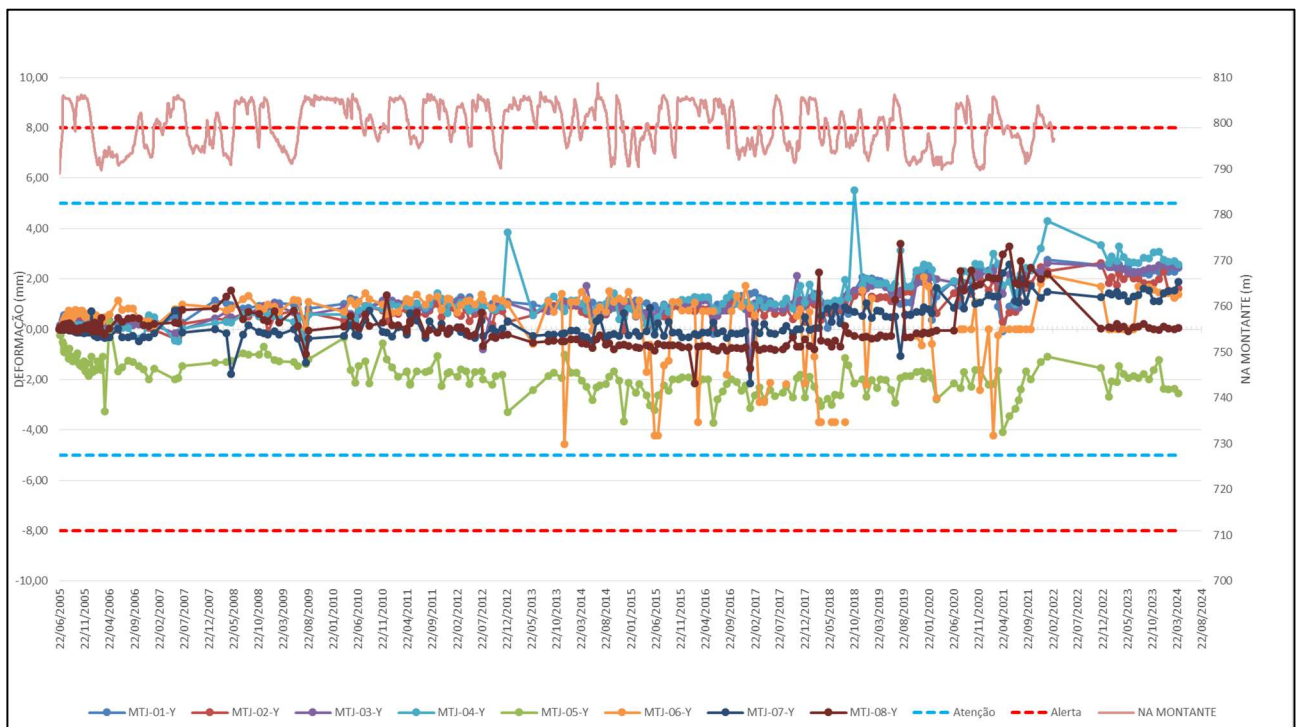
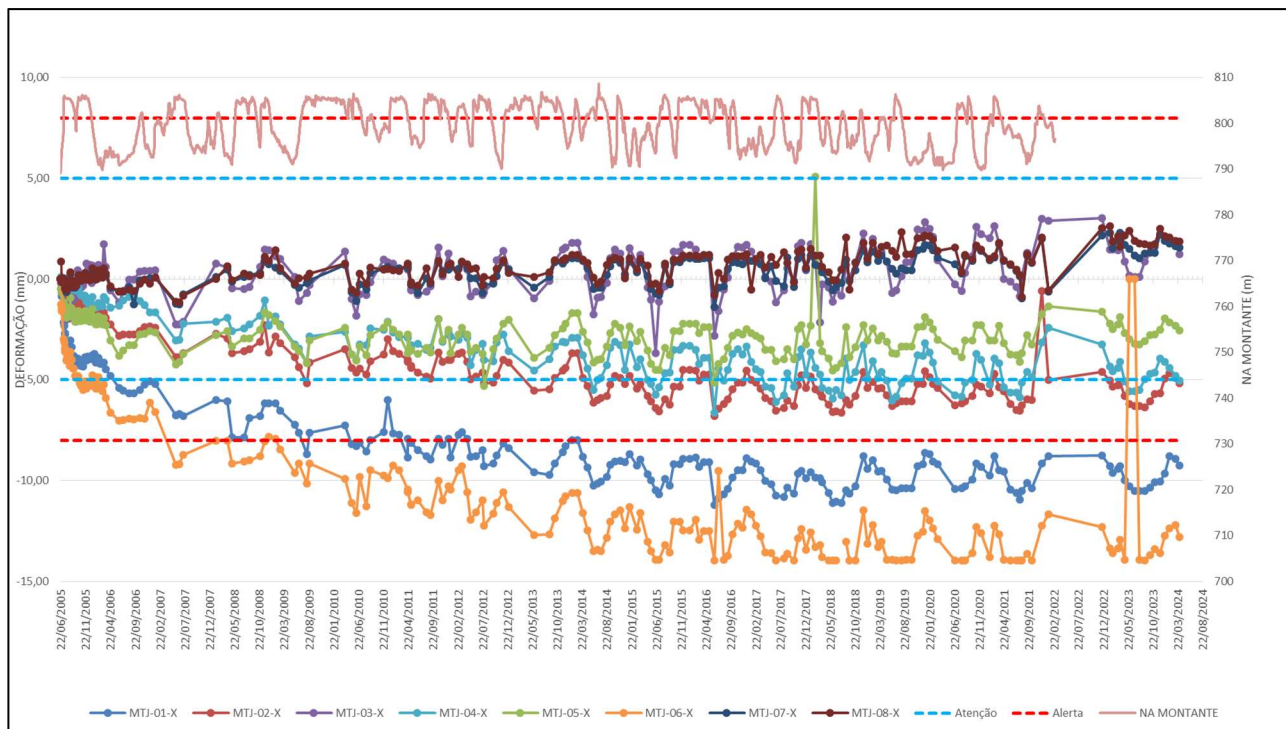


FIGURA 1.24
LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – (EIXO X) ABERTURA OU FECHAMENTO DE JUNTA



g) Célula de Recalque

Não constam tabelas e gráficos com o histórico das leituras das células de recalque.

h) Pinos de Deformação

Os pinos de deformação estão instalados na crista do dique de fechamento, na laje de concreto. Foram efetuadas leituras mensais nos pinos de deformação até 02 de abril de 2024. Os níveis de atenção e alerta são apresentados no Quadro 1.17.

QUADRO 1.17
PINOS DE DEFORMAÇÃO

Pinos De Deformação	Laje	H (m)	Recalque		Deslocamento Horizontal	
			(1,5 . 0,001 . H ² /Ev)		(1,3 . 0,001 . H ² /Ev)	
			Atenção (mm)	Alerta (mm)	Atenção (mm)	Alerta (mm)
PD-01	11E	6,31	4,780	7,170	5,180	6,210
PD-02	10E	6,31	4,780	7,170	5,180	6,210
PD-03	10E	7,52	6,790	10,180	7,350	8,820
PD-04	9E	7,52	6,790	10,180	7,350	8,820
PD-05	9E	8,77	9,230	13,840	10.000	12,000
PD-06	8E	8,77	9,230	13,840	10.000	12,000
PD-07	8E	10,3	12,630	18,950	13,680	16,420
PD-08	7E	10,3	12,630	18,950	13,680	16,420

Pinos De Deformação	Laje	H (m)	Recalque		Deslocamento Horizontal	
			(1,5 . 0,001 . H ² /Ev)		(1,3 . 0,001 . H ² /Ev)	
			Atenção (mm)	Alerta (mm)	Atenção (mm)	Alerta (mm)
PD-09	7E	11,9	17,080	25,620	18,500	22,200
PD-10	6E	11,9	17,080	25,620	18,500	22,200
PD-11	6E	14,5	25,300	37,950	27,410	32,890
PD-12	5E	14,5	25,300	37,950	27,410	32,890
PD-13	3E	24,1	69,870	104,810	75,690	90,830
PD-14	2E	24,1	69,870	104,810	75,690	90,830
PD-15	2D	25,3	76,810	115,220	83,210	99,850
PD-16	3D	25,3	76,810	115,220	83,210	99,850
PD-17	4D	24,6	72,620	108,930	78,670	94,400
PD-18	5D	24,6	72,620	108,930	78,670	94,400
PD-19	6D	22	58,080	87,120	62,920	75,500
PD-20	7D	22	58,080	87,120	62,920	75,500
PD-21	9D	14,2	24,030	36,040	26,030	31,230
PD-22	10D	14,2	24,030	36,040	26,030	31,230
PD-23	10D	14,7	26,040	39,060	28,210	33,850
PD-24	11D	14,7	26,040	39,060	28,210	33,850
PD-25	11D	13,2	21,040	31,550	22,790	27,350
PD-26	12D	13,2	21,040	31,550	22,790	27,350
PD-27	12D	7,3	6,390	9,590	6,930	8,310
PD-28	13D	7,3	6,390	9,590	6,930	8,310

As leituras indicam que as lajes 02D-03D, 04D-05D e 10D-12D na margem direita hidráulica apresentam exclusivamente união entre as faces. Enquanto os demais pontos têm comportamento de afastamento e aproximação com estabilidade entre as medidas.

Apesar das movimentações apresentadas nos medidores de deformação triortogonal ao ser avaliados os pinos de deformação, não foram constatados grandes deslocamentos.

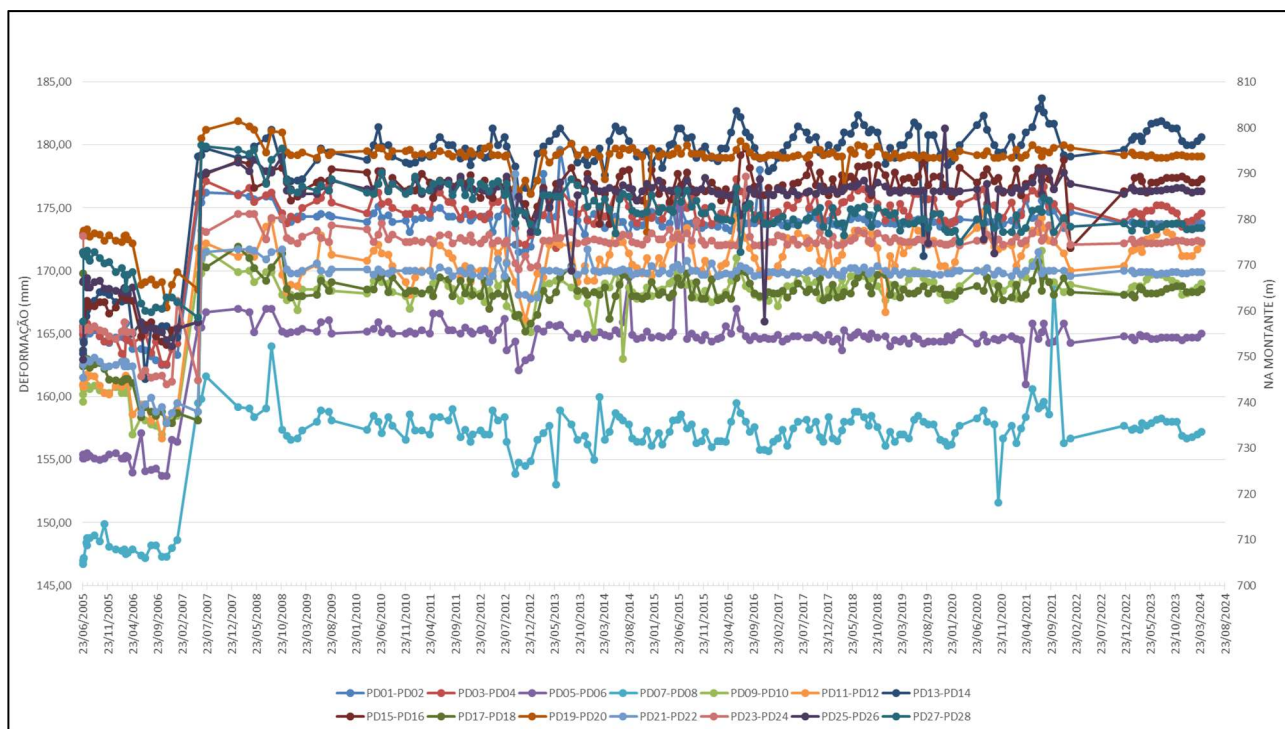
Com as medidas dos marcos superficiais seria possível realizar essa confirmação de deslocamentos, porém não foram obtidos esses dados até o dia da emissão deste relatório.

As leituras observadas nos pinos de deformações são da ordem de milímetros, portanto é importante comparar a evolução das leituras dos pinos de deformação com outros instrumentos, tais como os medidores triortogonais e marcos superficiais. Caso as leituras aumentem, devem-se verificar os motivos causadores das deformações e adotar medidas corretivas ou mitigatórias para manter as deformações em patamares controláveis e estáveis e que reflitam o comportamento esperado da estrutura.

Vale ressaltar que não se observa tendências de alteração de comportamento, ou seja, as leituras encontram-se estabilizadas, com pequenas oscilações, o que é um indicativo de que não ocorrem deformações significativas na estrutura.

A Figura 1.25 apresenta o histórico das leituras dos pinos de deformação.

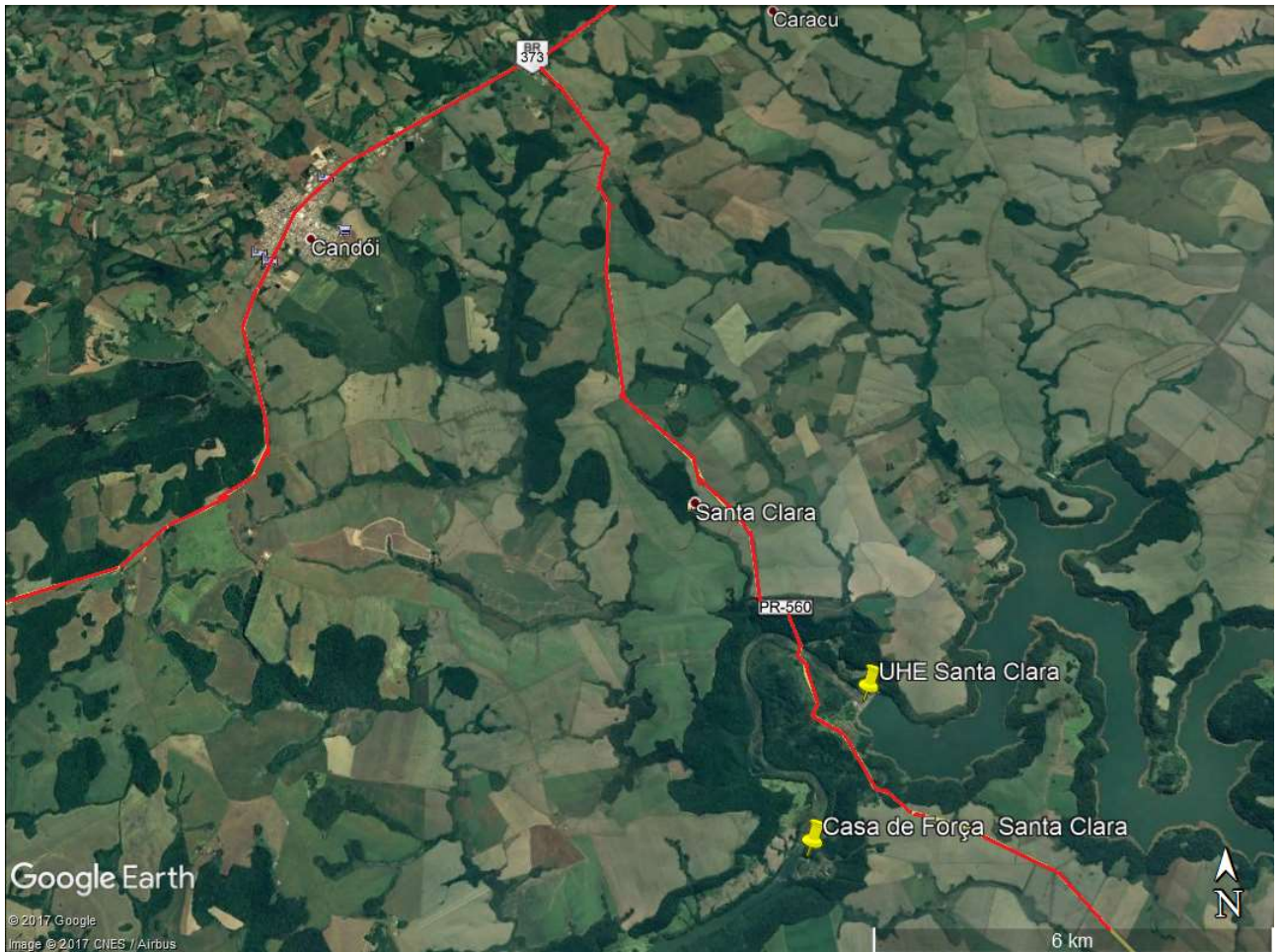
FIGURA 1.25
LEITURAS PINOS DE DEFORMAÇÃO



1.4 - Áreas do Entorno das Instalações e Acessos à Barragem

O acesso principal à barragem é feito por meio da rodovia estadual PR-560 no sentido norte sul. A UHE Santa Clara dista aproximadamente 20 km da cidade de Candói. Na Figura 1.26 é apresentado o acesso a UHE Santa Clara.

