

**CONTROLE DE REVISÕES:**

| Rev. | Data     | Natureza da Revisão | Elab. | Verif. | Aprov. |
|------|----------|---------------------|-------|--------|--------|
| 0A   | 02/06/24 | Emissão Inicial     | LVDN  | JDSi   | JDSi   |
| 0    | 22/08/24 | Emissão Final       | LVDS  | JDSi   | JDSi   |

|   |            |             |                           |          |            |
|---|------------|-------------|---------------------------|----------|------------|
| CLIENTE:  |            |             |                           |          |            |
| <br>ENERGIA PARA UM<br>MUNDO SUSTENTÁVEL |            |             | IFXP00050/00-3H-RL-0105-0 |          |            |
| EMPREENDIMENTO:   |            |             |                           |          |            |
| <b>PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (PSB) UHE FUNDÃO</b>   |            |             |                           |          |            |
| ÁREA:   |            |             |                           |          |            |
| <b>CIVIL</b>  |            |             |                           |          |            |
| 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 Fundão (FND), 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-2007 | 08/12/2017 | PSB                | GPdOP     | AStM     |
| IFXP00050/00-3H-RL-0105 | 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

| <b>ÍNDICE</b>  | <b>PÁG.</b> |
|--|-------------|
| <b>PREFÁCIO .....</b>  | <b>2</b>    |
| <b>LISTA DE SIGLAS .....</b>   | <b>4</b>    |
| <b>1 - INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE .....</b>   | <b>13</b>   |
| <b>1.1 - Apresentação.....</b>   | <b>13</b>   |
| <b>1.2 - Objetivo do PAE .....</b>   | <b>13</b>   |
| <b>1.3 - Descrição do Empreendimento.....</b>  | <b>14</b>   |
| 1.3.1 - Características Gerais .....   | 15          |
| 1.3.2 - Descrição Geral da Barragem .....  | 17          |
| 1.3.3 - Órgãos Extravasores.....   | 18          |
| 1.3.4 - Reservatório .....   | 23          |
| 1.3.5 - Características Hidrológicas.....  | 24          |
| 1.3.6 - Características Geológicas e Sísmicas .....  | 29          |
| 1.3.7 - Instrumentação Civil de Auscultação.....   | 31          |
| <b>1.4 - Áreas do Entorno das Instalações e Acessos à Barragem .....</b>                                 | <b>49</b>   |
| <b>2 - UTILIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVISTOS NO PAE .....</b>   | <b>51</b>   |
| <b>3 - PROCEDIMENTOS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA .....</b>          | <b>52</b>   |
| <b>3.1 - Detecção e Avaliação Inicial de Situação Anormal .....</b>                                      | <b>52</b>   |
| <b>3.2 - Caracterização dos Níveis de Segurança.....</b>   | <b>55</b>   |
| <b>3.3 - Procedimentos de Identificação de Mau Funcionamento ou Condições Potenciais de Ruptura.....</b> | <b>56</b>   |
| <b>4 - PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS A SEREM ADOTADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA .....</b>      | <b>57</b>   |
| <b>5 - PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA .....</b>  | <b>60</b>   |
| <b>5.1 - Objetivo .....</b>  | <b>60</b>   |
| <b>5.2 - Procedimentos de Notificação e Comunicação.....</b>   | <b>60</b>   |
| <b>5.3 - Sistema de Alerta .....</b>   | <b>60</b>   |
| <b>5.4 - Fluxograma de Notificação.....</b>  | <b>60</b>   |
| <b>6 - RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE.....</b>  | <b>61</b>   |
| <b>6.1 - ELEJOR .....</b>  | <b>61</b>   |
| <b>6.2 - ANEEL .....</b>   | <b>65</b>   |
| <b>6.3 - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil .....</b>   | <b>65</b>   |
| <b>7 - RECURSOS MATERIAIS E LOGISTICOS NA BARRAGEM.....</b>  | <b>66</b>   |
| <b>7.1 - Sistema de Iluminação e Alimentação de Energia .....</b>  | <b>66</b>   |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7.2 - Recursos Materiais Mobilizáveis em Situação de Emergência</b> ..... | <b>66</b> |
| <b>8 - SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS</b> .....          | <b>66</b> |
| <b>8.1 - Área de Estudo</b> .....  | <b>66</b> |
| <b>8.2 - Critérios e Cenários de Modelagem da Cheia de Ruptura</b> .....     | <b>67</b> |
| 8.2.1 - Brecha de Ruptura .....  | 67        |
| 8.2.2 - Cenários e Condições de Contorno.....                                | 68        |
| <b>8.3 - Modelagem da Cheia de Ruptura</b> .....                             | <b>69</b> |
| <b>8.4 - Vale a Jusante e Definição de ZAS e ZSS</b> .....                   | <b>69</b> |
| 8.4.1 - Caracterização do Vale a Jusante.....                                | 69        |
| 8.4.2 - Definição e Caracterização de ZAS e ZSS.....                         | 69        |
| 8.4.3 - Mapas de Inundação .....   | 70        |
| <b>9 - PLANO DE COMUNICAÇÃO, TREINAMENTOS E ATUALIZAÇÃO DO PAE</b> .....     | <b>71</b> |
| <b>9.1 - Plano de Comunicação</b> .....                                      | <b>71</b> |
| <b>9.2 - Treinamento e Simulados Práticos</b> .....                          | <b>72</b> |
| <b>10 - ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES</b> .....                                 | <b>72</b> |
| <b>11 - REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>72</b> |
| <b>12 - GLOSSÁRIO</b> .....  | <b>73</b> |
| <b>13 - EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PAE</b> .....                  | <b>77</b> |
| <b>14 - APROVAÇÃO DO PAE</b> .....   | <b>77</b> |
| <b>15 - APÊNDICES</b> .....  | <b>78</b> |
| <b>15.1 - Ficha Técnica do Empreendimento</b> .....                          | <b>78</b> |
| <b>15.2 - Lista de Contatos para Notificação</b> .....                       | <b>82</b> |
| 15.2.1 - Contatos Internos .....   | 82        |
| 15.2.2 - Contatos Externos.....  | 82        |
| <b>15.3 - Respostas a Possíveis Condições de Emergência</b> .....            | <b>84</b> |
| <b>15.4 - Formulários</b> .....  | <b>85</b> |
| 15.4.1 - Declaração de Início de Emergência.....                             | 85        |
| 15.4.2 - Declaração de Encerramento de Emergência.....                       | 86        |
| 15.4.3 - Mensagens de Notificação .....                                      | 87        |
| <b>15.5 - Registros dos Treinamentos e Simulações</b> .....                  | <b>88</b> |
| <b>15.6 - Controle de Distribuição</b> .....                                 | <b>88</b> |
| <b>15.7 - Mapas de Inundação</b> .....                                       | <b>89</b> |
| <b>15.8 - Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata</b> .....    | <b>89</b> |

| <b>LISTA DE FIGURAS</b>   | <b>PÁG.</b> |
|---|-------------|
| FIGURA 1.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE FUNDÃO .....                                       | 14          |
| FIGURA 1.2 UHE FUNDÃO – PLANTA GERAL E SEÇÃO LONGITUDINAL .....                                 | 17          |
| FIGURA 1.3 UHE FUNDÃO – SEÇÃO TRANSVERSAL.....  | 18          |
| FIGURA 1.4 CURVA DE DESCARGA DA UHE FUNDÃO .....  | 20          |
| FIGURA 1.5 CURVA COTA-VOLUME DA UHE FUNDÃO.....   | 21          |
| FIGURA 1.6 AMORTECIMENTO DA CHEIA DE TR 10.000 ANOS AFLUENTE À UHE FUNDÃO .....                 | 22          |
| FIGURA 1.7 AMORTECIMENTO DA CMP AFLUENTE À UHE FUNDÃO.....                                      | 23          |
| FIGURA 1.8 SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS NA ESTAÇÃO SANTA CLARA .....                  | 26          |
| FIGURA 1.9 SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÁXIMAS MENSAS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO .....                 | 27          |
| FIGURA 1.10 ENVOLTÓRIA DOS PRINCIPAIS EVENTOS CRÍTICOS REGISTRADOS NA UHE FUNDÃO.....           | 29          |
| FIGURA 1.11 HIDROGRAMAS DE PROJETO DA UHE FUNDÃO.....   | 29          |
| FIGURA 1.12 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO X - ABERTURA E FECHAMENTO DE JUNTA.....        | 38          |
| FIGURA 1.13 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Y - RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS.....     | 39          |
| FIGURA 1.14 LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Z - DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS..... | 40          |
| FIGURA 1.15 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 6 – BARRAGEM CCR.....                               | 44          |
| FIGURA 1.16 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 11 – BARRAGEM CCR.....                              | 45          |
| FIGURA 1.17 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 15 – BARRAGEM CCR.....                              | 46          |
| FIGURA 1.18 EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 20 – BARRAGEM CCR.....                              | 46          |
| FIGURA 1.19 COMPORTAMENTO SOMADO DOS DRENOS POR ORIGEM DA VAZÃO .....                           | 47          |
| FIGURA 1.20 PERCENTUAIS DE CONTRIBUIÇÃO DE VAZÃO .....  | 48          |
| FIGURA 1.21 PIEZÔMETRO - PSP-1 .....  | 49          |