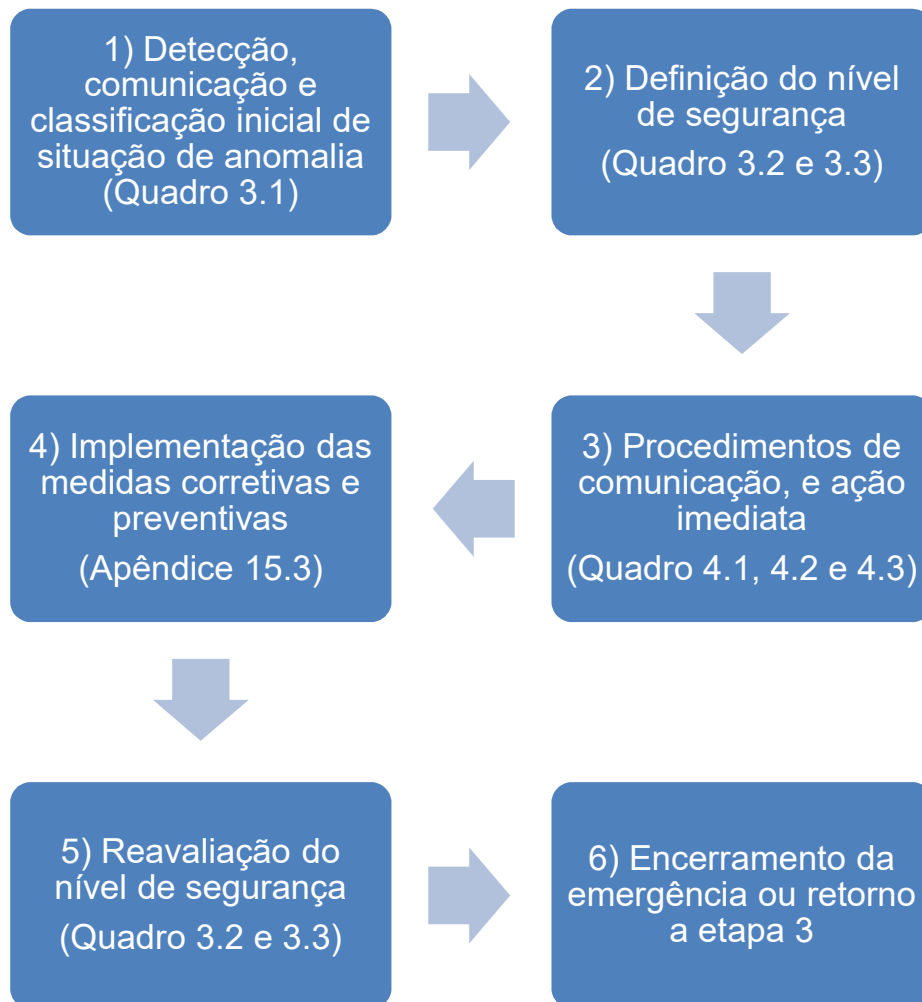
FIGURA 1.26
ACESSO A UHE SANTA CLARA



2 - UTILIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVISTOS NO PAE

Os procedimentos previstos no PAE da UHE Santa Clara estão expostos na Figura 2.1.

FIGURA 2.1
PROCESSO DAS AÇÕES DO PAE



3 - PROCEDIMENTOS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

3.1 - Detecção e Avaliação Inicial de Situação Anormal

Os procedimentos de detecção comunicação e classificação inicial das situações anormais são apresentados no Quadro 3.1.

QUADRO 3.1
PROCEDIMENTOS DE DETECÇÃO COMUNICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO INICIAL DE SITUAÇÃO ANORMAL

SITUAÇÃO	O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Detecção da situação anormal pela Usina – Ruptura Repentina	Comunicar: 1 – Operação da Usina	Observador	Após ocorrência constante nos (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE	Operação da Usina	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Declarar e Notificar 1 - Emergência (Quadro 4.3) Comunica e Mobiliza: GGI, GGL e Brigada de Emergência	Coordenador do PAE	Após confirmação da ruptura	Declaração e Notificação (Apêndice 15.4) Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após ocorrência	Relatório de registros
Detecção da situação anormal pela Usina	Comunicar: 1 – Operação da Usina	Observador	Após ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE	Operação da Usina	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 – Segurança de Barragens e / ou 2 - Hidrologia	Coordenador do PAE	Após confirmação da identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
	Tomada de decisão: 1 - Avalia a informação e define o Nível de Segurança	Coordenador do PAE e Segurança de Barragens e Hidrologia	Após comunicação do Coordenador do PAE à Segurança de Barragens e Hidrologia	Monitoramento estrutural e/ou Monitoramento hidrológico
	Declarar ou Notificar 1 - Nível Normal, ou 2 - Nível Atenção (Quadro 4.1), ou 3 - Nível Alerta (Quadro 4.2), ou 4 - Emergência (Quadro 4.3)	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação e/ou Declaração (Apêndice 15.4)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Relatório de registros
Detecção da situação anormal pelo	Comunicar: 1 - Hidrologia	Operação em Tempo Real	Após ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE 2 - Segurança de Barragens	Hidrologia	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)

SITUAÇÃO	O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Monitoramento Hidrológico	Tomada de decisão: 1 - Avalia a informação e define o Nível de Segurança	Coordenador do PAE e Segurança de Barragens e Hidrologia	Após comunicação Segurança de Barragens ou Hidrologia ao Coordenador do PAE	Monitoramento estrutural e/ou Monitoramento hidrológico
	Declarar ou Notificar 1 - Nível Normal, ou 2 - Nível Atenção (Quadro 4.1), ou 3 - Nível Alerta (Quadro 4.2), ou 4 - Emergência (Quadro 4.3)	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação e/ou Declaração (Apêndice 15.4)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Relatório de registros
Deteção da situação anormal pelo Monitoramento Estrutural	Comunicar: 1 - Coordenador do PAE 2 – Hidrologia	Segurança de Barragens	Após identificação de ocorrência constante no (Quadro 3.2 e 3.3)	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
	Tomada de decisão: 1 - Avalia a informação e define o Nível de Segurança	Coordenador do PAE e Segurança de Barragens e Hidrologia	Após comunicação Segurança de Barragens ou Hidrologia ao Coordenador do PAE	Monitoramento estrutural e/ou Monitoramento hidrológico
	Declarar ou Notificar 1 - Nível Normal, ou 2 - Nível Atenção (Quadro 4.1), ou 3 - Nível Alerta (Quadro 4.2), ou 4 - Emergência (Quadro 4.2)	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação e/ou Declaração (Apêndice 15.4)
	Registra: todas as observações e ações	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Segurança	Relatório de registros

3.2 - Caracterização dos Níveis de Segurança

A caracterização dos níveis de segurança é apresentada no Quadro 3.2.

QUADRO 3.2
CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

NÍVEL DE SEGURANÇA	SITUAÇÕES
NORMAL (Nível 0 – Verde)	<p>Quando não houver anomalias ou as que existirem não comprometerem a segurança da barragem, mas que devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de acidente muito baixa; - Corresponde a ações de monitoramento rotineiro; - São situações estáveis ou que se desenvolvem muito lentamente no tempo e que podem ser ultrapassadas sem consequências nocivas no vale a jusante; - Podem ser controladas pelo Empreendedor
ATENÇÃO (Nível 1 – Amarelo)	<p>Quando as anomalias não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de acidente baixa; - Plano de Segurança da Barragem – revisão do monitoramento rotineiro e realização de estudos e/ou ações corretivas de anomalias programadas ao longo do tempo e que não comprometem a segurança estrutural no curto prazo; - A situação tende a progredir lentamente, permitindo a realização de estudos para apoio à tomada de decisão; - Existe a convicção de ser possível controlar a situação; - O fluxo de notificações é apenas interno.
ALERTA (Nível 2 – Laranja)	<p>Quando as anomalias representam risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obriga a um estado de prontidão na barragem onde serão necessárias as medidas preventivas e corretivas previstas e os recursos disponíveis para evitar um acidente; - Probabilidade de acidente moderada; - Espera-se que ações a serem tomadas evitem a ruptura, mas pode sair do controle; - Eventual rebaixamento do reservatório (depende da avaliação técnica) - envolvendo coordenação com os demais empreendedores de barragens da cascata; - O fluxo de notificações é apenas interno, a menos que sejam necessárias descargas preventivas ou o rebaixamento do reservatório; - Existe a possibilidade de a situação se agravar, com potenciais efeitos perigosos no vale a jusante; - Deve ser avaliada a necessidade de acionamento das ações externas do PAE.
EMERGÊNCIA (Nível 3 – Vermelho)	<p>Quando as anomalias representem risco de ruptura, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de acidente elevada e iminente; - Cenário excepcional e de alerta geral; - Esvaziamento/Rebaixamento do reservatório depende da avaliação técnica da situação; - Entende-se que a segurança do vale à jusante está gravemente ameaçada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para iminente ruptura; - Alertar a ZAS e ZSS (se aplicável); - A Defesa Civil deverá evacuar a população; - Evacuação necessária interna e externamente.

3.3 - Procedimentos de Identificação de Mau Funcionamento ou Condições Potenciais de Ruptura

Os procedimentos de identificação de mau funcionamento ou condições de potencial ruptura são apresentados no Quadro 3.3.

QUADRO 3.3
DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SEGURANÇA E RESPECTIVO PROCEDIMENTO DE AÇÃO CONFORME OCORRENCIA

OCORRÊNCIA EXCEPCIONAL OU ANÔMALA		CENÁRIOS POSSÍVEIS	NÍVEL DE SEGURANÇA
	Instrumentação	Falta de dados de observação	Normal
		Constatação de dados anômalos da instrumentação de auscultação conforme níveis de segurança estabelecidos nos manuais de monitoramento	Normal
		Confirmação de comportamento anômalo da estrutura	Atenção
Anomalias estruturais na barragem e ombreiras	Trincas	Trincas estáveis, documentadas e monitoradas	Normal
		Trincas superficiais	Atenção
		Presença de trincas transversais e/ou longitudinais profundas não documentadas e/ou monitoradas: - que não se estabilizam; - passantes ou não de montante para jusante; - com percolação de água ou não	
	Deslocamentos	Deslocamentos sazonais (inverno e verão), estáveis, documentados e monitorados;	Normal
		Deslocamentos não sazonais: - não documentados e/ou monitorados; - que não se estabilizam; - causam trincas na estrutura.	Atenção
	Surgências (Áreas Atenção encharcadas ou água surgindo)	Atenção	
	Surgência de água próxima à barragem, no paramento de jusante ou ombreiras: - não documentada e/ou não monitorada; - fluxo de água com carreamento de materiais de origem desconhecida; - aumento das infiltrações com o tempo; - fluxo de água com pressão.		
	Vazamentos (fluxo de água intenso)	Vazamentos não documentados e considerados controláveis	Alerta
		Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento	
	Obstrução do sistema de drenagem da fundação	Elevação da subpressão atuante na fundação da barragem	Atenção
Cheias	Nível de água no reservatório	Nível de água abaixo ou igual ao Máximo Normal	Normal
		Perda do sistema de monitoramento	Atenção
		Nível de água entre o Máximo Normal e o Máximo Maximorum	
		Nível de água acima do Máximo Maximorum	Emergência
Falha dos sistemas de comunicação		Impossibilidade de comunicação (usina isolada)	Atenção
		Impossibilidade de comunicação com a ZAS	
Falhas em outras barragens da cascata		Barragens a jusante e / ou montante	Alerta

OCORRÊNCIA EXCEPCIONAL OU ANÔMALA	CENÁRIOS POSSÍVEIS	NÍVEL DE SEGURANÇA
Ruptura da Barragem	- Deslizamento e/ou tombamento parcial ou total da barragem - Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água - Colapso completo da estrutura	Emergência

4 - PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS A SEREM ADOTADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

No Quadro 4.1 são apresentados os procedimentos de comunicação e ações em situação de atenção. No Quadro 4.2 são apresentados os procedimentos de comunicação e ações em situação de alerta e no Quadro 4.3 são apresentados os procedimentos de comunicação e ações em situação de emergência.

QUADRO 4.1
PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ATENÇÃO

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Comunicar: GGL, GGI, GGC	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Atenção	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
Ações de Resposta: Implementar medidas preventivas e corretivas conforme o tipo de ocorrência identificado	GGI GGL BE	Após definição do Nível de Atenção	Seguir procedimentos propostos no (Apêndice 15.3)
Verifica-se: 1 - As medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede para o nível normal 2 - A situação de perigo evolui para o nível de alerta ou emergência	GGI GGL	Após implementação das ações de resposta	Avaliação estrutural e/ou avaliação hidrológica
Registra: todas as observações e ações Comunicar e notificar: Todos os envolvidos	GGI	Ao final do Nível de Atenção	Relatório de registros Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)

QUADRO 4.2
PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE ALERTA

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Comunicar: GGL, GGI, GGC Mobilizar: GGL e GGI	Coordenador do PAE	Após definição do Nível de Alerta	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)
Ações de Resposta: Implementar medidas preventivas e corretivas conforme o tipo de ocorrência identificado	GGI GGL BE	Após definição do Nível de Alerta	Seguir procedimentos propostos no (Apêndice 15.3)
Verifica-se: 1 - As medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede para o nível atenção ou normal 2 - A situação de perigo evolui	GGI GGL	Após implementação das ações de resposta	Avaliação estrutural e/ou Avaliação hidrológica
Mobilizar (situação evolui): GGC Comunicar e notificar: Usinas da cascata, prefeituras, corpo de bombeiros, Defesa Civil Municipal	GGI	Após constatação da tendência de evolução do nível de alerta	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)
Comunicar e notificar: Agentes externos envolvidos: comando da Defesa Civil, imprensa	GGC	Após mobilização do GGC	Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)
Verifica-se: 1 - As medidas implementadas têm resultado e a situação de perigo retrocede para o nível atenção 2 - A situação de perigo evolui para situação de emergência	GGI GGL GGC	Após comunicação e notificação dos agentes externos	Reavaliação estrutural e/ou reavaliação hidrológica
Registra: todas as observações e ações Comunicar e notificar: Todos os envolvidos	GGI GGL GGC	Ao final do nível de alerta	Relatório de registros Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2) Notificação (Apêndice 15.4)

QUADRO 4.3
PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Ações de Resposta: 1 - Coordenar a evacuação da Casa de força e da ZAS 2 - Condiciona os acessos à barragem Comunicar e Mobilizar: GGC	GGI GGL BE	Após definição do Nível de Emergência	Procedimentos de notificação (Capítulo 6) Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
Comunicar, Declarar e Notificar: Agentes externos envolvidos: usinas da cascata, polícia rodoviária, concessionárias de rodovias, prefeituras, corpo de bombeiros, Defesa Civil Municipal, ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias)	GGI	Após definição do Nível de Emergência	Via telefone - ver contatos ((Apêndice 15.2)) Declaração e Notificação (Apêndice 15.4) Procedimentos de notificação (Capítulo 6)
Comunicar: Apoiar o GGI na comunicação com a ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias)	GGL	Após definição do Nível de Emergência	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)
Comunicar, Declarar e Notificar: Agentes externos envolvidos: comando da Defesa Civil, imprensa, ANA, ANEEL, ONS, CENAD, Gov. Estadual, Casa Civil, IAP, IBAMA, SEMA, ICMBIO	GGC	Após definição do Nível de Emergência	Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Declaração e Notificação (Apêndice 15.4) Procedimentos de notificação (Capítulo 6)
Ações de Resposta: Tomar ações para tentar minimizar os danos	BE GGL GGI GGC	Após definição do Nível de Emergência	Seguir procedimentos propostos no (Apêndice 15.3)
Apoiar: Atividades da Defesa Civil visando a redução dos danos	GGC GGI GGL BE	Ao longo de toda a emergência	Disponibilizando recursos humanos e materiais
Registra: todas as observações e ações Comunicar e declarar: Todos os envolvidos	GGL GGI GGC	Ao final do Nível de Emergência	Relatório de Registros Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2) Declaração (Apêndice 15.4)

* Estas ações deverão ser realizadas simultaneamente

5 - PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA

5.1 - Objetivo

O objetivo do sistema de notificação e alerta é avisar os intervenientes, tomadores de decisão e população potencialmente afetada transeunte ou ocupante da Zona de Autossalvamento (ZAS), sobre as ações a serem tomadas sempre que a barragem apresentar nível de segurança fora da condição “normal”.

5.2 - Procedimentos de Notificação e Comunicação

Os procedimentos de comunicação interna e externa da UHE Santa Clara estão identificados no *Fluxograma de Notificação Conforme Nível de Segurança* (Figura 5.1), capítulo 5.4 deste documento.

Para procedimentos de comunicação interna e externa com órgãos competentes, a ELEJOR possui um sistema de rádio integrado com o sistema central da UHE Segredo e com a central de Operação de Geração e Transmissão (COGT) localizado em Curitiba. Além do sistema de rádio, o uso de telefone fixo e telefone celular também integra o procedimento de comunicação.

A comunicação e o envio de notificações para a ZAS fora do nível de segurança “emergência” são realizados através dos organismos de proteção e defesa civil locais. Uma vez que os organismos são presentes e atuantes na região e que não há população potencialmente afetada pelo rompimento da barragem da UHE Santa Clara fora da ZAS, o sistema de alerta e seus mecanismos de autoproteção não são estendidos à ZSS.

5.3 - Sistema de Alerta

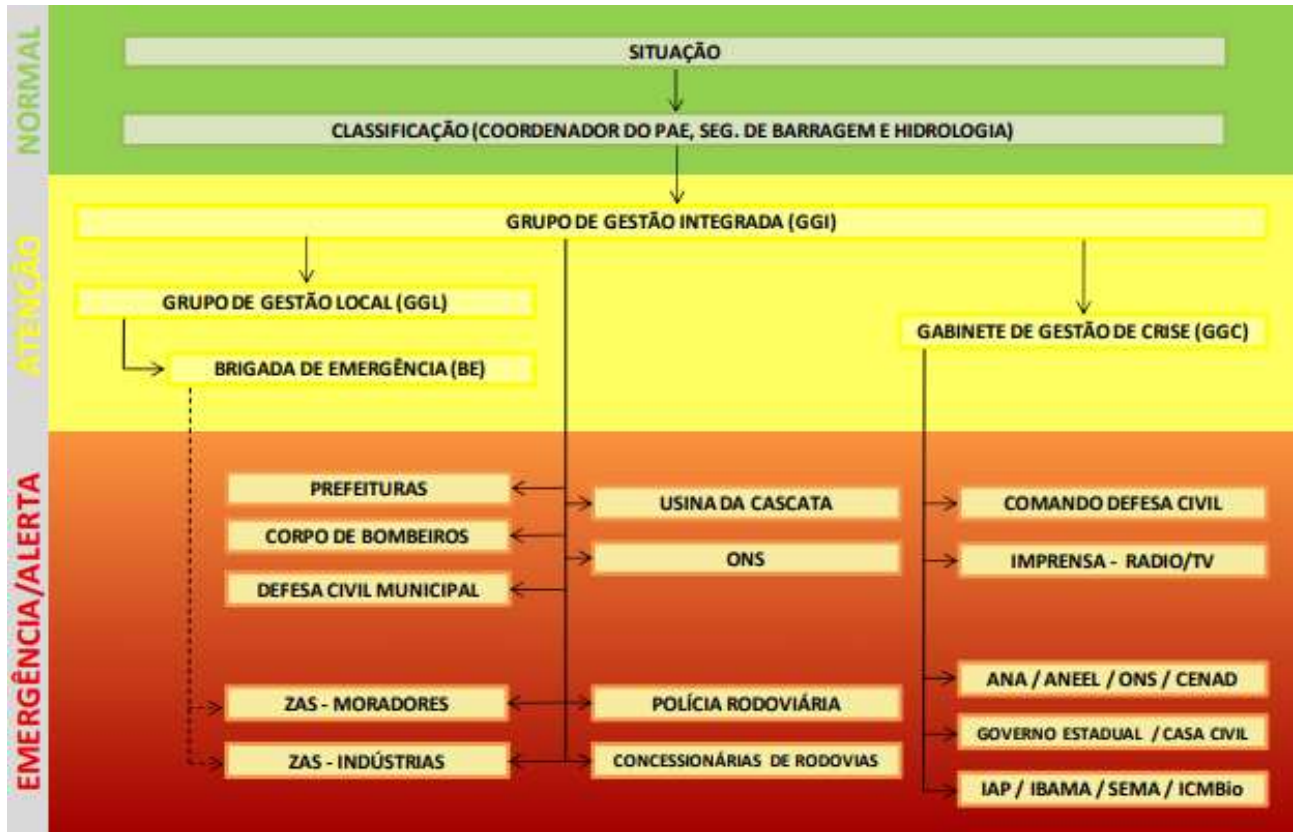
Para as situações de alerta e emergência, a UHE Santa Clara utiliza um sistema de alerta sonoro composto por 06 (seis) sirenes localizadas na ZAS. O acionamento do sistema é local, com botoeira instalada na sala de vigilância do empreendimento, transmissão de sinal através de cabo de fibra óptica e propagação do som com alcance de 120dB.

A localização das sirenes que compõem o Sistema de Alerta, bem como a definição dos pontos de encontro e rotas de fuga podem ser consultadas no desenho IFXP00050/00-3H-DE-1028, presente no apêndice 15.7 deste documento.

5.4 - Fluxograma de Notificação

Na Figura 5.1 é apresentado o fluxograma de notificação interna e externa para as situações normal, atenção, alerta e emergência. Os contatos podem ser consultados no apêndice 15.2.

FIGURA 5.1
FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO CONFORME NÍVEL DE SEGURANÇA



6 - RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE

6.1 - ELEJOR

No Quadro 6.1 são apresentadas as funções e responsabilidades de da ELEJOR na Figura 6.1 o fluxograma de ações.

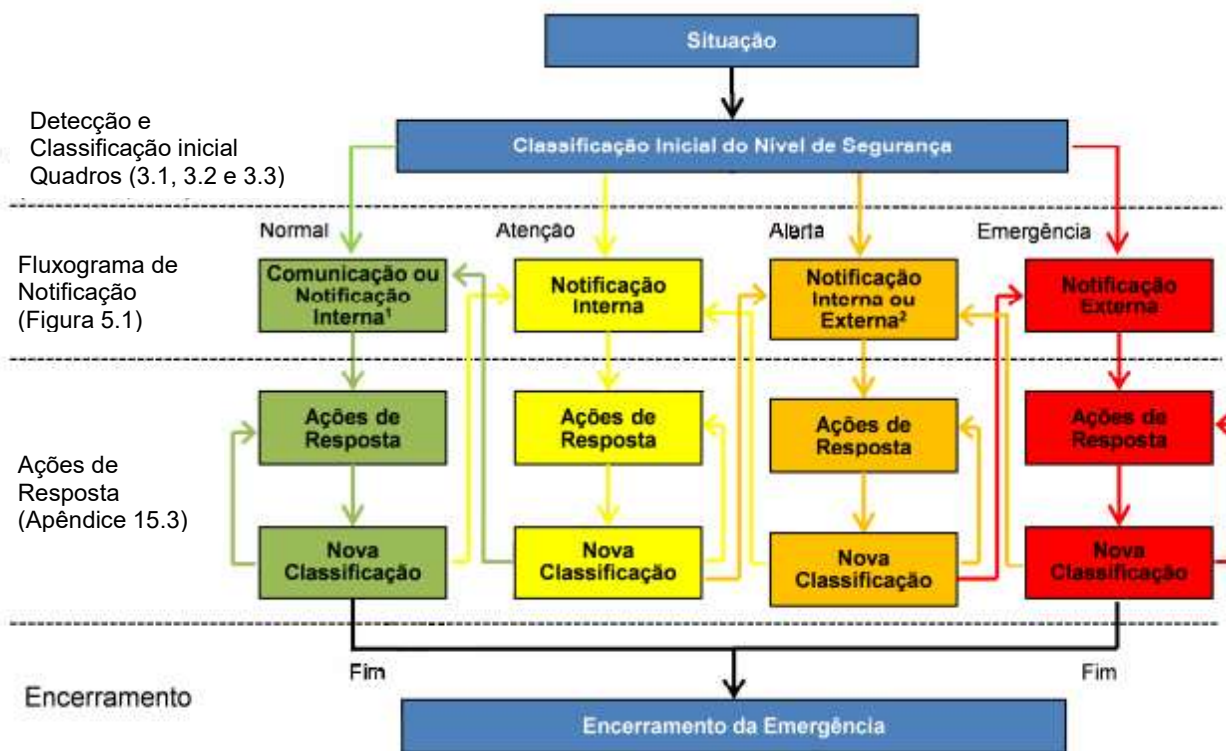
QUADRO 6.1
ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES NO PAE

FUNÇÃO	ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES
<p align="center">GABINETE DE GESTÃO DE CRISES (GGC)</p>	<p>Composto por Diretor Presidente da ELEJOR ou representante por ele designado, Superintendente responsável pelo empreendimento/usina, Coordenador do GGI, Superintendências responsáveis pelas áreas de operação, manutenção, implantação, comunicação empresarial, jurídico, meio ambiente e fundiário.</p> <p>As principais atribuições do GGC são: - definição e coordenação da comunicação oficial e notificação: comando da Defesa Civil, imprensa (rádio/tv), ANA, ANEEL, ONS, CENAD, Órgãos do Gov. Estadual, IBAMA, e ICMBio;</p> <ul style="list-style-type: none"> - disponibilização emergencial de recursos; - definição de posicionamento perante as partes interessadas; - definição do porta voz.
<p align="center">GRUPO DE GESTÃO INTEGRADA (GGI)</p>	<p>Composto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - coordenação do GGI; - coordenação do GGL (coordenador do PAE); - responsável técnico da barragem; - coordenação do Centro de Operação; - coordenação da Hidrologia; - coordenação da Segurança de Barragens; - coordenação da Engenharia Civil de projeto; - coordenação da Comunicação; - coordenação do Meio Ambiente; - coordenação do Fundiário. <p>As atribuições do GGI são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - declaração e notificação do Nível de Segurança; - encerramento das operações do Nível de Segurança; - elaboração do relatório de encerramento do Nível de Segurança; - definição das medidas corretivas e preventivas a serem implementadas quando houver alteração do nível de segurança; - avaliação técnica dos resultados das medidas corretivas e preventivas implantadas; - comunicação corporativa com o GGL e GGC; - comunicação e notificação externa: usinas da cascata, polícia rodoviária, concessionárias de rodovias, prefeituras, corpo de bombeiros, Defesa Civil municipal, ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias); - apoio ao Grupo de Gestão Local (GGL); - apoio aos treinamentos e simulações sob responsabilidade do GGL. Após a mobilização do GGI, as coordenações do GGL (coordenador do PAE), da Hidrologia, da Segurança de Barragens, da Engenharia Civil de projetos, e o Responsável Técnico da barragem são responsáveis pela reclassificação do nível de segurança após implantação das ações de resposta a possíveis condições de emergência.
<p align="center">GRUPO DE GESTÃO LOCAL (GGL)</p>	<p>Composto pelo Coordenador do GGL (Coordenador do PAE), membros da equipe de operação e manutenção da Usina Hidrelétrica Santa Clara.</p> <p>As principais atribuições do GGL são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - definir e coordenar as ações da Brigada de Emergência (BE); - avaliação local da gravidade do nível de segurança;

FUNÇÃO	ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> - implantar as medidas corretivas e preventivas localmente; - comunicação com o GGI e Brigada de Emergência (BE); - apoiar o GGI na comunicação com a ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias); - providenciar equipamentos e maquinários e demais recursos disponíveis localmente; - reorganização da área e retorno às atividades normais, após encerramento da emergência. - elaboração do relatório de ocorrência local.
<p style="text-align: center;">Brigada de Emergência (BE)</p>	<p>Composta por membros da operação e manutenção da Usina Hidrelétrica Santa Clara.</p> <p>As principais atribuições da BE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - providenciar os recursos para apoiar as ações de emergência e atuar em: · Bloqueio e controle de acessos; · Retirada imediata das pessoas presentes na Usina; · Manutenção da ordem no local da emergência; · Registro das ações tomadas. - se necessário, coordenar as ações de comunicação na ZAS.
<p style="text-align: center;">Segurança de Barragens</p>	<p>Composta por membros da equipe de Segurança de Barragens.</p> <p>As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - na fase de detecção da situação, realizar avaliação técnica e classificação da situação anômala e sua evolução, indicando ao Coordenador do PAE o Nível de Segurança; - coordenar a contratação de consultoria quando for o caso; - apoio na realização das atividades do GGI
<p style="text-align: center;">Hidrologia</p>	<p>Composta por membros da equipe de Hidrologia</p> <p>As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - na fase de detecção da situação, realizar avaliação técnica e classificação da situação anômala e sua evolução, indicando ao Coordenador do PAE o Nível de Segurança; - coordenar a contratação de consultoria quando for o caso; - apoio na realização das atividades do GGI.
<p style="text-align: center;">Operação da Usina</p>	<p>Composta por membros da equipe de Operação da Usina e Operação em Tempo Real do Centro de Operação</p> <p>As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - na fase de detecção da situação, comunicar ao Coordenador do GGL (Coordenador do PAE) e Hidrologia a Situação anormal; - apoio na realização das atividades do GGI e GGL.
<p style="text-align: center;">Coordenador do PAE</p>	<p>O Coordenador do GGL exerce a função de Coordenador do PAE.</p> <p>As principais atribuições do Coordenador do PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - avaliar e classificar o Nível de Segurança em conjunto com a equipe de Seg. de Barragem e a equipe da Hidrologia, na fase detecção e avaliação inicial de situação anormal na barragem; - declaração e notificação do Nível de Segurança em todas as fases; - mobilizar e coordenar o Grupo de Gestão Local (GGL); - iniciar e encerrar a situação de emergência; - apoio na realização das atividades do GGI; - aprovar o PAE juntamente com o Diretor Presidente da ELEJOR, Coordenador do GGI e o Responsável Técnico da barragem.

FUNÇÃO	ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES
<p>Responsável Técnico da barragem</p>	<p>É o Engenheiro responsável pela segurança da barragem, que possui atribuições profissionais compatíveis com as de projeto, construção, operação ou manutenção de barragens.</p> <p>As principais atribuições do Responsável Técnico da barragem são: - apoio na realização das atividades do GGI; - condução da elaboração do PAE; - aprovar o PAE juntamente com o Diretor Presidente da ELEJOR, Coordenador do GGL (Coordenador do PAE) e Coordenador do GGI.</p>

**FIGURA 6.1
FLUXOGRAMA DE AÇÕES PAE**



6.2 - ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a entidade fiscalizadora responsável pelas barragens cujo principal uso é a geração de energia. A ANEEL estabeleceu, por meio da Resolução Normativa nº 1.064, de 02 de maio de 2023, critérios e ações de segurança de barragens associadas a usinas hidrelétricas em conformidade com a Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Cabe à ANEEL informar à autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama e ao órgão de proteção e defesa civil, a ocorrência de desastre ou acidente nas barragens sob sua jurisdição, além de qualquer incidente que possa colocar em risco a segurança da estrutura, conforme Art. 22 da Resolução Normativa 1.064/2023 da ANEEL.

6.3 - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINDEC)

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), que atua na redução de desastres em todo o território nacional, no âmbito federal, pelo Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres (CENAD) no nível estadual, pelas Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores, respondendo regionalmente as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (CORDEC), que comportam diversos órgãos estaduais (por exemplo, a polícia militar e os Corpos de bombeiros) no âmbito municipal, pelas Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que comportam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo, secretarias municipais de saúde, subprefeituras, serviços de águas e esgoto). Na Figura 6.2 é apresentada a organização esquemática do sistema nacional de proteção e defesa civil.

FIGURA 6.2
ORGANIZAÇÃO ESQUEMATICA DO SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL



Tipicamente, as responsabilidades deste sistema relacionam-se com o alerta, a evacuação e a sensibilização e educação das populações no que diz respeito à atuação em emergências.

7 - RECURSOS MATERIAIS E LOGISTICOS NA BARRAGEM

7.1 - Sistema de Iluminação e Alimentação de Energia

A UHE Santa Clara possui sistema de iluminação na barragem e sala de baterias que permite o funcionamento contínuo do sistema em caso de queda de energia.

7.2 - Recursos Materiais Mobilizáveis em Situação de Emergência

A ELEJOR possui bombas de drenagem e esgotamento, gerador, ferramentas gerais, veículos 4x4 e materiais de primeiros socorros. Todos estes equipamentos poderão ser mobilizados em situações de emergência.

8 - SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS

8.1 - Área de Estudo

A propagação das ondas foi realizada no trecho do Rio Jordão entre o reservatório da UHE Santa Clara e a PCH Derivação do Rio Jordão conforme apresentado na Figura 8.1.

FIGURA 8.1
ÁREA DE ESTUDO RIO JORDÃO



8.2 - Critérios e Cenários de Modelagem da Cheia de Ruptura

Dadas as limitações de resolução do MDE disponível, adotou-se células retangulares com dimensão 30x30 m, sendo que a calha do rio teve um refinamento maior com células de 10x10 m. Para a condição de contorno de montante adotou-se a vazão afluyente e vazão incremental em cada reservatório, enquanto a condição de jusante foi a profundidade normal na última seção, considerando uma declividade de 0,0025 m/m. A Figura 8.2 apresenta o modelo elaborado no software HEC-RAS.

Também foram definidas, seções de referência para extração de informações relevantes para ações em casos emergenciais, como cota máxima, velocidade máxima e profundidade máxima na seção. As seções foram delimitadas com base nas seguintes distâncias em relação ao seu respectivo barramento 0,1, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8 km. Nem todos os trechos possuem estas distâncias, de modo que as seções são traçadas até o limite do próximo reservatório ou final da malha computacional. A Figura 8.3 apresenta um detalhe para as seções de referência utilizadas.

FIGURA 8.2
REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL

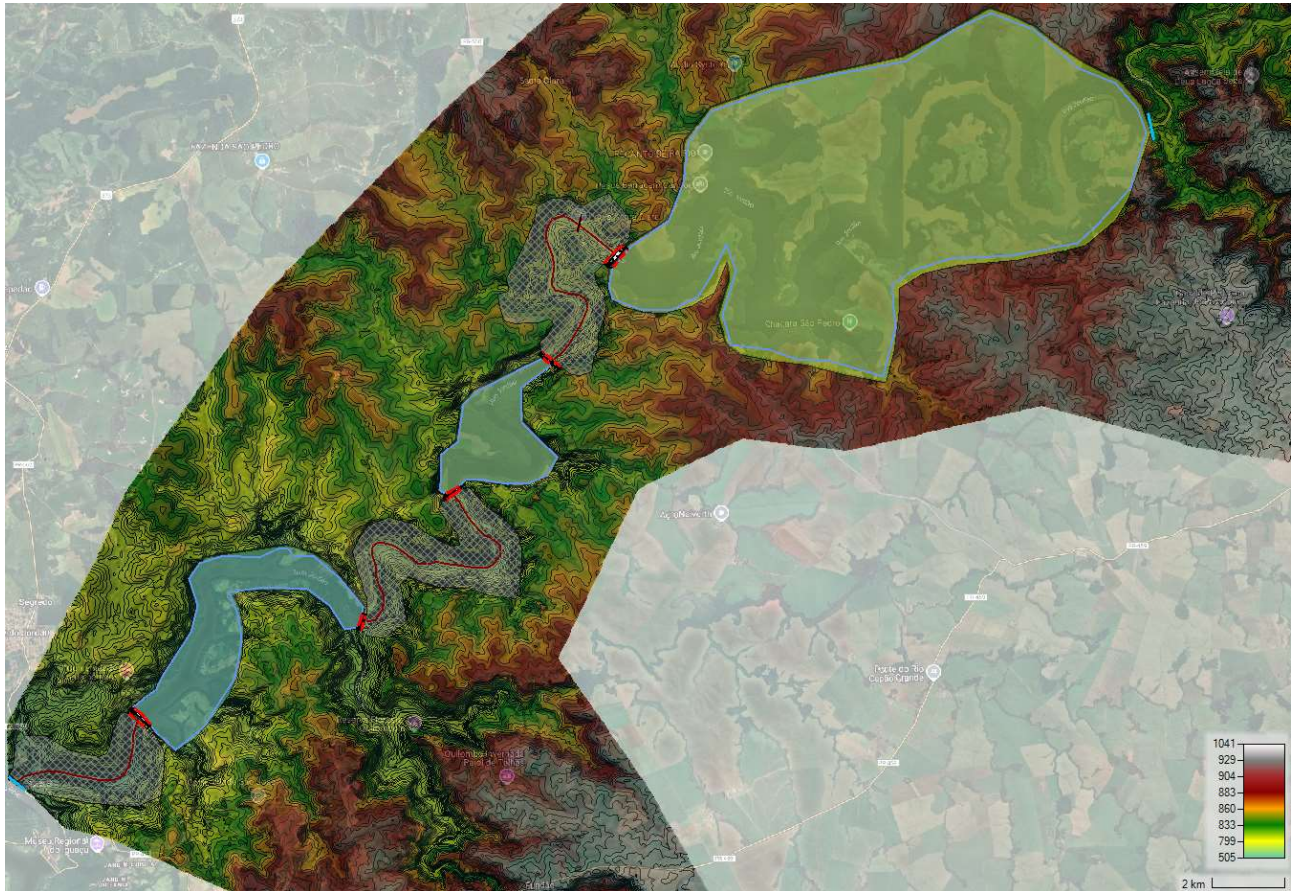


FIGURA 8.3
REGIÕES E MALHAS ADOTADAS PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL



8.2.1 - Brecha de Ruptura

No Quadro 8.1, Quadro 8.2, Quadro 8.3 e Quadro 8.4 são apresentadas as características da brecha de ruptura das usinas em cascata para o caso de ruptura em situação normal de

operação (*piping*), situação de passagem da cheia milenar/decamilenar (*overtopping*) e situação onde a ruptura de uma barragem de montante causa o galgamento do nível de coroamento de uma barragem a jusante.