---

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1.22 ACESSO A UHE FUNDÃO .....   | 50 |
| FIGURA 2.1 PROCESSO DAS AÇÕES DO PAE .....  | 51 |
| FIGURA 5.1 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO CONFORME NÍVEL DE SEGURANÇA<br>.....                 | 61 |
| FIGURA 6.1 FLUXOGRAMA DE AÇÕES PAE .....  | 64 |
| FIGURA 6.2 ORGANIZAÇÃO ESQUEMATICA DO SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO<br>E DEFESA CIVIL..... | 65 |
| FIGURA 8.1 ÁREA DE ESTUDO RIO JORDÃO .....  | 66 |
| FIGURA 8.2 OCUPAÇÃO VALE A JUSANTE UHE FUNDÃO .....                                       | 69 |

| <b>LISTA DE QUADROS</b>   | <b>PÁG.</b> |
|---|-------------|
| QUADRO 0.1 FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PSB.....   | 2           |
| QUADRO 1.1 FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PAE.....   | 13          |
| QUADRO 1.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS UHE FUNDÃO .....  | 15          |
| QUADRO 1.3 CURVA DE DESCARGA VERTEDOIRO UHE FUNDÃO.....   | 19          |
| QUADRO 1.4 RESUMO DOS RESULTADOS DO AMORTECIMENTO DE CHEIAS DA<br>UHE FUNDÃO.....                         | 21          |
| QUADRO 1.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS RESERVATÓRIO UHE FUNDÃO.....  | 23          |
| QUADRO 1.6 VAZÕES MÉDIAS MENSAS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO (M <sup>3</sup> /S) .....                          | 24          |
| QUADRO 1.7 VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS DA UHE FUNDÃO .....  | 27          |
| QUADRO 1.8 INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE CCR .....  | 32          |
| QUADRO 1.9 VAZÕES BARRAGEM.....   | 33          |
| QUADRO 1.10 MEDIDORES DE DEFORMAÇÃO TRIORTOGONAL .....  | 37          |
| QUADRO 1.11 PIEZÔMETROS - BARRAGEM .....  | 40          |
| QUADRO 1.12 EXTENSÔMETROS DA BARRAGEM DE CCR .....  | 43          |
| QUADRO 1.13 INSTALAÇÃO INSTRUMENTAÇÃO CASA DE FORÇA .....   | 48          |
| QUADRO 3.1 PROCEDIMENTOS DE DETECÇÃO COMUNICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO<br>INICIAL DE SITUAÇÃO ANORMAL.....      | 53          |
| QUADRO 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....  | 55          |
| QUADRO 3.3 DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SEGURANÇA E RESPECTIVO<br>PROCEDIMENTO DE AÇÃO CONFORME OCORRENCIA ..... | 56          |
| QUADRO 4.1 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM<br>SITUAÇÃO DE ATENÇÃO.....                 | 57          |
| QUADRO 4.2 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM<br>SITUAÇÃO DE ALERTA .....                 | 58          |
| QUADRO 4.3 PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA EM<br>SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....              | 59          |
| QUADRO 6.1 ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES NO PAE .....   | 61          |

---

|   |    |
|---|----|
| QUADRO 8.1 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – ROMPIMENTO CONSIDERANDO QMLT (PIPPING) .....             | 67 |
| QUADRO 8.2 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO MILENAR (OVERTOPPING).....     | 67 |
| QUADRO 8.3 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – DURANTE PASSAGEM DA VAZÃO DECAMILENAR (OVERTOPPING)..... | 67 |
| QUADRO 8.4 CARACTERÍSTICAS DAS BRECHAS – CASO A RUPTURA A MONTANTE CAUSE RUPTURA A JUSANTE .....  | 67 |
| QUADRO 8.5 CENÁRIOS DE RUPTURA AVALIADOS.....   | 68 |
| QUADRO 13.1 EQUIPE TÉCNICA.....   | 77 |
| QUADRO 14.1 CONTROLE DE REVISÃO DO PAE.....   | 77 |
| QUADRO 15.1 LISTA DE CONTATOS INTERNOS.....   | 82 |
| QUADRO 15.2 LISTA DE CONTATOS EXTERNOS .....  | 82 |
| QUADRO 15.3 CONTROLE DE TREINAMENTO DO PAE.....   | 88 |
| QUADRO 15.4 RELAÇÃO DAS ENTIDADES QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE .....                                | 88 |

## 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 Fundão 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 Fundão, 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**

| <b>PAE DA BARRAGEM DA UHE FUNDÃO</b><br><b>CONTROLE DE ATUALIZAÇÕES DO PAE</b> |               |  |                   |                 |
|--|---------------|--|-------------------|-----------------|
| <b>ATUALIZ.</b>  | <b>DATA</b>   | <b>DESCRIÇÃO</b>   | <b>ELABORADOR</b> | <b>APROVADO</b> |
| Versão inicial   | Dezembro/2017 | Emissão Inicial do Plano de Ação de Emergência da UHE Fundão | GPdOP             | AStM            |
| 1ª Revisão   | Abril/2024    | Revisão do Plano de Ação de Emergência da UHE Fundão         | 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 ações as ações apropriadas.