QUADRO 8.1
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – ROMPIMENTO CONSIDERANDO QMLT (*PIPPING*)

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	811,00	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	805,00	705,50	610,00
Largura no fundo da brecha (m)	140	53	69
Cota final da falha (m)	744,00	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	1,77	0,81	0,81

QUADRO 8.2
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO MILENAR (*OVERTOPPING*)

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	811,00	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	808,70	709,23	614,71
Largura no fundo da brecha (m)	194	74	90
Cota final da falha (m)	744,00	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	2,07	0,90	0,86

QUADRO 8.3
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO DECAMILENAR (*OVERTOPPING*)

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	811,00	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	809,35	709,90	615,87
Largura no fundo da brecha (m)	196	75	92
Cota final da falha (m)	744,00	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	2,10	0,92	0,88

QUADRO 8.4
CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – CASO A RUPTURA A MONTANTE CAUSE RUPTURA A JUSANTE

BRECHA	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ
Coroamento da barragem (m)	N/A	712,50	616,00
NA do Reservatório na Falha (m)	N/A	712,50	616,00
Largura no fundo da brecha (m)	N/A	80	92
Cota final da falha (m)	N/A	670,00	543,00
Tempo de formação da brecha (horas)	N/A	0,98	0,88

A Figura 8.4, Figura 8.5 e Figura 8.6 contém a representação das seções dos barramentos dentro do modelo, assim como a brecha formada considerando a vazão decamilenar e o rompimento da UHE SCL. Como foi fornecida a curva de descarga de cada vertedor para o software, a única variável que influencia os resultados do modelo é a largura do vertedor, já que a descarga e cota no reservatório passam a ser condições de contorno.

FIGURA 8.4
SEÇÃO MODELADA DA UHE SCL E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

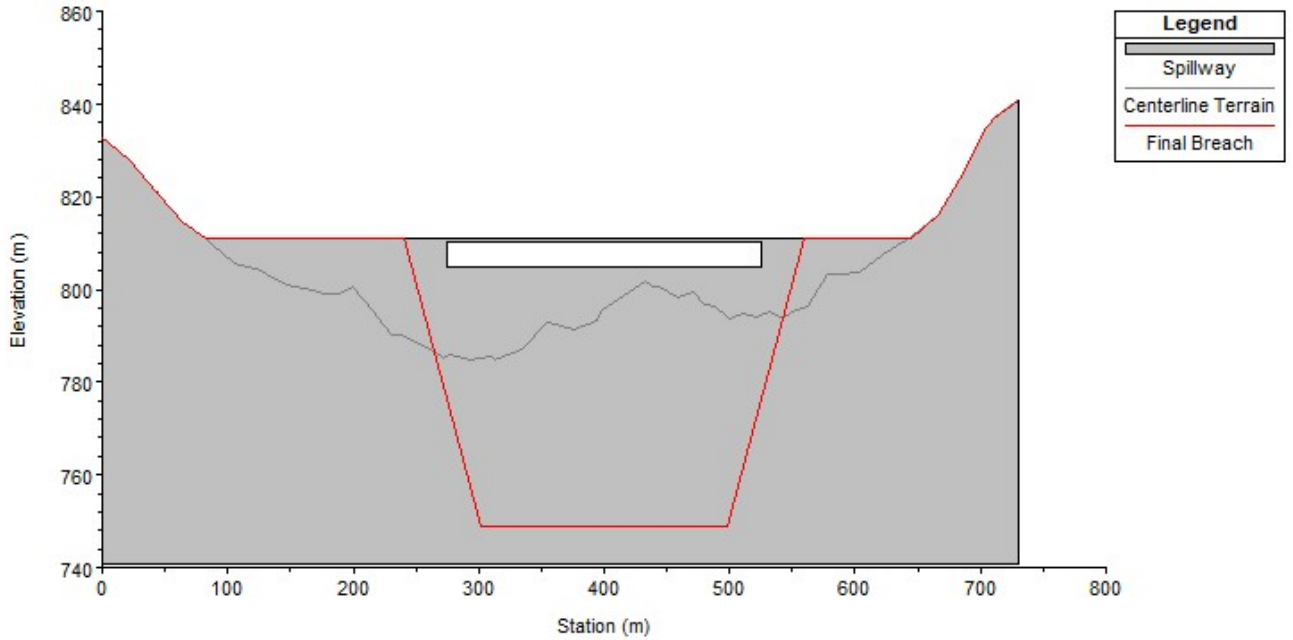


FIGURA 8.5
SEÇÃO MODELADA DA UHE FND E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

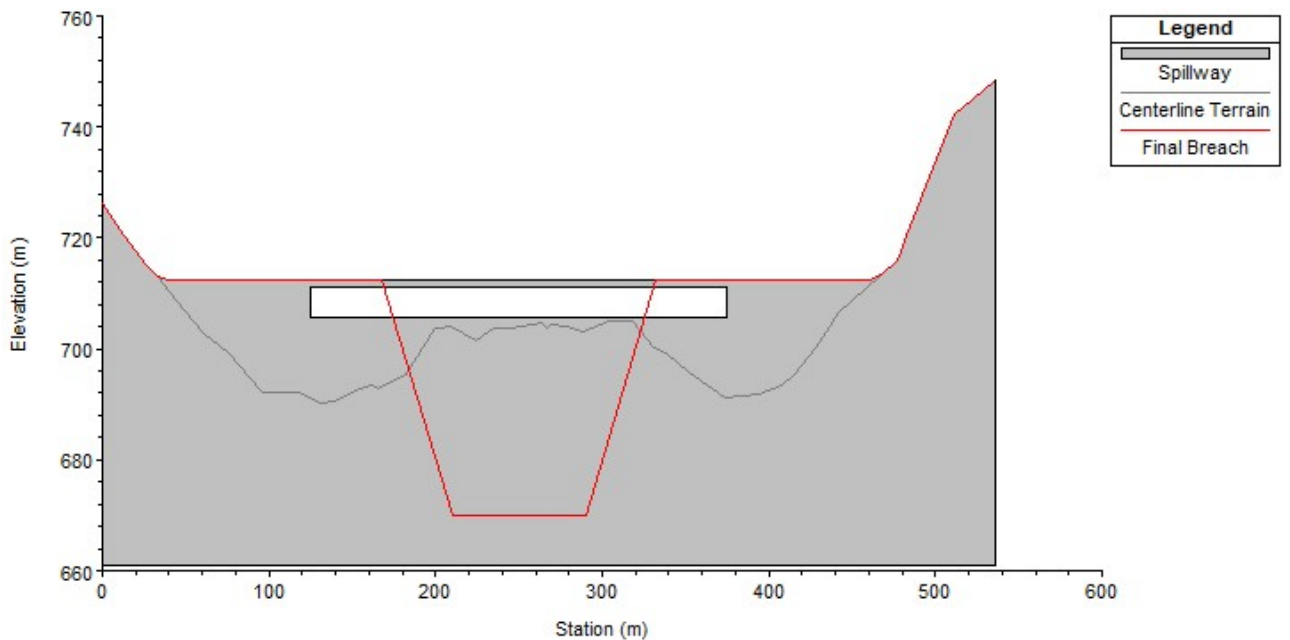
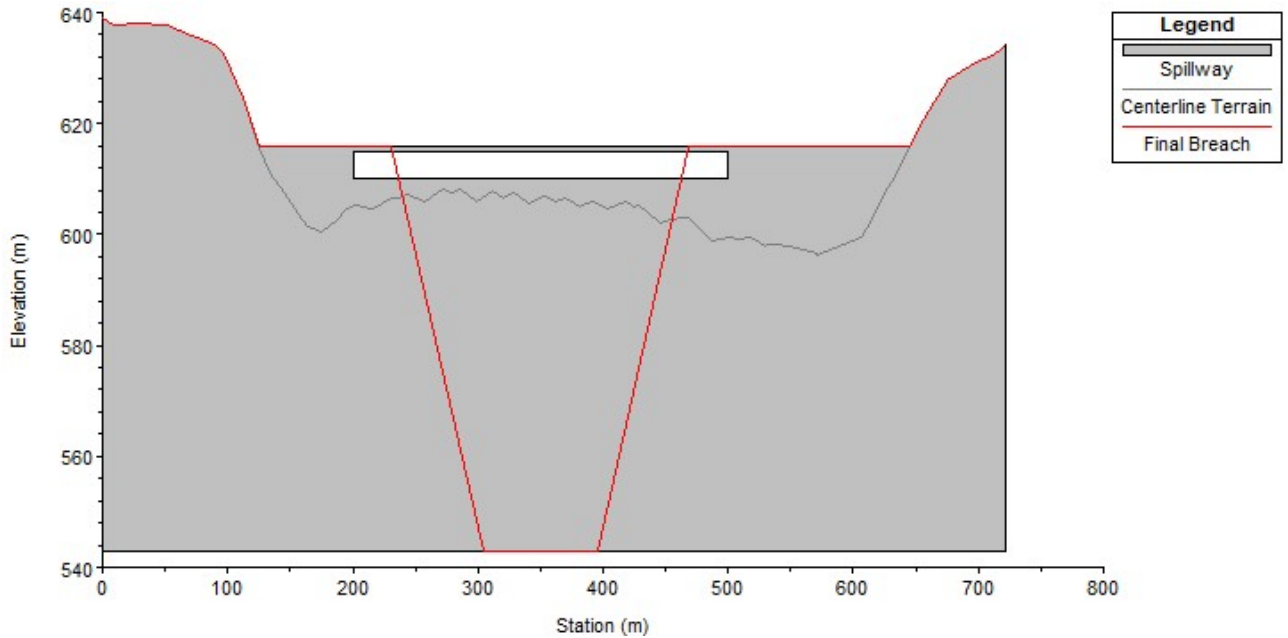
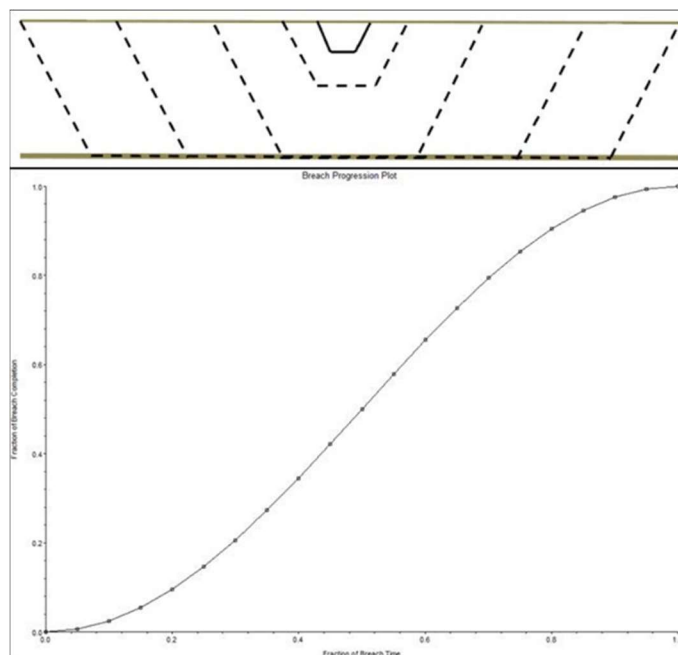


FIGURA 8.6
SEÇÃO MODELADA DA UHE DRJ E BRECHA FINAL DA RUPTURA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL



Além da geometria da brecha é informada a progressão da brecha no tempo, informando a taxa de crescimento entre as dimensões horizontal e vertical. Essa progressão foi simulada com meia onda seno, que apresenta um crescimento lento e um desenvolvimento rápido, a Figura 8.7 apresenta o esquema de evolução da brecha no tempo utilizado na simulação.

FIGURA 8.7
PROGRESSÃO DA BRECHA NO TEMPO



8.2.2 - Cenários e Condições de Contorno

Como o trecho da cascata avaliado possui 03 (três) usinas, a condição de ruptura da usina mais a montante sempre afeta a condição da usina que se encontra à jusante. Por essa razão, os cenários foram montados de modo a existir 01 (uma) condição de controle sem nenhuma ruptura e 03 (três) condições com ruptura individual das barragens, porém estas 03 (três) últimas condições podem levar à ruptura das demais usinas, caso o nível do coroamento da usina seja superado.

Por exemplo, dado um cenário de vazão milenar (TR 1.000 anos) e a UHE Santa Clara (UHE SCL) está programada para romper durante o pico da vazão, como as UHE Fundão (UHE FND) e a UHE Derivação do Rio Jordão (UHE DRJ) se encontram depois da UHE Santa Clara, caso a ruptura da UHE SCL gere níveis nos reservatórios das demais usinas acima dos seus respectivos níveis máximos *maximorum*, as respectivas usinas também rompem.

Para os cenários referentes à vazão média de longo termo (QMLT), a ruptura da barragem programa se dá por *pipping*, enquanto que nos casos de vazão com TRs mais elevados a ruptura ocorre por *overtopping*. Vale comentar, que as usinas que rompem por consequências da ruptura de outra usina, tem suas brechas calculadas a partir de um cenário de *overtopping*.

O Quadro 8.5 apresenta um resumo dos cenários simulados. Vale lembrar que o mecanismo de falha apenas indica o modo de propagação da falha durante a simulação, e não que efetivamente o barramento falhará por galgamento (*overtopping*) ou erosão interna (*pipping*).

QUADRO 8.5
CENÁRIOS DE RUPTURA AVALIADOS

VAZÃO AFLUENTE	UHE SCL	UHE FND	UHE DRJ	MECANISMOS DE FALHA
QMLT	Não Rompe	Não Rompe	Não Rompe	N/A
QMLT	Rompe	Pode romper	Pode romper	<i>Pipping e Overtopping</i>
QMLT	Não Rompe	Rompe	Pode romper	<i>Pipping e Overtopping</i>
QMLT	Não Rompe	Não Rompe	Rompe	<i>Pipping</i>
TR 1.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Não Rompe	N/A
TR 1.000 ANOS	Rompe	Pode romper	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 1.000 ANOS	Não Rompe	Rompe	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 1.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Rompe	<i>Overtopping</i>
TR 10.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Não Rompe	N/A
TR 10.000 ANOS	Rompe	Pode romper	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 10.000 ANOS	Não Rompe	Rompe	Pode romper	<i>Overtopping</i>
TR 10.000 ANOS	Não Rompe	Não Rompe	Rompe	<i>Overtopping</i>

8.3 - Modelagem da Cheia de Ruptura - Resultados

Para a elaboração do modelo hidráulico foi utilizado o software HEC-RAS 6.3.1 do corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos da América. Para o cálculo do escoamento em regime não permanente são utilizados os princípios de conservação de massa e momento, em um volume de controle.

Independentemente do tipo de cenário de vazão simulado (QMLT, Milenar ou Decamilenar), a pior situação observada sempre ocorre a partir do rompimento da barragem da UHE Santa Clara. Nos cenários avaliados, o rompimento da barragem da UHE SCL sempre causou o galgamento das demais barragens, e conseqüentemente também os seus rompimentos.

Dado o volume e altura da barragem da UHE SCL, é possível observar que a sua ruptura é uma situação catastrófica não só para as UHE FND e UHE DRJ, como também para as demais usinas que se encontram a jusante de SCL, no rio Jordão.

O Quadro 8.6 apresenta o tempo aproximado que o pico da cheia resultante das rupturas leva para atravessar cada trecho de rio. O comprimento do trecho de rio considerado, representa a região que interliga a barragem que inicialmente rompeu na simulação, até a junção do rio Jordão com o rio Iguaçu.

Nota-se que o tempo entre o início do rompimento e da saída do pico da onda de cheia do sistema diminui gradativamente, à medida que o hidrograma afluente aumenta.

QUADRO 8.6
TEMPO DE TRÁFEGO DO PICO DA ONDA DE CHEIA A PARTIR DA RUPTURA DAS BARRAGENS

CENÁRIO	COMPRIMENTO DO TRECHO (KM)	TEMPO DE PROPAGAÇÃO DA ONDA (horas)	VELOCIDADE MÉDIA DA ONDA (M/S)
QMLT e Rompimento da UHE SCL	36,6	2:30	4,07
QMLT e Rompimento da UHE FND	22,6	1:50	3,42
QMLT e Rompimento da UHE DRJ	4,7	1:00	1,31
TR 1,000 ANOS e Rompimento da UHE SCL	36,6	2:05	4,88
TR 1,000 ANOS e Rompimento da UHE FND	22,6	1:43	3,66
TR 1,000 ANOS e Rompimento da UHE DRJ	4,7	0:47	1,67
TR 10.000 ANOS e Rompimento da UHE SCL	36,6	2:00	5,08
TR 10.000 ANOS e Rompimento da UHE FND	22,6	1:30	4,19
TR 10.000 ANOS e Rompimento da UHE DRJ	4,7	0:50	1,57

Para cada um dos 3 trechos após as respectivas barragens, foi feita a avaliação das simulações a partir de seções de referência. O Quadro 8.7, Quadro 8.8 e Quadro 8.9 apresentam os resultados de profundidade, velocidade e cota máxima encontrada em cada uma das seções.

QUADRO 8.7
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA PROFUNDIDADE (M) EM CADA SEÇÃO

VAZÃO RUPTURA	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10.000 ANOS			
	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
SCL 0100 m	1,1	40,9	0,4	0,4	8,2	45,7	8,2	8,2	12,0	56,0	12,7	12,7
SCL 1000 m	1,1	39,4	1,2	1,3	9,1	44,0	9,1	9,1	11,8	56,8	11,7	11,7
SCL 2000 m	1,4	40,1	1,4	1,4	8,3	44,9	8,3	8,3	10,2	41,6	10,3	10,3
SCL 3000 m	0,9	36,5	1,0	0,9	6,8	40,3	6,8	6,8	9,1	37,6	9,0	9,0
SCL 4000 m	1,3	38,2	1,2	1,0	8,4	42,0	8,4	8,4	10,9	39,8	10,2	10,2
SCL 5000 m	0,6	28,4	1,4	1,3	4,5	32,4	4,5	4,5	5,6	29,4	5,6	5,6
SCL 6000 m	1,0	35,7	8,2	10,4	10,4	39,1	10,4	10,4	10,0	36,3	9,4	9,4
FND 0100 m	1,6	43,1	17,1	1,3	9,2	47,8	22,3	9,2	11,5	44,4	23,1	11,4
FND 1000m	1,0	43,3	15,8	1,0	6,2	47,9	22,3	6,2	9,3	44,4	23,2	9,2
FND 2000 m	1,8	43,9	20,7	2,8	12,2	48,8	25,4	12,2	14,8	45,0	26,0	14,8
FND 3000m	1,2	38,3	16,2	1,4	9,4	42,1	20,9	9,4	12,1	39,3	21,8	12,0
FND 4000 m	1,2	38,4	15,2	1,5	8,7	42,8	20,1	8,7	11,2	39,5	21,0	11,2
FND 5000 m	0,8	29,1	12,7	1,0	8,2	33,3	15,7	8,2	9,7	30,0	16,2	9,7
FND 6000 m	1,4	29,4	12,1	1,6	8,2	34,6	15,2	8,2	9,0	30,1	15,8	9,4
FND 8000 m	1,3	38,1	15,5	1,8	9,2	42,3	20,2	9,2	10,9	40,0	21,0	10,9
DRJ 0100 m	1,6	58,3	10,6	35,4	10,8	61,3	46,6	43,6	14,1	58,9	47,6	44,3
DRJ 1000m	2,6	60,5	17,2	40,1	17,2	63,6	49,8	47,1	20,2	60,8	50,7	47,8
DRJ 2000 m	1,1	56,1	10,9	33,3	11,2	59,6	43,7	40,5	16,7	56,5	44,8	41,3
DRJ 3000 m	1,6	57,1	15,6	38,1	15,9	59,9	46,9	44,2	19,1	57,4	47,8	44,9
DRJ 4000 m	0,9	41,3	8,7	24,2	8,7	44,1	31,8	29,5	10,8	42,1	32,6	30,0
FINAL	1,4	37,4	7,7	19,7	7,7	40,2	27,8	25,4	9,2	37,4	28,6	26,0

QUADRO 8.8
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA VELOCIDADE (M/S) EM CADA SEÇÃO

VAZÃO RUPTURA	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10.000 ANOS			
	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
SCL 0100 m	1,9	12,3	0,7	0,7	5,0	8,3	5,0	5,0	4,4	7,8	5,7	5,7
SCL 1000 m	2,4	10,2	1,4	1,5	4,3	11,6	4,3	4,4	4,2	10,9	4,2	4,2
SCL 2000 m	2,1	10,1	1,9	2,0	6,6	11,0	6,6	6,6	6,3	10,6	6,3	6,3
SCL 3000 m	1,8	11,6	2,0	1,8	6,0	13,1	6,0	6,0	7,0	12,6	7,1	7,1
SCL 4000 m	2,6	8,4	2,7	2,6	5,5	9,3	5,5	5,5	5,2	8,8	5,2	5,2
SCL 5000 m	2,5	17,5	2,7	2,4	10,0	18,2	10,0	10,0	10,7	17,2	10,7	10,7
SCL 6000 m	1,7	14,8	7,5	6,4	6,4	15,9	6,4	6,4	6,9	15,0	7,0	7,0
FND 0100 m	1,1	7,6	9,2	1,1	4,7	8,4	5,6	4,7	5,2	7,7	5,4	5,1
FND 1000m	2,4	11,1	9,5	2,5	7,1	11,7	10,4	7,1	7,0	10,8	9,8	7,0
FND 2000 m	1,3	15,5	9,3	3,9	6,3	15,9	11,6	6,3	7,1	15,8	11,7	7,1
FND 3000m	1,9	13,2	8,3	2,2	5,5	14,2	10,0	5,5	6,5	13,5	10,1	6,5
FND 4000 m	1,5	13,8	9,6	1,9	6,0	14,4	11,3	6,0	6,9	14,3	11,3	6,9
FND 5000 m	1,3	16,5	9,9	1,5	6,0	17,1	12,0	6,0	7,7	16,9	12,3	7,7
FND 6000 m	2,5	13,6	10,5	2,7	9,0	14,1	11,3	9,0	9,1	13,8	10,8	8,9
FND 8000 m	1,5	15,3	8,6	2,3	6,4	16,2	10,1	6,4	7,8	15,4	10,2	7,5
DRJ 0100 m	1,3	15,6	8,3	10,8	8,2	15,4	12,2	10,8	8,3	14,5	12,4	11,2
DRJ 1000m	2,8	16,7	8,8	15,2	8,8	16,9	16,1	16,0	9,8	16,9	16,3	16,1

VAZÃO	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10.000 ANOS				
	RUPTURA	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
DRJ 2000 m		2,1	18,8	10,7	17,0	10,3	19,2	17,9	18,2	10,5	18,9	18,1	18,0
DRJ 3000 m		2,2	17,0	6,6	13,5	6,6	17,4	15,5	15,2	7,3	17,0	15,7	15,2
DRJ 4000 m		3,3	19,6	12,7	18,1	12,9	19,8	19,0	18,9	14,4	19,0	17,8	17,6
FINAL		1,7	21,2	9,7	19,0	10,0	21,5	20,3	20,1	10,8	20,5	19,6	19,4

QUADRO 8.9
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – RESUMO DA MÁXIMA COTA (M) EM CADA SEÇÃO

VAZÃO	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10.000 ANOS				
	RUPTURA	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
SCL 0100 m		743,1	786,3	742,4	742,4	750,2	791,6	750,2	750,2	754,0	800,0	754,8	754,8
SCL 1000 m		741,7	780,3	741,6	741,7	749,6	784,5	749,6	749,6	752,1	797,1	752,2	752,2
SCL 2000 m		738,9	777,8	738,9	738,9	745,8	782,7	745,8	745,8	747,7	779,1	747,8	747,8
SCL 3000 m		736,5	772,1	736,6	736,5	742,3	775,9	742,3	742,3	744,6	773,2	744,6	744,6
SCL 4000 m		733,0	769,8	732,9	732,7	740,2	773,6	740,2	740,2	741,9	770,8	742,0	742,0
SCL 5000 m		727,0	756,1	727,9	727,8	731,0	759,0	731,0	731,0	732,1	757,0	732,1	732,1
SCL 6000 m		707,5	742,3	721,0	723,3	723,3	745,7	723,3	723,3	716,5	742,8	715,9	715,9
FND 0100 m		670,1	712,2	684,1	667,8	675,6	716,9	690,0	675,6	677,5	713,5	690,8	677,6
FND 1000m		664,5	705,8	678,4	664,4	668,9	710,4	684,8	668,9	672,0	706,9	685,7	672,0
FND 2000 m		655,3	697,5	674,2	656,3	665,7	702,3	678,9	665,7	668,3	698,6	679,6	668,3
FND 3000m		651,2	688,4	666,3	651,5	659,5	692,1	670,9	659,5	662,1	689,3	671,8	662,1
FND 4000 m		653,7	691,1	667,8	654,0	661,2	695,7	672,8	661,2	663,8	692,1	673,6	663,8
FND 5000 m		649,3	678,0	661,2	649,5	656,7	682,0	664,2	656,7	658,2	678,9	664,7	658,2
FND 6000 m		645,9	676,0	659,5	646,1	653,3	680,4	662,9	653,3	653,5	676,9	663,5	654,1
FND 8000 m		616,8	654,6	631,2	617,3	624,8	658,9	636,0	624,8	626,4	655,5	636,9	626,5
DRJ 0100 m		538,2	601,3	546,9	571,7	547,1	602,4	584,7	580,7	550,5	601,3	585,0	581,5
DRJ 1000m		521,7	581,6	536,5	560,6	536,5	584,6	569,7	567,3	539,2	582,3	571,1	567,8
DRJ 2000 m		516,1	574,5	525,9	548,5	526,2	578,2	560,7	556,9	531,8	574,8	562,0	557,8
DRJ 3000 m		512,1	567,6	526,1	548,6	526,4	570,5	557,4	554,7	529,6	567,9	558,3	555,4
DRJ 4000 m		507,4	551,1	515,2	534,9	515,2	553,4	541,6	539,5	517,3	551,0	542,3	539,9
FINAL		506,5	543,8	513,0	526,3	513,1	547,6	534,2	531,8	514,9	543,4	535,0	532,4

Para apresentação dos hidrogramas, optou-se por apresentar os 3 cenários mais representativos: Ruptura da UHE SCL com passagem da vazão QMLT, passagem da vazão decamilenar sem nenhuma ruptura e passagem da vazão decamilenar com ruptura da UHE SCL.

A Figura 8.8, Figura 8.9, Figura 8.10, Figura 8.11, Figura 8.12 e Figura 8.13 contém os hidrogramas de cada uma das seções, assim como os hidrogramas de vazão afluente e defluente dos barramentos. Como a cheia decamilenar com ruptura da SCL possui uma duração longo, fez-se um detalhamento do pico do hidrograma (Figura 8.14 e Figura 8.15).

O Quadro 8.10, Quadro 8.11 e Quadro 8.12 contém as informações sobre o trânsito das cheias considerando as seções de referência utilizadas. Assim como esperado, pode-se observar que os trechos entre os barramentos não geram um grande amortecimento durante a cheia. Isto ocorre, pois o vale é bem encaixado e os trechos entre barramentos é curto.

FIGURA 8.8
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL

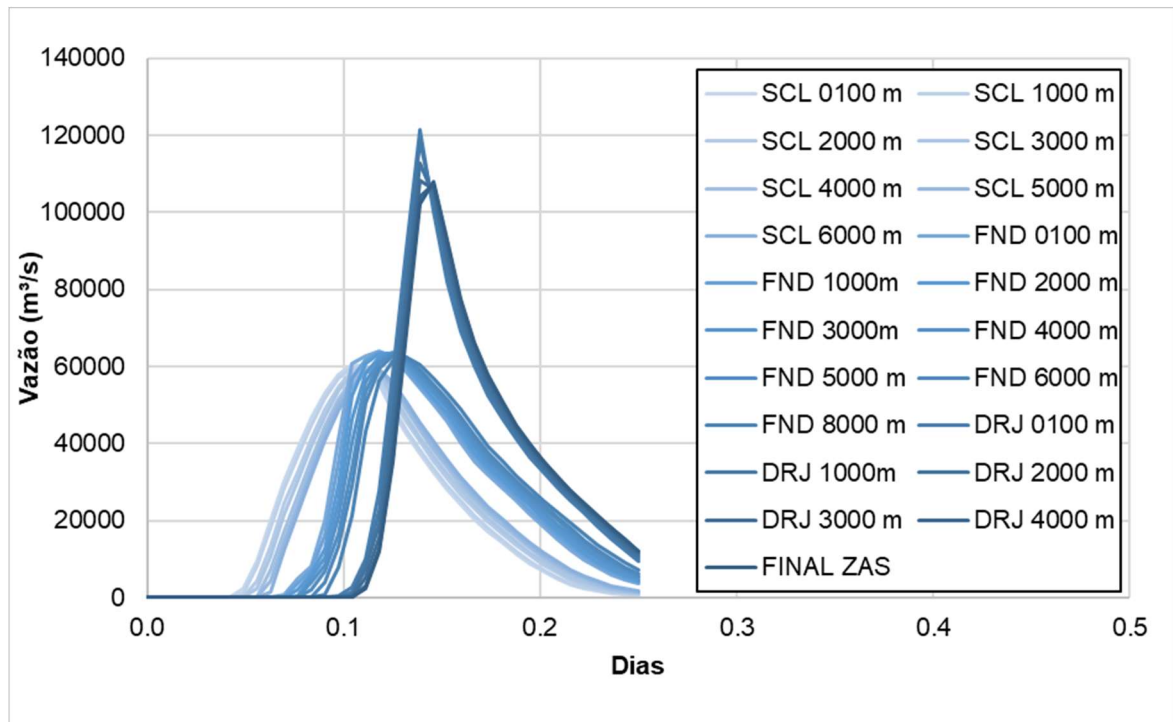
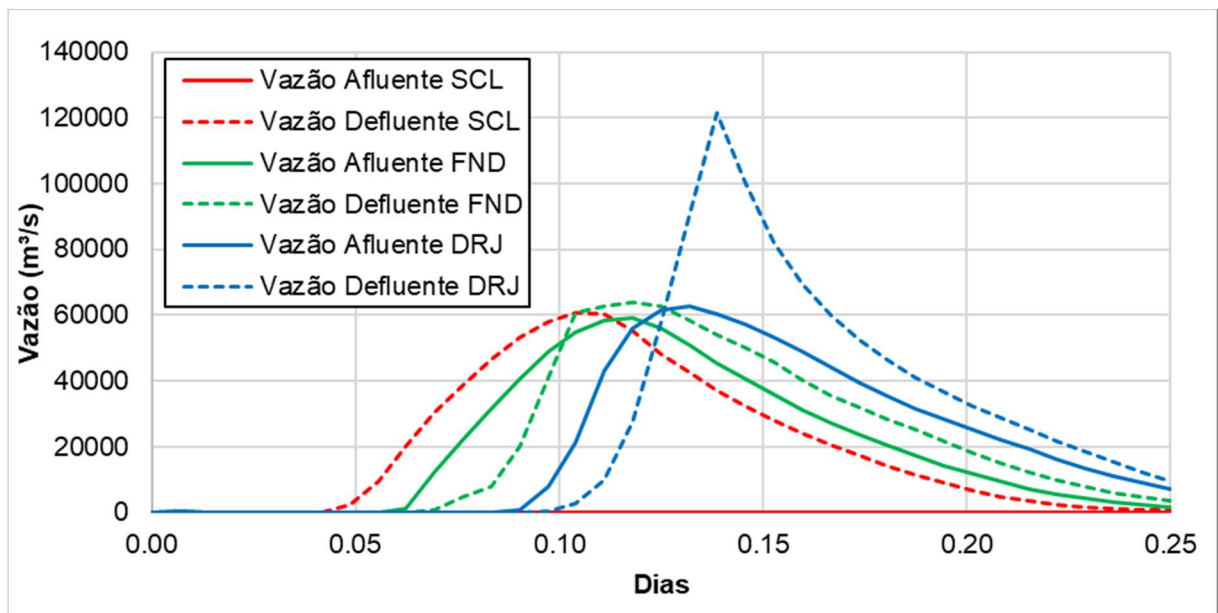


FIGURA 8.9
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL



QUADRO 8.10
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO QMLT E ROMPIMENTO DA UHE SCL

SEÇÃO	DISTÂNCIA DA UHE SCL (KM)	TEMPO DE CHEGADA DO PICO (HORAS)	TEMPO DE TRÂNSITO DO PICO (HORAS)	VAZÃO DE PICO (M³/S)
Defluência SCL	0,0	0,04*	0,00	60686
SCL 0100 m	0,1	0,10	0,06	60567
SCL 1000 m	1,0	0,11	0,07	60238
SCL 2000 m	2,0	0,11	0,07	60027
SCL 3000 m	3,0	0,11	0,07	59802
SCL 4000 m	4,0	0,11	0,07	59223
SCL 5000 m	5,0	0,12	0,08	59166
SCL 6000 m	6,0	0,12	0,08	59217
FND 0100 m	15,1	0,12	0,08	64071
FND 1000m	16,0	0,12	0,08	63757
FND 2000 m	17,0	0,13	0,08	63491
FND 3000m	18,0	0,13	0,08	63576
FND 4000 m	19,0	0,13	0,08	63445
FND 5000 m	20,0	0,13	0,08	63280
FND 6000 m	21,0	0,13	0,08	62835
FND 8000 m	22,0	0,13	0,09	62522
DRJ 0100 m	32,1	0,14	0,10	121468
DRJ 1000m	33,0	0,14	0,10	118567
DRJ 2000 m	34,0	0,14	0,10	112760
DRJ 3000 m	35,0	0,14	0,10	108373
DRJ 4000 m	36,0	0,15	0,10	107436
FINAL	36,6	0,15	0,10	107974