### 1.3 - Descrição do Empreendimento

A Usina Hidrelétrica de Fundão está localizada na bacia do rio Paraná, sub-bacia do rio Iguaçu, no curso d'água do rio Jordão. A casa de força (margem direita) está localizada no município de Foz do Jordão a 76 km de Guarapuava. Além disso, a barragem está localizada no leito do rio, ou seja, da margem direita para à esquerda do rio. E nessa última, localiza-se o município de Pinhão.

**FIGURA 1.1**  
**LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE FUNDÃO**



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, está a barragem de concreto compactado a rolo CCR, o vertedouro em soleira livre, a PCH no pé da barragem com potência instalada de 2,5 MW e tomada d'água. O segundo grupo conta com o túnel de baixa pressão com seção arco retângulo de 9,4 m e 150,0 m de comprimento, a câmara de carga, os dois tuneis de alta pressão e casa de foça abrigada com uma unidade do tipo Francis de eixo vertical com potência total de 61 MW.

### 1.3.1 - Características Gerais

As características gerais da barragem são apresentadas no Quadro 1.2.

**QUADRO 1.2**  
**CARACTERÍSTICAS GERAIS UHE FUNDÃO**

| Identificação       |  |   |                 |
|---------------------|--|---|-----------------|
| Empreendimento      | Nome   | UHE Fundão                                |                 |
|                     | Código   | FND                                       |                 |
| Localização         | Estado   | Paraná                                    |                 |
|                     | Município  | Pinhão                                    |                 |
|                     | Região hidrográfica                                  | Iguaçu                                    |                 |
|                     | Bacia hidrográfica                                   | Paraná                                    |                 |
|                     | Rio  | Jordão                                    |                 |
|                     | Coordenadas  | Latitude                                  | 25°42'31"S      |
|                     |  | Longitude                                 | 55°02'17"O      |
| Estrada de acesso   | BR - 373   |   |                 |
| Empreendedor        | Nome   | Centrais Elétricas do Rio Jordão - ELEJOR |                 |
|                     | Endereço   | R. José de Alencar, 2021 - Juvevê         |                 |
|                     | Responsável legal                                    | Cleverson Morais Silveira                 |                 |
|                     | Contato  | Fixo                                      | Contato         |
|                     |  | Celular                                   | (41) 98853-8876 |
|                     | E-mail   | cleverson@elejor.com.br                   |                 |
|                     | Responsável técnico (Segurança de Barragens)         | Emerson Luís Alberti                      |                 |
|                     | Contato  | Fixo                                      | Contato         |
| 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   | 2001                                      |                 |
| Reservatório        | Nível máximo normal (m)                              | 705,50                                    |                 |
|                     | Área para o nível máximo normal (km <sup>2</sup> )   | 2,15                                      |                 |
|                     | Volume para o nível máximo normal (hm <sup>3</sup> ) | 34,49                                     |                 |
|                     | Nível máximo Maximorum (m)                           | 711,00                                    |                 |
| Uso do reservatório | Geração Energia                                      |   |                 |
| Bacia hidrográfica  | Área (km <sup>2</sup> )                              | 4.090                                     |                 |
|                     | Precipitação média anual (mm)                        | 1.257,8                                   |                 |