*Tempo de início da ruptura na UHE SCL

FIGURA 8.10
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL

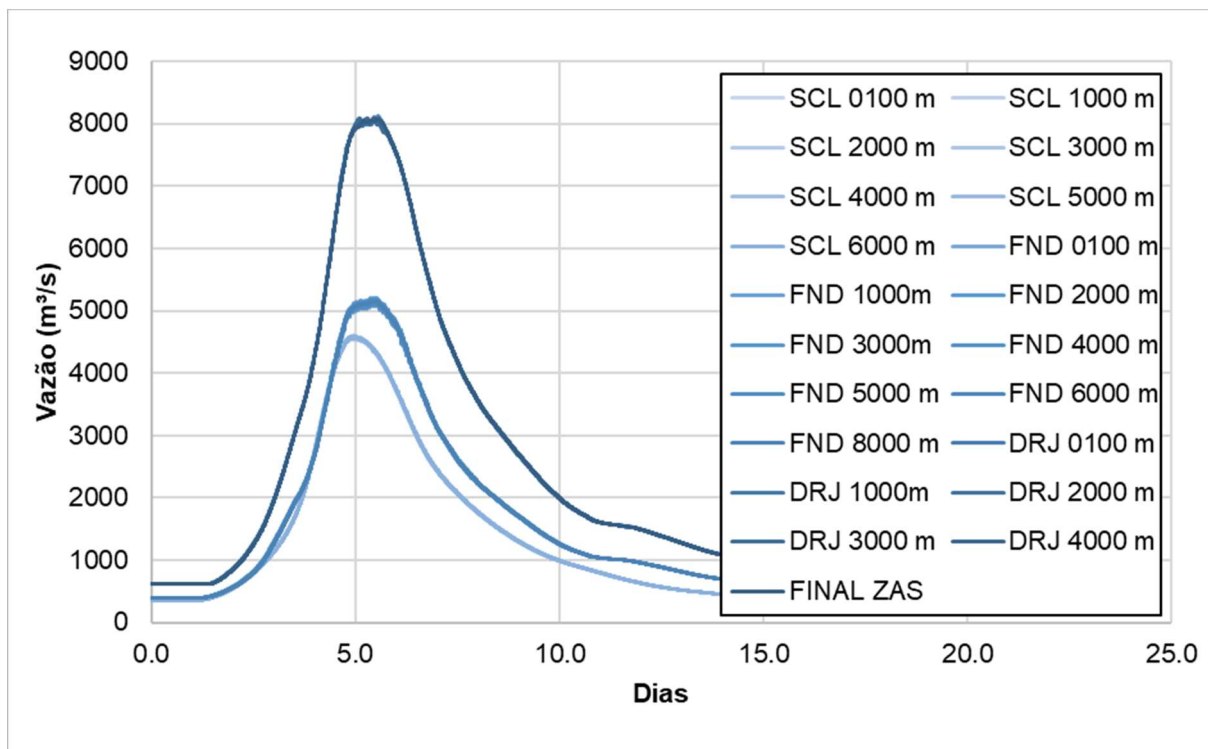
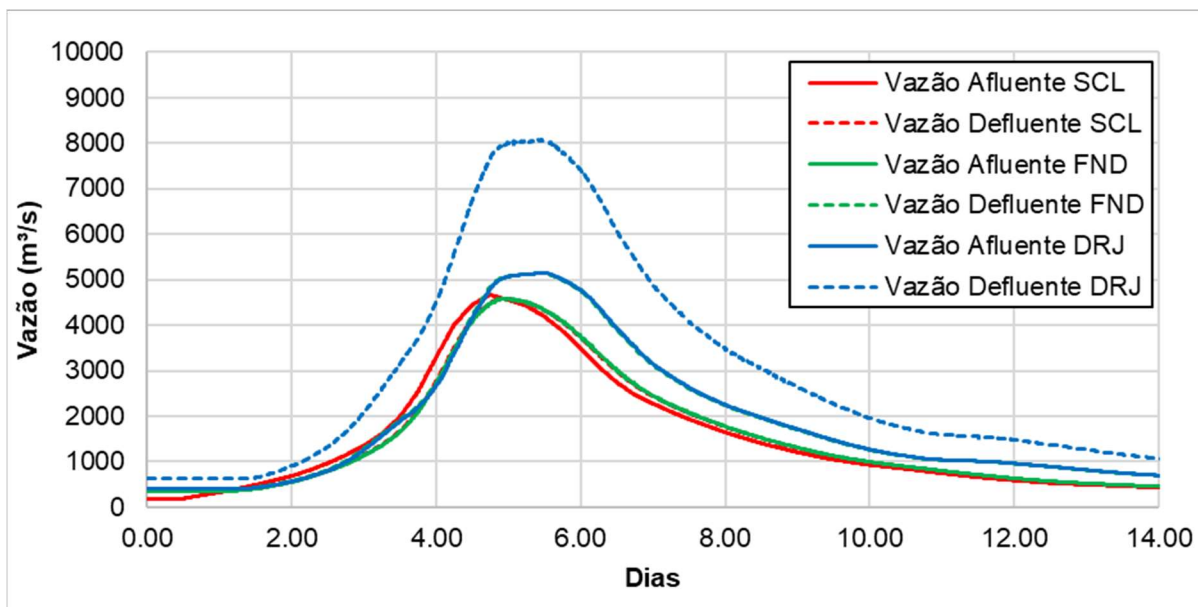


FIGURA 8.11
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E SEM ROMPIMENTO DA UHE SCL



QUADRO 8.11
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E SEM ROMPIMENTO
DA UHE SCL

SEÇÃO	DISTÂNCIA DA UHE SCL (KM)	TEMPO DE CHEGADA DO PICO (HORAS)	TEMPO DE TRÂNSITO DO PICO (HORAS)	VAZÃO DE PICO (M³/S)
Defluência SCL	0,0	4,94	0,00	4577
SCL 0100 m	0,1	4,94	0,00	4577
SCL 1000 m	1,0	4,95	0,01	4577
SCL 2000 m	2,0	4,96	0,01	4578
SCL 3000 m	3,0	4,96	0,01	4601
SCL 4000 m	4,0	4,97	0,02	4594
SCL 5000 m	5,0	4,97	0,03	4583
SCL 6000 m	6,0	4,99	0,05	4588
FND 0100 m	15,1	5,50	0,56	5148
FND 1000m	16,0	5,50	0,56	5148
FND 2000 m	17,0	5,50	0,56	5148
FND 3000m	18,0	5,50	0,56	5151
FND 4000 m	19,0	5,47	0,53	5208
FND 5000 m	20,0	5,51	0,56	5171
FND 6000 m	21,0	5,48	0,53	5154
FND 8000 m	22,0	5,51	0,56	5150
DRJ 0100 m	32,1	5,45	0,51	8264
DRJ 1000m	33,0	5,45	0,51	8080
DRJ 2000 m	34,0	5,39	0,44	8125
DRJ 3000 m	35,0	5,44	0,50	8186
DRJ 4000 m	36,0	5,49	0,55	8103
FINAL	36,6	5,51	0,57	8101

FIGURA 8.12
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

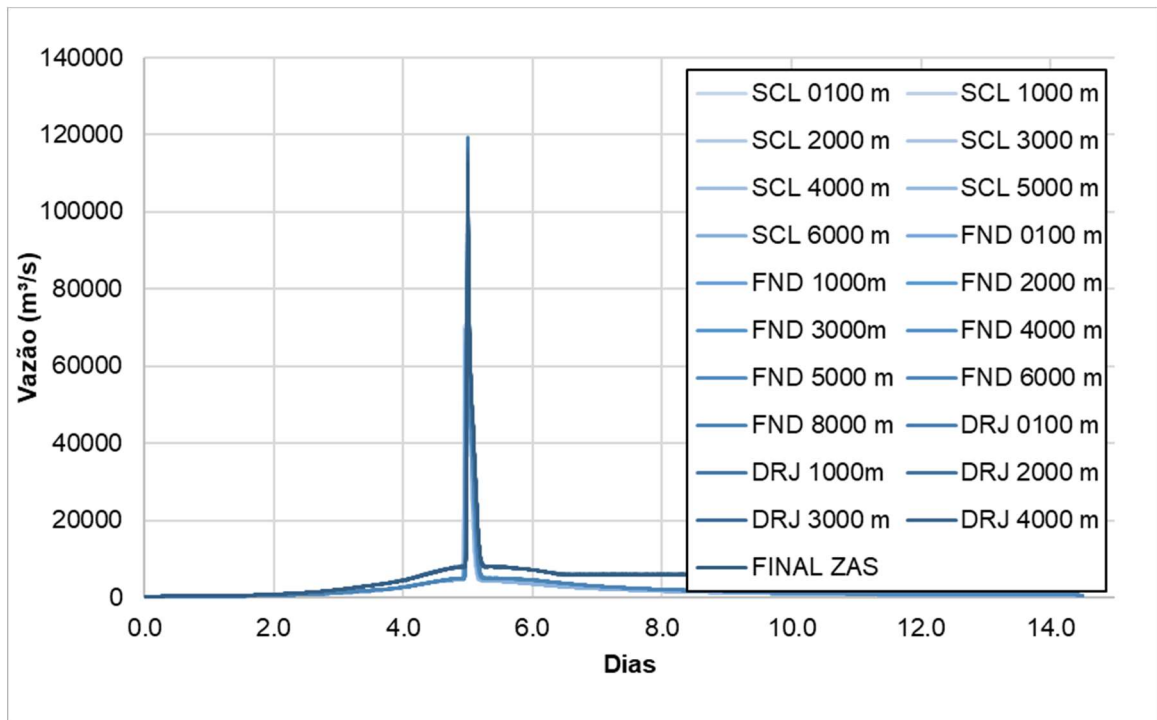


FIGURA 8.13
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

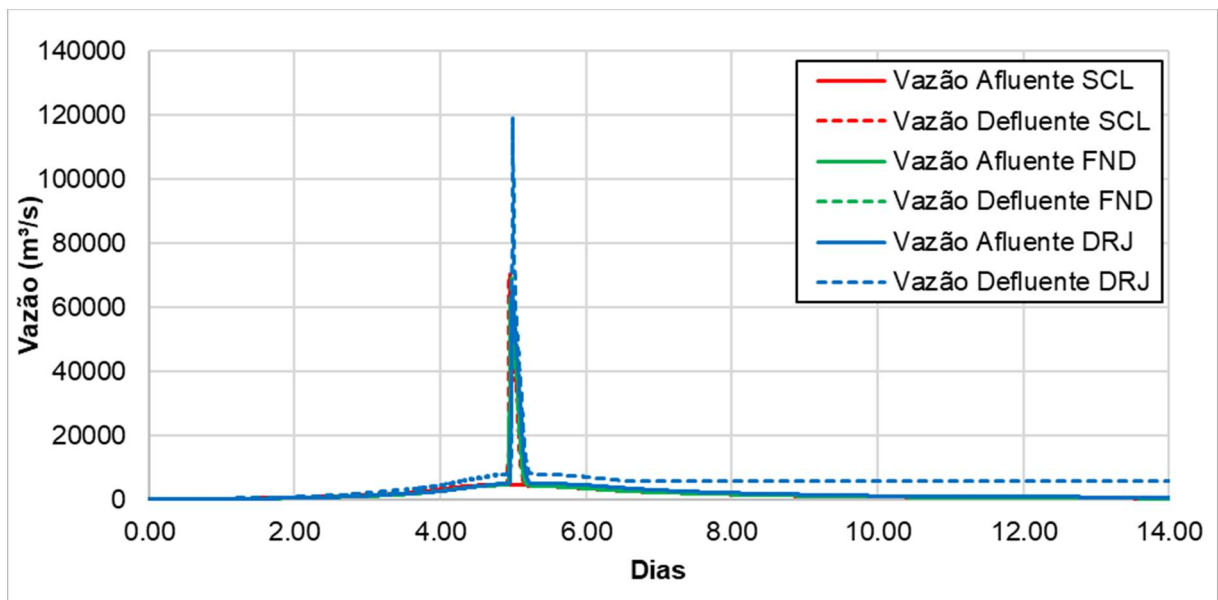


FIGURA 8.14
HIDROGRAMAS DAS SEÇÕES (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

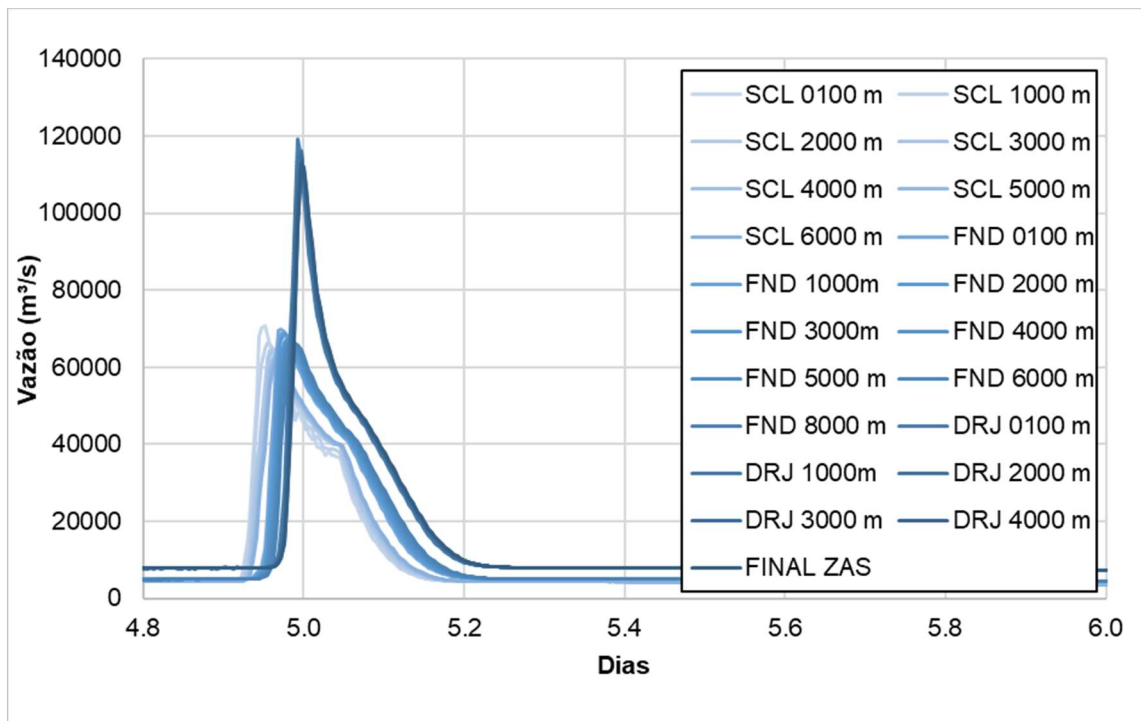
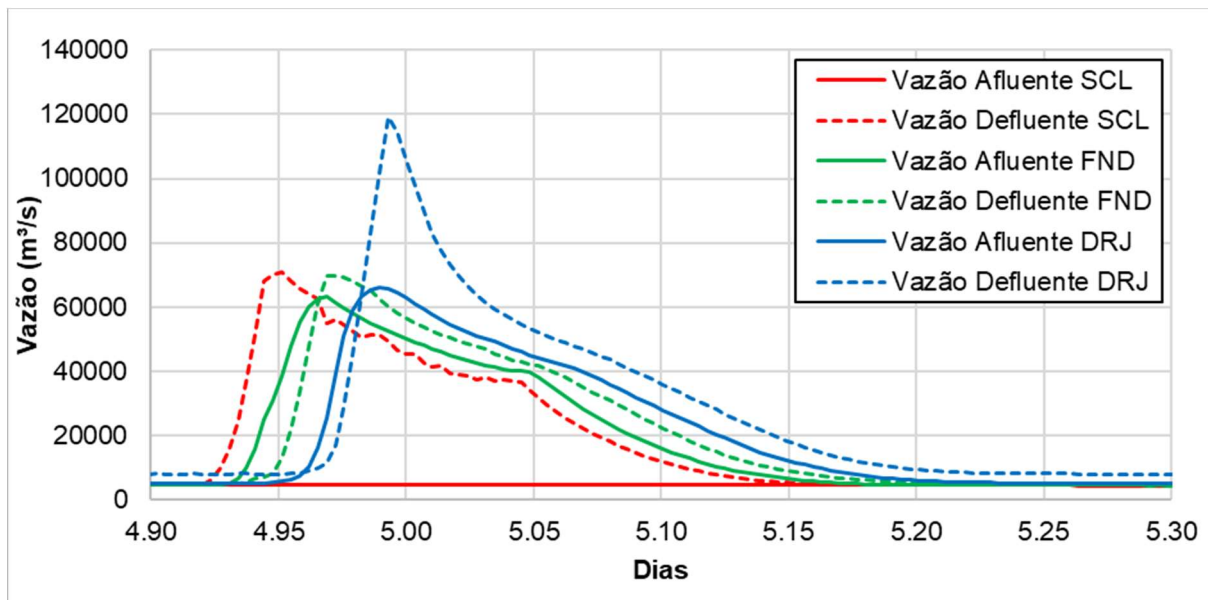


FIGURA 8.15
HIDROGRAMAS AFLUENTES E DEFLUENTES AOS RESERVATÓRIOS (DETALHE DO MOMENTO DA RUPTURA): CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL



QUADRO 8.12
SEÇÕES DE REFERÊNCIA – TRÂNSITO DE CHEIA: CENÁRIO TR 10.000 ANOS E ROMPIMENTO DA UHE SCL

SEÇÃO	DISTÂNCIA DA UHE SCL (KM)	TEMPO DE CHEGADA DO PICO (HORAS)	TEMPO DE TRÂNSITO DO PICO (HORAS)	VAZÃO DE PICO (M ³ /S)
Defluência SCL	0,0	4,92*	0,00	78706
SCL 0100 m	0,1	4,95	0,03	70715
SCL 1000 m	1,0	4,95	0,03	66349
SCL 2000 m	2,0	4,96	0,04	64856
SCL 3000 m	3,0	4,96	0,04	64230
SCL 4000 m	4,0	4,97	0,04	63631
SCL 5000 m	5,0	4,97	0,05	63479
SCL 6000 m	6,0	4,97	0,05	63406
FND 0100 m	15,1	4,97	0,05	69757
FND 1000m	16,0	4,98	0,05	68881
FND 2000 m	17,0	4,98	0,05	68451
FND 3000m	18,0	4,98	0,06	67407
FND 4000 m	19,0	4,98	0,06	67072
FND 5000 m	20,0	4,98	0,06	66811
FND 6000 m	21,0	4,99	0,06	66566
FND 8000 m	22,0	4,99	0,07	66001
DRJ 0100 m	32,1	4,99	0,07	119183
DRJ 1000m	33,0	5,00	0,07	116072
DRJ 2000 m	34,0	5,00	0,07	116132
DRJ 3000 m	35,0	5,00	0,07	114942
DRJ 4000 m	36,0	5,00	0,07	113376
FINAL	36,6	5,00	0,07	112496

*Tempo de início da ruptura na UHE SCL

8.4 - Vale a Jusante e Definição de ZAS e ZSS

8.4.1 - Caracterização do Vale a Jusante

O vale a jusante da UHE Santa Clara compreende o trecho entre a UHE Santa Clara e o reservatório da UHE Fundão. Neste trecho, existem cinco edificações, das quais apenas uma é habitada, ocupada permanentemente por uma pessoa. As principais estruturas no vale de jusante são a antiga estância Santa Clara, a ponte da PR – 560, Barragem antiga, Casa de Força de Santa Clara e a UHE Fundão. Na Figura 8.16 é apresentada a localização das principais estruturas no vale de jusante da UHE Santa Clara.

FIGURA 8.16
OCUPAÇÃO VALE A JUSANTE UHE SANTA CLARA



Para a elaboração das rotas de fuga, foram identificadas as edificações localizadas a jusante da barragem de Santa Clara, no trecho compreendido entre a UHE Santa Clara e a UHE Fundão. A identificação dessas edificações foi realizada inicialmente por meio de imagens de satélite, sendo posteriormente verificada em campo pela equipe da ELEJOR.

O Quadro 8.13 apresenta um resumo das edificações identificadas ao longo desse trecho, indicando o tempo estimado de chegada da onda de cheia (considerando o cenário de TR 10.000 com a ruptura da barragem de Santa Clara), além da destinação de cada edificação, verificada em campo pela equipe da ELEJOR.

QUADRO 8.13
CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES UHE SANTA CLARA

Edificação Potencialmente Afetada (id)	Tempo de Chegada (min)	Destinação
1	20	Habitada
2	0	Abandonada
3	0	CGH São Pedro – Operada Remotamente – Ocupação Temporária em Caso de Necessidade de Manutenção
4	-	Apoio à CGH São Pedro – Ocupação Temporária
5	50	Casa de Força UHE Santa Clara – Ocupação Temporária

8.4.2 - Definição e Caracterização de ZAS e ZSS

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como o trecho do vale imediatamente a jusante da barragem delimitado pelo menor valor: a distância que corresponde ao tempo de chegada da onda de inundação no decorrer de 30 (trinta) minutos ou 10 (dez) quilômetros (ANEEL, 2023). **Para a UHE Santa Clara a ZAS foi definida pela distância percorrida pela onda de cheia em até 30 (trinta) minutos.**

A Zona de Autossalvamento é a região onde admite-se que não há tempo hábil para a intervenção e evacuação da população potencialmente afetada pelos mecanismos de proteção e defesa civil ou autoridades competentes (ANEEL, 2023). **A ZAS da UHE Santa Clara contempla as seguintes estruturas potencialmente afetadas pelo rompimento hipotético de sua barragem: a PCH Santa Clara, a antiga estância Santa Clara, a ponte da PR – 560, a Barragem Santa Maria e a Casa de Força da UHE Santa Clara.**

A Zona Secundária de Segurança (ZSS) é definida pelo trecho do vale posicionado imediatamente a jusante da ZAS (ANEEL, 2023).

A ZSS está localizada nos municípios de Foz do Jordão e Pinhão, regiões onde os organismos de proteção e defesa civil são atuantes. **Não foram identificadas no presente estudo, edificações ocupadas permanentemente na ZSS que sejam potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem da UHE Santa Clara.**

A comunicação é realizada pelo sistema de alerta sonoro, através de sirenes. A definição da ZAS e ZSS e a localização das sirenes estão no apêndice 15.7, no desenho IFXP00050/00-3H-DE-1028.

8.4.3 - Risco Hidrodinâmico

Os principais parâmetros a serem avaliados na caracterização do risco efetivo ao longo do vale de jusante, além da área atingida pela mancha de inundação, são: a profundidade da onda de cheia e a velocidade de sua propagação. A ameaça provocada por esses dois fatores combinados é chamada de Risco Hidrodinâmico, traduzida pela expressão:

$$Risco\ Hidrodinâmico = H \times V$$

Na qual:

H = altura da onda de cheia (m);

V = velocidade de propagação da onda (m/s).

Diversos estudos foram realizados a fim de estabelecer valores para os quais as cheias provocam danos. Em um desses projetos, chamado RescDam (SYNAVEN et al., 2000), foram realizadas simulações com pessoas e modelos físicos de edificações para tentar obter o grau de perigo de uma inundação. No Quadro 8.14 é apresentada a classificação adotada para a caracterização do risco hidrodinâmico.

QUADRO 8.14
CARACTERIZAÇÃO DO RISCO HIDRODINÂMICO

RISCO HIDRODINÂMICO	CONSEQUÊNCIAS
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 – 1,0	Adultos são arrastados
1,0 – 3,0	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas fracas
3,0 – 7,0	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
> 7,0	Colapso de certos edifícios

Fonte: Synaven et al., 2000.

Segue apresentado no Quadro 8.15 o risco hidrodinâmico associado ao rompimento da barragem para cada edificação identificada ao longo do vale de jusante até o rio Iguaçu.

QUADRO 8.15
RISCO HIDRODINÂMICO NA ÁREA AFETADA PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO

VAZÃO	QMLT				TR 1,000 ANOS				TR 10.000 ANOS				
	RUPTURA	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ	NÃO	SCL	FND	DRJ
*ID 1			3,2				10,4				37,6		
*ID 2			11,3			0,2	22,5	0,2	0,2	0,7	70,5	0,6	0,6
*ID 3			35,1			5,8	84,9	5,7	5,7	7,7	42,5	9,5	9,4
*ID 4													
*ID 5			0,5				1,2				0,5		
ID 6			195,9	40,5		0,1	232,1	76,6	0,1	2,2	205,9	79,6	3,3
ID 7			14,8				16,0				23,7		
ID 8			9,1	0,4			14,6	0,8		0,1	5,6	0,9	0,1
ID 9							0,2				0,0		
ID 10			0,2				3,7				0,1		
ID 11			232,3		51,8		243,8	115,4	101,3		238,3	128,5	89,2
ID 12			180,9		33,3		193,4	85,1	73,3		193,7	95,6	63,9
ID 13			239,0		60,7		253,3	129,5	115,5		254,3	142,6	102,8
ID 14			245,9		16,3		269,6	112,6	81,1		275,7	128,1	77,8

*Edificações entre a UHE SCL e UHE FND.

8.4.4 - Mapas de Inundação

No estudo de rompimento em cascata das usinas, foram elaborados mapas de inundação com Risco Hidrodinâmico, considerando inundação estática e inundação dinâmica, para as recorrências de QLMT, 1.000 e 10.000 anos. O relatório da Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata está apresentado no Apêndice 15.8, e os mapas estão apresentados no Apêndice 15.7 e listados a seguir:

- IFXP00050/00-3H-DE-1001 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1002 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1003 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1004 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1005 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE FND - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1006 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1007 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1008 - QMLT CASCATA - RUPTURA UHE SCL - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1009 - QMLT CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1010 - QMLT CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1011 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1012 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1013 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1014 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1015 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1016 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1017 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1018 - TR 1.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1019 - TR 1.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1020 - TR 1.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1021 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;

- IFXP00050/00-3H-DE-1022 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE DRJ - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1023 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1024 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- IFXP00050/00-3H-DE-1025 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE FND - ZAS e ZSS;
- IFXP00050/00-3H-DE-1026 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1027 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica;
- **IFXP00050/00-3H-DE-1028 - TR 10.000 CASCATA - RUPTURA UHE SCL - ZAS e ZSS;**
- IFXP00050/00-3H-DE-1029 - TR 10.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Estática;
- IFXP00050/00-3H-DE-1030 - TR 10.000 CASCATA - SEM RUPTURA - Risco hidrodinâmico - Inundação Dinâmica.

9 - PLANO DE COMUNICAÇÃO, TREINAMENTOS E ATUALIZAÇÃO DO PAE

9.1 - Plano de Comunicação

A comunicação das informações referente ao Plano de Ação de Emergência da UHE Santa Clara entre representantes da ELEJOR e representantes dos organismos de Defesa Civil será realizada através de telefone, e-mails, cartas ou ainda reuniões presenciais ou remotas. As reuniões serão sucedidas de atas, a fim de que todas as tomadas de decisão sejam registradas e formalizadas.

Os informativos e comunicações realizados entre a ELEJOR e a população potencialmente afetada serão articulados em parceria com as Defesas Cíveis locais e ocorrerão através dos meios de comunicação das mesmas.

9.2 - Treinamento e Simulados Práticos

Todos os treinamentos internos e/ou com as Defesas Cíveis locais referentes à operacionalização do Plano de Ação de Emergência da UHE Santa Clara serão devidamente registrados em ata.

Os simulados práticos sobre as situações de emergência serão realizados a cada 03 (três) anos com as Defesas Cíveis e com a população potencialmente afetada da ZAS e da ZSS (caso haja população potencialmente afetada na ZSS) e serão estruturados e organizados em conjunto com os organismos de Proteção e Defesa Civil envolvidos na operacionalização do PAE da UHE Santa Clara. Durante os simulados práticos, o fluxo de comunicação interna e externa, bem como os números de telefones informados no PAE e o sistema de alerta existente deverão ser testados.

Mesmo com a inexistência de população potencialmente afetada na ZAS e ZSS, os simulados práticos ocorrerão com a mesma periodicidade e serão articulados em parceria

com as Defesas Civas, de forma que todos os impactados pelo rompimento hipotético da barragem da UHE Santa Clara sejam envolvidos na operacionalização dos procedimentos emergenciais contemplados no PAE do empreendimento.

10 - ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES

O coordenador do PAE, assim que as condições de segurança da barragem forem recuperadas e o risco de rompimento for eliminado deverá emitir a declaração de encerramento de emergência conforme apêndice 15.4.2 para todas as autoridades e agentes que foram mobilizados.

11 - REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa nº 1.064 de 02 de maio de 2023.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 10 de setembro de 2010.

BRUNNER, Gary W. Using HEC-RAS for Dam Break Studies. US Army Corps of Engineers–Hydrologic Engineering Center, v. 547, 2014.

CHOW, V.T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill. New York, 1959.

ESPAÑA. Ministerio de Obras Públicas, Transportes Y Medio Ambiente. Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas. Madrid: Secretaria de Estado de Aguas y Costas, 1998.

FROEHLICH, David C. Embankment dam breach parameters and their uncertainties. Journal of Hydraulic Engineering, v. 134, n. 12, p. 1708-1721, 2008.

Guia ABRAGE – Desenvolvimento dos Mapas de Ruptura de Barragem.

Guia de Orientações e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE. ANA, 2016.

SYNAVEN, K. The pilot Project Kyrkojarvi dam and reservoir. 2000.

WISEU, T.; FRANCO, A. B.; ALMEIDA, A. B.; SANTOS, A. Modelos uni e bidimensionais na simulação de cheias induzidas por rotura de barragens – a experiência do vale do Arade. IV SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 1999, Coimbra.

12 - GLOSÁRIO

AFLUENTE: Nome dado ao curso d'água que deságua ou desemboca em um rio maior ou em um lago. Sinônimo: **TRIBUTÁRIO**.

ALTITUDE: Distância existente entre o ponto na superfície da Terra e sua projeção ortogonal. No Elipsoide esta altitude é conhecida como **Altitude Geométrica**. No Geoide é chamada de **Altitude Ortométrica**.

ÁREA DO RESERVATÓRIO: Área da superfície livre da água na cota correspondente ao nível máximo normal do reservatório.

BACIA HIDROGRÁFICA: É a unidade territorial de planejamento e gerenciamento das águas. Constituem-se no conjunto de terras delimitadas pelos divisores de água e drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. A bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem de menor volume (nascentes e córregos) para os mais caudalosos (rios), escoando dos pontos mais altos para os mais baixos.

BARRAGEM: Estrutura construída em um curso d'água transversalmente à direção de escoamento de suas águas, alterando as suas condições de escoamento natural, objetivando a formação de um reservatório a montante, tendo como principal finalidade a regularização das vazões liberadas à jusante, por meio de estruturas controladoras de descargas. O reservatório de acumulação pode atender a uma ou a diversas finalidades como abastecimento de água para cidades ou indústrias, aproveitamento hidrelétrico, irrigação, controle de enchentes, regularização de curso de água etc.

BATIMETRIA: Medição da profundidade de rios, lagos, mares, etc.

CABECEIRAS: Nascentes de um curso d'água; a parte superior de um rio.

CANAL: Abertura artificial que possibilita o fluxo de água.

CASA DE FORÇA: Espaço de acesso restrito, destinado a albergar os equipamentos eletromecânicos responsáveis pela produção de energia numa barragem ou central hidroelétrica.

CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO: Dispositivo hidráulico que atua na proteção contra sobrepressões resultantes da oscilação de massa de água devido ao inter rompimento brusco da operação das turbinas.

CHUVA: Precipitação de água em estado líquido, em sua fase meteórica, na forma de gotas ou gotículas.

CURSO D'ÁGUA: Denominação geral para os fluxos de água em canal natural de drenagem de uma bacia, tais como rio, riacho, ribeirão, córrego etc.

CURSO D'ÁGUA INTERMITENTE: Curso d'água (rio) que, em geral, somente tem água nas estações de chuvas, permanecendo seco durante o período de estiagem. Esse fenômeno ocorre porque o lençol freático se encontra em um nível inferior ao do leito do rio e o escoamento superficial cessa ou ocorre somente durante ou imediatamente após as chuvas.

CURSO D'ÁGUA PERENE: Curso d'água (rio) que se mantém durante todo o período hidrológico, pois o lençol subterrâneo mantém uma alimentação contínua e nunca atinge um nível abaixo do leito do rio, mesmo durante as secas mais severas.

EMPREENHIMENTO: É o conjunto de obras, instalações e operações com a finalidade de produzir bens, de proporcionar meios e/ou facilidades ao desenvolvimento e ao bem-estar

social. Define-se também como toda implantação de atividade ou atividade desenvolvida, realizada ou efetivada por uma organização, pessoa física ou jurídica, que ofereça bens e/ou serviços, com vista, em geral, à obtenção de lucros.

ENCHENTE: É o transbordamento das águas do leito natural de um córrego, rio, lagoa, mar etc. Provocado pela ocorrência de vazões relativamente grandes de escoamento superficial, ocasionados comumente por chuvas intensas e contínuas

ESCOAMENTO: É o modo como flui uma corrente de água (sua vazão, sua velocidade etc.).

EVENTO HIDROLÓGICO CRÍTICO: São os extremos de enchente e de seca, em que ocorrem chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água provocando inundações, ou quando as chuvas e o escoamento superficial cessam por longos períodos. São fenômenos naturais que podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente.

EXUTÓRIO: Linha imaginária da foz de um rio afluente, quanto este deságua em outro rio, lago, mar, etc. Fim do curso d'água.

FLUVIAL: Que é pertencente ou é relativo ao rio.

FOZ: Ponto onde um rio termina, descarregando suas águas no mar, no lago ou em outro rio.

GPS: (Global Positioning System): Sistema global de posicionamento que utiliza sinais de satélite para indicar o posicionamento de um ponto em qualquer lugar do planeta.

HIDRÁULICA: Parte da mecânica dos fluidos que estuda o comportamento da água e de outros líquidos em repouso e em movimento.

HIDROLOGIA: Ciência que trata das águas superficiais e subterrâneas, forma de sua ocorrência, distribuição e circulação através do ciclo hidrológico. A gestão de bacias não pode prescindir da hidrologia, que é a ciência que faz a previsão de vazões mínimas, médias e máximas e regula o seu uso com base nas disponibilidades, naturais e artificialmente possíveis, estas por meio de obras de regularização de vazões.

INUNDAÇÃO: É o fenômeno em que o volume de água de uma enchente transborda do canal natural do rio. Podem ter duas causas: o excesso de chuvas, de tal forma que o canal do rio não suporta a vazão da enchente; ou a existência, a jusante da área inundada, de qualquer obstrução que impede a passagem da vazão de enchente, como por exemplo, um bueiro mal dimensionado ou entupido.

JUSANTE: Em direção à foz. Qualitativo de uma área que fica abaixo de outra.

LAGO: Denominação genérica para qualquer porção de águas represadas, circundada por terras, de ocorrência natural ou resultante da execução de obras, como barragens em curso de água ou escavação do terreno. Pequenos lagos são denominados de lagoas ou ainda de lagunas.

LEITO DE RIO: Canal escavado na parte mais baixa do vale, modelado pelo escoamento da água, ao longo da qual se deslocam, em períodos normais, as águas e os sedimentos do rio.

MAPA DE INUNDAÇÃO: Mapa das áreas inundadas durante eventos hidrológicos e ou rompimento das barragens.

MATA CILIAR: Mata que cresce naturalmente nas nascentes e margens de rios, córregos e lagos ou que foi recomposta, parcialmente ou totalmente, pelo homem. Suas funções, de proteção aos rios são comparadas aos cílios que protegem os olhos, daí o seu nome.

MEANDRO: Curva do rio; sinuosidade do leito do rio, formando amplos semicírculos em zonas de terrenos planos ou curvas fechadas onde as margens são altas e o vale profundamente escovado.

MEDIDAS MITIGADORAS: Medidas destinadas a prevenir impactos negativos ou a reduzir sua magnitude.

MICROCLIMA: Conjunto de condições climáticas que existem até a dois metros do solo ou numa determinada área restrita da superfície terrestre.