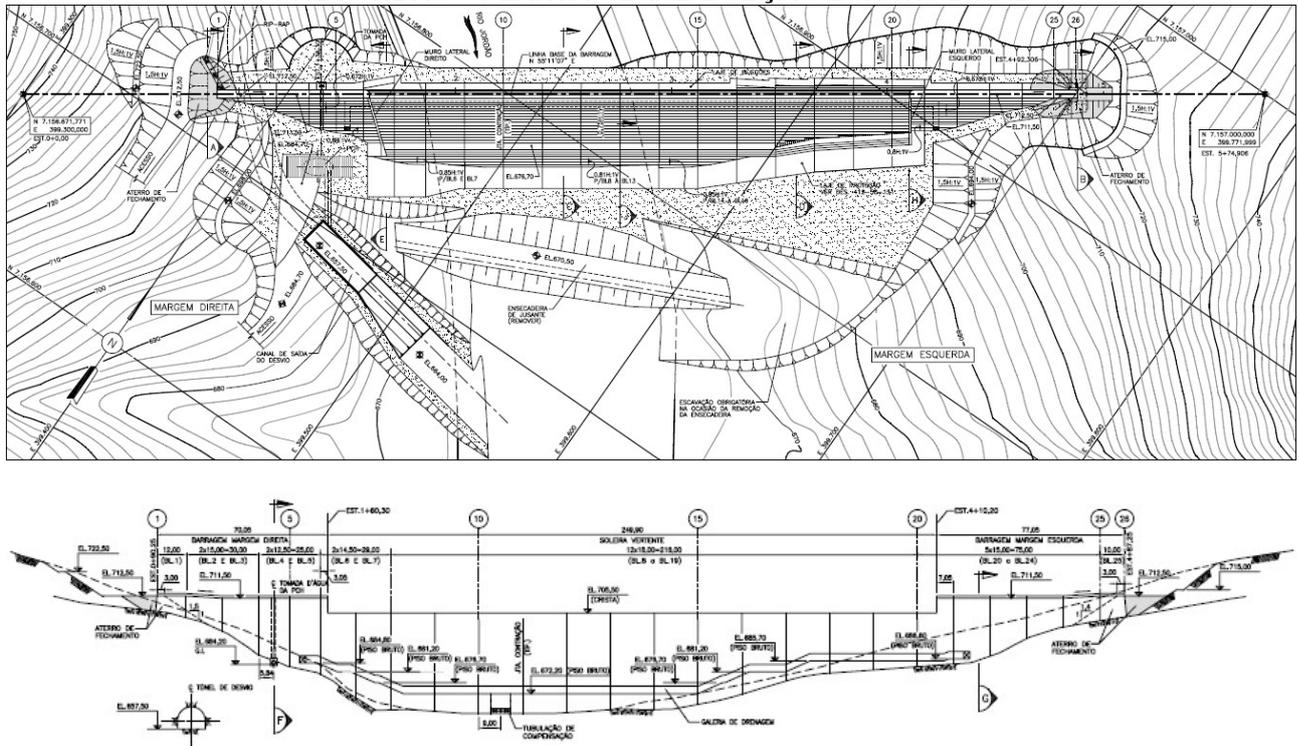
|   |                   |                     |
|---|-------------------|---------------------|
|   | Cobertura vegetal | Floresta            |
|   | Tipo de ocupação  | Rural               |
|   | Singularidades    | -                   |
| Empreendedores Vizinhos                                     | Montante          | UHE Santa Clara     |
|   | Jusante           | UHE Jordão          |
| <b>Barragem</b>   |                   |                     |
| Tipo estrutural   |                   | Gravidade           |
| Cota do coroamento (m)                                      |                   | 712,50              |
| Borda livre (m)   |                   | 1,67                |
| Altura máxima acima da fundação (m)                         |                   | 65,0                |
| Altura máxima acima do leito do curso de água (m)           |                   | 42,5                |
| Comprimento do coroamento (m)                               |                   | 397                 |
| 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 <sup>3</sup> )                              |                   | -                   |
| <b>Características Geológicas Regionais</b>                 |                   |                     |
| Tipo de formação  |                   | Derrame Basáltico   |
| Características de Permeabilidade do reservatório           |                   | Pouco Permeável     |
| Suscetibilidade a escorregamento de taludes do reservatório |                   | Não                 |
| <b>Vertedouro</b>   |                   |                     |
| Número  |                   | 1                   |
| Localização   |                   | Corpo da Barragem   |
| Tipo  |                   | Soleira Livre       |
| Cota da Soleira (m)   |                   | 705,50              |
| Largura (m)   |                   | 249,9               |
| Recorrência Vazão de projeto (anos)                         |                   | 10.000              |
| Vazão de Projeto (m <sup>3</sup> /s)                        |                   | 7.189               |
| <b>Tomada de Água</b>                                       |                   |                     |
| Número  |                   | 2                   |
| Localização   |                   | Câmara de Carga     |
| Vazão (sob o nível máximo normal) (m <sup>3</sup> /s)       |                   | 150,0               |
| Tipo de comporta  |                   | Vagão               |
| Dimensões Principais (m)                                    |                   | 3,75 x 4,80         |
| Possibilidade de manobra manual                             |                   | Sim                 |
| Comando à distância   |                   | Sim                 |
| Condições de acesso   |                   | Boas                |
| <b>Riscos a Jusante</b>                                     |                   |                     |
| Extensão (km)   |                   | ~10 até res. Jordão |
| Ocupação a jusante  |                   | Rural               |

|                                      |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Meios de comunicação                 | Sistema de Alerta Sonoro    |
| Existem procedimentos de emergência? | Plano de Ação de Emergência |

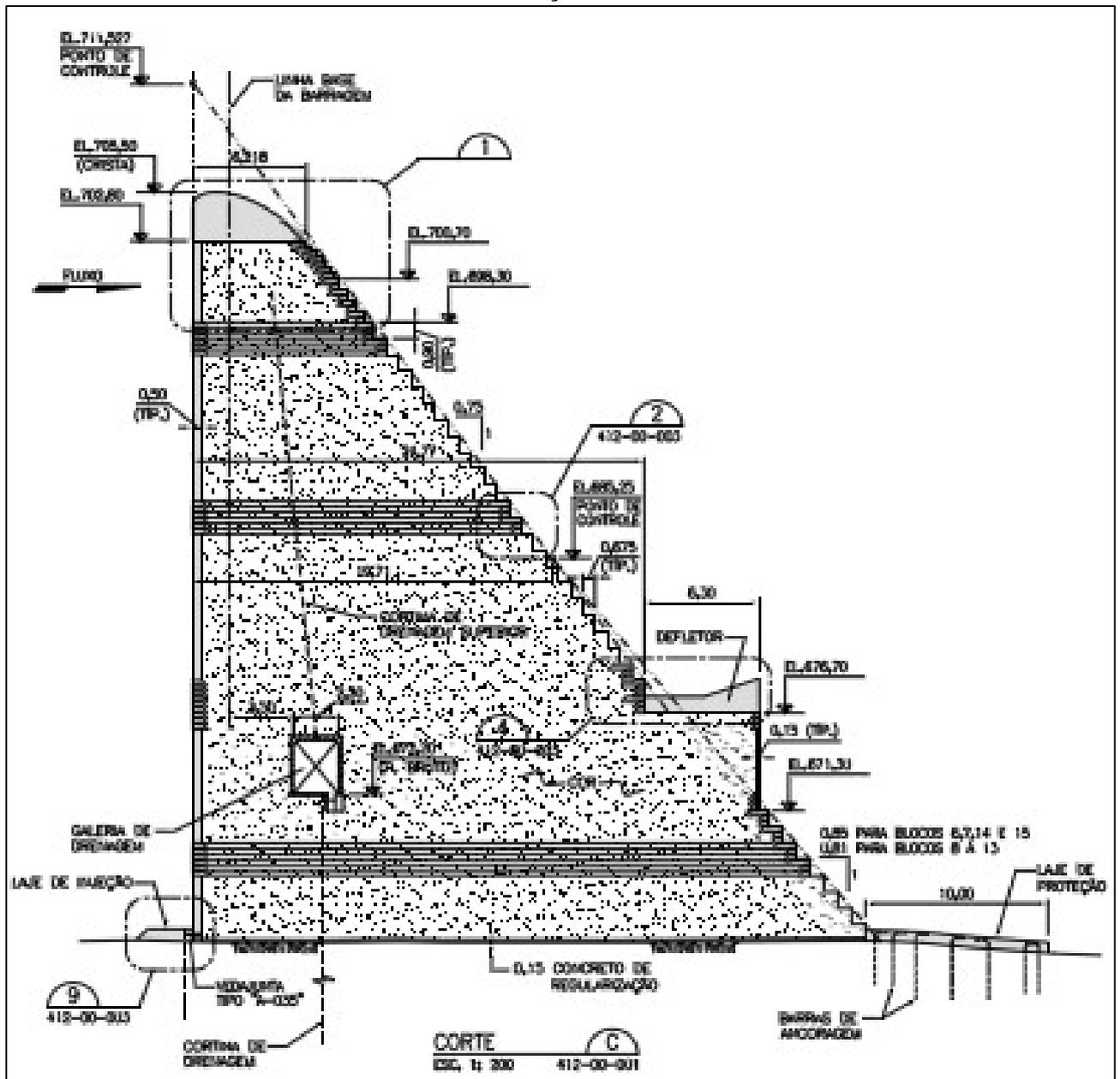
### 1.3.2 - Descrição Geral da Barragem

A barragem tipo gravidade é composta de 25 (vinte e cinco) blocos de CCR, composta de uma galeria de drenagem, praticamente em toda a sua extensão entre a margem direita e esquerda, de dimensão média de 2,50 m de largura por 3,00 m de altura. A entrada e saída da galeria localizam-se na elevação El. 689,35 m, distantes 4,50 m da face montante da barragem, enquanto que o ponto mais baixo se localiza na El. 672,25 m. A crista da barragem está na El. 712,50 m, enquanto que a El. 685,70 m corresponde ao seu pé. A crista da soleira vertente encontra-se na El. 705,50 m. O comprimento total da galeria de drenagem é de aproximadamente 47,00 m. Na Figura 1.2 é apresentada a planta e seção longitudinal da barragem e na Figura 1.3 a seção transversal da barragem.

**FIGURA 1.2**  
**UHE FUNDÃO – PLANTA GERAL E SEÇÃO LONGITUDINAL**



**FIGURA 1.3**  
**UHE FUNDÃO – SEÇÃO TRANSVERSAL**



### 1.3.3 - Órgãos Extravasores

O vertedouro da UHE Fundão compreende uma soleira livre vertente de 249,9 m com paramento de montante vertical e de jusante com inclinação 0,75H:1,0V disposta sobre o maciço de CCR. A soleira vertente não apresenta comporta e possui crista na El. 705,50.

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 0,45 m (valores típicos aproximados). Ao final da calha, na El. 685,70, foi prevista uma calha defletora com 6,5 m de largura e ângulo de saída de 10°. Já o maciço junto ao pé de jusante da soleira vertente foi protegido por uma laje de concreto armado ancorada à rocha, com 10,0 m de comprimento.

*Capacidade de Descarga do Vertedouro*

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

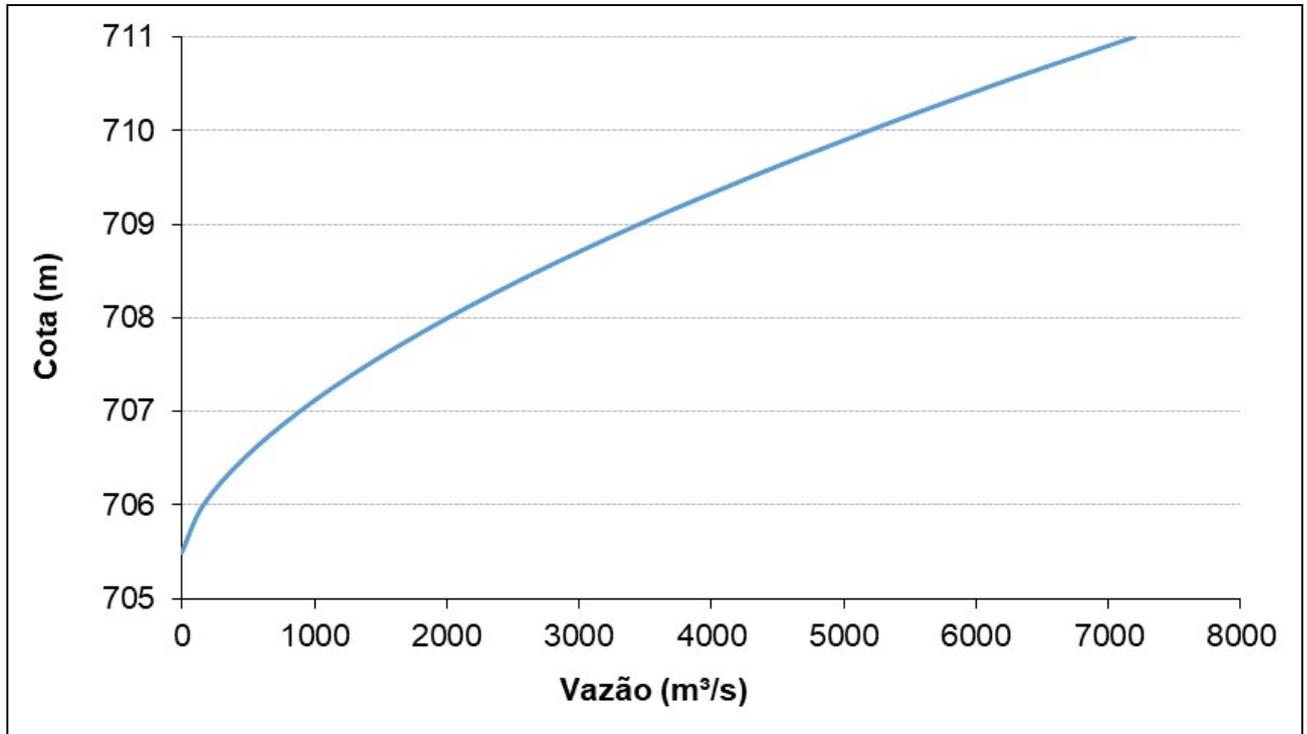
A capacidade de descarga da barragem na cota 711,00 m é de 7.189 m<sup>3</sup>/s. Este valor é apenas 0,53% inferior ao valor fornecido nos documentos da barragem, que é de 7.227 m<sup>3</sup>/s.

**QUADRO 1.3**  
**CURVA DE DESCARGA VERTEDOIRO UHE FUNDÃO**

| <b>Cota (m)</b> | <b>Descarga (m<sup>3</sup>/s)</b> |
|-----------------|-----------------------------------|
| 705,50          | 0                                 |
| 706,00          | 159                               |
| 706,50          | 466                               |
| 707,00          | 885                               |
| 707,50          | 1400                              |
| 708,00          | 2004                              |
| 708,50          | 2689                              |
| 709,00          | 3450                              |
| 709,50          | 4284                              |
| 710,00          | 5186                              |
| 710,50          | 6155                              |
| 711,00          | 7189                              |

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

**FIGURA 1.4**  
**CURVA DE DESCARGA DA UHE FUNDÃO**

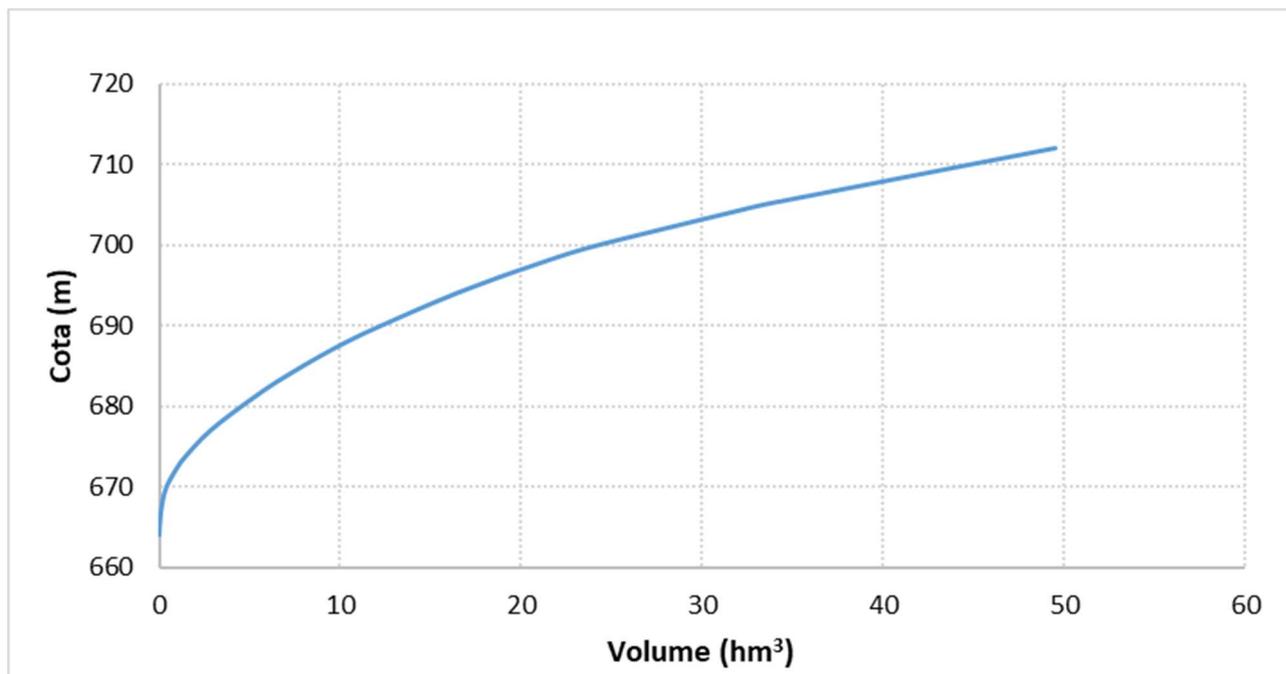


Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

*Curva cota – volume da UHE Fundão*

A curva cota-volume da UHE Fundão foi fornecida pela ELEJOR, sendo apresentada na Figura 1.5. Em seu nível normal, o volume total armazenado é de cerca de 34,6 hm<sup>3</sup>.

**FIGURA 1.5**  
**CURVA COTA-VOLUME DA UHE FUNDÃO**



Fonte: ELEJOR (2022).

*Amortecimento de cheias pelo vertedouro da UHE Fundão*

Na RPSB de 2022, realizada pela Nova Engevix, foi elaborada a atualização do amortecimento de cheias pelo vertedouro da UHE Fundão, 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 FUNDÃO**

| TR (anos) | Q <sub>afluente</sub> (m³/s) | Q <sub>defluente</sub> (m³/s) | N.A. MÁXIMO (m) | OCORRÊNCIA DE GALGAMENTO |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 2         | 670                          | 667                           | 706,7           | Não                      |
| 5         | 1137                         | 1134                          | 707,2           | Não                      |
| 10        | 1491                         | 1487                          | 707,5           | Não                      |
| 20        | 1845                         | 1840                          | 707,9           | Não                      |
| 50        | 2313                         | 2308                          | 708,2           | Não                      |
| 100       | 2667                         | 2662                          | 708,5           | Não                      |
| 500       | 3488                         | 3483                          | 709,0           | Não                      |
| 1000      | 3842                         | 3836                          | 709,2           | Não                      |
| 5000      | 4664                         | 4656                          | 709,7           | Não                      |
| 10000     | 5017                         | 5009                          | 709,9           | Não                      |
| CMP       | 6856                         | 6852                          | 710,8           | Não                      |