MONITORAMENTO HIDROLÓGICO: Acompanhamento quantitativo e qualitativo de um corpo d'água.

MONTANTE: Em direção à cabeceira do rio; em direção rio acima. Qualitativo de uma área que fica acima de outra.

NASCENTE: Local onde se inicia o curso de água; onde o rio nasce.

OBRA HIDRÁULICA: Qualquer obra permanente ou temporária capaz de alterar o regime natural das águas superficiais ou subterrâneas, incluídas as condições qualitativas e quantitativas.

OUTORGA: É um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. É um ato administrativo de autorização (licença), mediante o qual o órgão competente concede ao usuário o direito de uso da água de uma determinada fonte hídrica, com finalidade específica, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo instrumento.

PERCOLAÇÃO: Movimento de penetração da água através dos poros e fissuras no solo e subsolo. Este movimento geralmente é lento e a água penetrada manterá ao lençol freático sob pressão hidrodinâmica.

PERÍODO DE RETORNO: Tempo para que uma determinada vazão ocorra novamente, ou seja, significa que em um tempo (T), a vazão (Q) ocorrerá no máximo uma vez.

PLUVIOMETRIA: É o estudo da precipitação, incluindo sua natureza (chuva, neve, granizo etc.), distribuição e técnicas de medição.

PRECIPITAÇÃO: Processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre. A precipitação ocorre sob as formas de chuva (precipitação pluviométrica), de granizo e de neve.

RESERVATÓRIO DE ÁGUA: Toda massa de água, natural ou artificial, destinado ao armazenamento, à regularização da vazão ou controle dos recursos hídricos. A partir da seção imediatamente a montante de um barramento, é todo volume disponível, cujas as dimensões são a altura atingida pela água e a área superficial abrangida (espelho d'água).

SÉRIE HISTÓRICA: Conjunto de dados e informações de um determinado assunto, existentes entre um período de tempo, por exemplo: quantidade de chuva, vazão de um rio, etc.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG): É um sistema destinado ao tratamento de dados que tenham localização espacial (georreferenciados). Esse sistema manipula dados de diversas fontes, como mapas, imagens de satélite, cadastro e outros, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise espacial sobre os dados. É muito utilizada a sigla GIS (do inglês Geographic Information System) para se referir ao Sistema de Informações Geográficas.

VERTEDOURO: Estrutura hidráulica destinada a descarregar as cheias.

TALVEGUE: Linha imaginária que percorre a parte mais funda do leito de um curso d'água ou de um vale. O termo significa "caminho do vale".

TOMADA D'ÁGUA: É uma estrutura construída em concreto, alvenaria ou outro material em um corpo hídrico ou estrutura hidráulica para a captação ou derivação de água para determinada finalidade.

TALUDE: Inclinação natural ou artificial de morros ou acúmulo de solo na vertical; tem como principal função garantir estabilidade do terreno.

TRANSPOSIÇÃO DE BACIA: Reversão de Bacia. Transferir, através de canais, água de uma bacia hidrográfica para outra.

TURBINA: Máquina geradora de energia mecânica rotatória a partir da energia cinética de um fluido.

VÁRZEA: Áreas planas, próximas ao leito do rio, que geralmente ficam inundadas quando, em períodos de chuva, o volume de água é maior que a capacidade normal de escoamento do canal, ocasionando seu transbordamento.

VAZÃO: É o volume de água que passa por uma seção de um rio ou canal durante uma unidade de tempo. Usualmente é dado em litros por segundo (l/s), em metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou em metros cúbicos por hora (m^3/h).

13 - EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PAE

No Quadro 13.1 é apresentada a equipe técnica responsável pela elaboração do PAE.

QUADRO 13.1
EQUIPE TÉCNICA

Função do Profissional	Nome
Engenheiro Civil - Responsável Técnico	Diego David Baptista de Souza
Engenheiro Civil - Supervisão	Anaximandro Steckling Müller
Engenheira Civil – Coordenação dos Estudos	Juliana da Silva
Engenheiro Sanitarista e Ambiental - Hidráulica e Hidrologia	Matheus Willinghoefer
Engenheira Sanitarista e Ambiental - Hidráulica e Hidrologia	Bruna Moraes Vicente
Engenheira Civil - Hidráulica e Hidrologia	Sophia Kallena Borba Claro
Engenheiro Civil - Estruturas	Sergio De Pauli Basso
Engenheiro Civil - Estruturas	David Guillermo Esteche Pedrozo
Engenheiro Civil - Geotécnico	Lucas Rodrigues Heckrath
Engenheira Civil - Geotécnica	Gisele Marilha Pereira

14 - APROVAÇÃO DO PAE

No Quadro 14.1 é apresentada a folha de controle de revisão do PAE

QUADRO 14.1
CONTROLE DE REVISÃO DO PAE

Atualização	Data	Descrição	Elaborado	Aprovado

15 - APÊNDICES

15.1 - Ficha Técnica do Empreendimento

USINA HIDRELÉTRICA				Santa Clara							
EMPRESA				ELEJOR - Centrais Elétricas do Rio Jordão S.A.							
ETAPA				Projeto Básico 2002							
1 LOCALIZAÇÃO											
Rio				Jordão							
Barragem											
Latitude				25°38'52"S							
Longitude				51°57'13"W							
Casa de Força											
Latitude				25°39'51"S							
Longitude				51°57'59"W							
Bacia				Paraná							
Sub-Bacia				Iguaçu							
Município Margem Direita				Candói							
Município Margem Esquerda				Pinhão							
Distância da Foz				38 km							
2 DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS											
Postos Fluviométricos de Referência											
Cod	6,6E+07	Nome	Santa Clara	Rio	Jordão	Área de Drenagem	3.910 km ²				
Cod	6,6E+07	Nome	Segredo	Rio	Iguaçu	Área de Drenagem	34.100 km ²				
Cod	6,6E+07	Nome	Salto Osório	Rio	Iguaçu	Área de Drenagem	45.800 km ²				
Área de drenagem do barramento						3.900 km ²					
Prec. Média anual (bacia)						1.820 mm					
Prec. Média anual (reserv.)						1.840 mm					
Evap. Real média anual (reserv.)						1.256 mm					
Evaporação Média Mensal						104,7 mm					
Vazão MLT (per.: jan-31 a dez-96)						101,3 m ³ /s					
Vazão firme						95%					
Vazão máx. registrada*:						1.412,5 m ³ /s					
Vazão mín. registrada*:						9,1 m ³ /s					
Vazão mín. média mensal: (ago/44)						11,9 m ³ /s					
Vazão de projeto (TR: 10.000 anos)						6.831 m ³ /s					
Vazão obras desvio (TR: > 20 anos período menores cheias)						1.250 m ³ /s					
* Na estação Santa Clara											
Vazões Médias Mensais (m³/s) - Período: 1931 a 1996											
jan	fev	mar	Abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez
89,2	91,7	81,3	74,3	108,6	123,3	117,2	88,5	109,1	133,6	107,4	91,3

Evaporação Real Média Mensal (mm/mês) - Período: 1931 a 1960											
jan	fev	mar	Abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez
153	144	148	121	105	84	66	60	69	84	96	126
Dias de Chuva (Média Mensal) - Período: 1949 a 1997											
Jan	fev	mar	Abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez
12	11	9	7	7	8	7	7	9	10	9	11
3 RESERVATÓRIO											
N.A. de Montante											
Min. Normal										787,50 m	
Máx. normal										805,00 m	
Max. Maximorum										810,40 m	
N.A. de Jusante											
Mínimo										705,60 m	
Max. Normal										706,10 m	
Máx. excepcional										716,00 m	
Áreas Inundadas											
No N.A. máx. maximorum										24,40 km ²	
No N.A. máx. normal										20,15 km ²	
No N.A. mín. normal										10,75 km ²	
Volumes											
No N.A. máximo normal										431,22 x 10 ⁶ m ³	
Abaixo da soleira do vertedouro										431,22 x 10 ⁶ m ³	
Útil										261,88 x 10 ⁶ m ³	
Outras Informações											
Vida útil do reservatório										1.326 anos	
Profundidade média										30,0 m	
Profundidade máxima										~65,0 m	
Tempo de formação do reservatório										60 dias	
Tempo de residência										49 dias	
4. DESVIO											
Tipo										túnel	
Vazão de desvio (TR: > 20 anos período menores cheias)										1250 m ³ /s	
Túnel											
Número de unidades										1	
Seção										arco-retângulo - 10,0 x 10,0 m	
Comprimento										~185 m	
Ensecadeiras											
Crista ensecadeira de montante										764,00 m	
Crista ensecadeira de jusante										746,50 m	
Comportas Gaveta											
Número de Comportas										2	
Cota da Soleira										742,00 m	
Largura do vão de vedação										4,0 m	

Altura do vão de vedação	11,3 m
Comportas Vagão	
Número de Comportas	1
Cota da Soleira	742,00 m
Largura do vão de vedação	4,0 m
Altura do vão de vedação	11,8 m
5 BARRAGEM	
Tipo de estrutura/material	gravidade, CCR
Comp. Total da crista (com vertedouro)	618 m
Altura máxima	~67 m
Cota da crista	811,00 m
6 VERTEDOURO	
Tipo	livre, sobre a barragem
Capacidade (vazão efluente)	6542 m³/s
Cota da soleira	805,00 m
Número de vãos	12
Largura do vão	20,0 m
Comprimento total	249,9 m
7 SISTEMA ADUTOR	
Túnel de Adução (Baixa Pressão)	
Comprimento	~1460 m
Seção	arco-retângulo - 9,4 m
Câmara de Carga	
Largura (nível normal)	~90 m
Tomada d'Água	
Altura total	33,50 m
Numero de vãos	2
Comprimento (nível normal)	~90 m
Túnel Forçado (Alta Pressão)	
Numero de unidades	2
Comprimento (trecho em concreto)	~210 m
Diâmetro interno (trecho em concreto)	4,50 m
Comprimento (trecho blindado)	~79 m
Diâmetro interno (trecho blindado)	4,00 m
Comporta Vagão	
Largura	3,75 m
Altura	~4,8 m
Comporta Ensecadeira	
Largura	3,75 m
Altura	~5,1 m
Grades	
Painéis	5
Largura	6,0 m

Altura total	9,5 m
8 CASA DE FORÇA / CANAL DE FUGA	
Tipo	abrigada
Nº de unidades geradoras	2
Larg. Dos blocos das unidades	13 m
Larg. Da área de montagem	23 m
Comprimento total	50 m
PCH	
Tipo	abrigada
Nº de unidades geradoras	1
9 TURBINAS	
Tipo	Francis de eixo vertical
Potência unitária nominal	61 MW
Rotação síncrona	257,14 rpm
Queda Nominal	84,78 m
PCH	
Tipo	Francis de eixo horizontal
Potência unitária nominal	3,40 MW
10 GERADORES	
Potência unitária Nominal	66,76 MVA
Rotação síncrona	257,14 rpm
Tensão nominal	13,8 kV
PCH	
Potência unit. Nominal	3,5 MVA
11 ESTUDOS ENERGÉTICOS	
Operação reservatório	depleção de 17,5 m
Queda de referência	84,78 m
Vazão de referência	160,0 m³/s
Potência da usina	120 MW
Potência da PCH	3,40 MW
Potência total da UHE SantaClara	123,40 MW
Energia assegurada da usina	69,60 MW médios
Energia média	65,71 MW médios
Energia firme PCH	2,85 MW médios
Potência assegurada	110,9 MW

15.2 - Lista de Contatos para Notificação

15.2.1 - Contatos Internos

QUADRO 15.1
LISTA DE CONTATOS INTERNOS

EMPREENDEDOR	Centrais Elétricas do Rio Jordão S/A	
	Telefone: (41) 3262-0106	
COORDENADOR DO PAE	Nome: Emerson Luís Alberti	
	Telefone (41) 3262-0106	
	Celular: (41) 99994-3148	
SUBSTITUTO DO COORDENADOR DO PAE	Nome: Gecenyl Ramos de Souza	
	Telefone: (41) 9 8535-3989	

15.2.2 - Contatos Externos

QUADRO 15.2
LISTA DE CONTATOS EXTERNOS

Corpo de Bombeiros		Emergência: 193		
Polícia Rodoviária Federal		Emergência: 191		
ENTIDADES FISCALIZADORAS	ANEEL	Telefone: 0800 7270167		
		Emergência: 167		
	ONS	Telefone: (61) 3241-5000		
	ANA	Telefone: (61) 2109-5487		
USINAS DA CASCATA	UHE Fundação (ELEJOR):	Telefone: (41) 3262-0106		
		Telefone: (42) 3629-1352		
		Telefone: (42) 3629-1352		
	PCH Derivação do Rio Jordão (COPEL):	Adrian T de Lira	Celular: (42) 99818-7772	
		Fabio R.Carreira	Celular: (42) 99924-4114	
		Supervisor	Celular: (42) 98814-8547	
	UHE Segredo (COPEL)	Adrian T de Lira	Celular: (42) 99818-7772	
		Fabio R.Carreira	Celular: (42) 99924-4114	
		Supervisor	Celular: (42) 98814-8547	
	UHE Salto Santiago (ENGIE)	Usina	Telefone: (46) 3246-8300	
Telefone: (46) 3246-8312				
Telefone: (46) 3246-1314				
Hidrologia		Telefone: (48) 3221-7342		
		Telefone: (48) 3221-7078		
		Celular: (48) 9960-8640		
AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL	Prefeitura do Município de Candói (ZAS)	Telefone: (42) 3638-8000		
	Prefeitura do Município de Foz do Jordão (ZAS e ZSS)	Telefone: (42) 3639-8100		

	Prefeitura do Município de Reserva do Iguaçu	Telefone: (42) 3651-8000
	Defesa Civil do Município de Pinhão (ZAS e ZSS)	Telefone: (42) 3677-2009 ou (42) 3677-1558
	Prefeitura do Município de Pinhão (ZAS e ZSS)	Telefone: (42) 3677-8400
	Coordenadoria Regional de Proteção e Defesa Civil – 12ª CORPDEC - Guarapuava	Telefone: (42) 3630-2400
	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Paraná	Nome do contato: Coronel Fernando Raimundo Schünig
		Telefone: (41) 3281-2512
	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD)	Armin Augusto Braun
		Telefone: (61) 2034-4601
	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)	Telefone: (12) 3205-0200 ou (12) 3205-0201
GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ	Gabinete do Governador	Telefone: (41) 3350-2999
		Telefone: (41) 3350-2852
	Casa Civil	Telefone: (41) 3350-2400
ÓRGÃOS AMBIENTAIS	Instituto Água e Terra - IAT	Telefone: (41) 3213-3700
	IBAMA	Telefone: 0800-061 8080
	Secretaria do Desenvolvimento Sustentável - Sedest	Telefone: (41) 3304-7700
	ICMBio	Telefone: (61) 2028-9065

15.3 - Respostas a Possíveis Condições de Emergência

No nível de emergência a ruptura já é visível ou constitui uma realidade em curto prazo tais como:

- Nível de água acima do Máximo Maximorum;
- Deslizamento e/ou tombamento parcial ou total da barragem;
- Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água;
- Colapso completo da estrutura.

Nestas condições a principal ação a ser tomada é o acionamento do sistema de alerta à população nas ZAS com vistas à sua evacuação. Deverão também ser desencadeadas as ações de comunicação às autoridades e as usinas da cascata.

15.4 - Formulários

15.4.1 - Declaração de Início de Emergência

DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA

URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: ELEJOR _____

Barragem: UHE Santa Clara _____

Eu, (_____), na condição de coordenado do Plano de Ação Emergencial PAE da UHE Santa Clara e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA**, na situação de _____ a partir das (__:__) de (__/__/____), em função da ocorrência de:

_____, de _____ de _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Cargo: _____

RG: _____

FIM DA MENSAGEM

15.4.2 - Declaração de Encerramento de Emergência

DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: ELEJOR

Barragem: UHE Santa Clara

Eu, (_____), na condição de coordenado do Plano de Ação Emergencial PAE da UHE Santa Clara e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA**, na situação de _____ a partir das (__:__) de (__/__/____), em função da ocorrência de:

_____, ____ de _____ de _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Cargo: _____

RG: _____

FIM DA MENSAGEM

15.4.3 - Mensagens de Notificação

MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do Plano de Ação Emergencial (PAE) da UHE Santa Clara em (__/__/__)

Município: Candói Rio: Jordão Bacia Hidrográfica: Rio Paraná

A partir das (__:__) de (__/__/__), será ativado o nível de resposta:

VERDE

AMARELO

LARANJA

VERMELHO

A causa da declaração é:

Esta é uma mensagem de _____ do nível de segurança, feita pelo coordenador do PAE.

Solicitamos confirmar seu recebimento, pelo telefone: _____
e/ou e-mail: _____.

Nós o manteremos atualizado da situação em caso de mudança do nível de segurança, sua resolução ou piora. Nova comunicação será emitida novamente, para sua atualização.

Para outras informações entre em contato pelo telefone: _____

e/ou e-mail: _____.

FIM DA MENSAGEM

15.5 - Registros dos Treinamentos e Simulações

No Quadro 15.3 é apresentada a folha de controle de treinamentos e simulações do PAE.

**QUADRO 15.3
CONTROLE DE TREINAMENTO DO PAE**

Treinamento	Data	Simulação	Data

15.6 - Controle de Distribuição

**QUADRO 15.4
RELAÇÃO DAS ENTIDADES QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE**

PAE da UHE Santa Clara	
Entidade	Nº de Cópias
ANEEL	
Barragem de Montante	
Barragem de Jusante	
Comissão municipal de Defesa Civil do Município de Candói	
Comissão municipal de Defesa Civil do Município de Foz do Jordão	
Comissão municipal de Defesa Civil do Município de Reserva do Iguaçu	
Comissão municipal de Defesa Civil do Município de Pinhão	
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Paraná	
Centro Nacional de Desastres (CENAD)	
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)	

15.7 - Mapas de Inundação

15.8 - Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata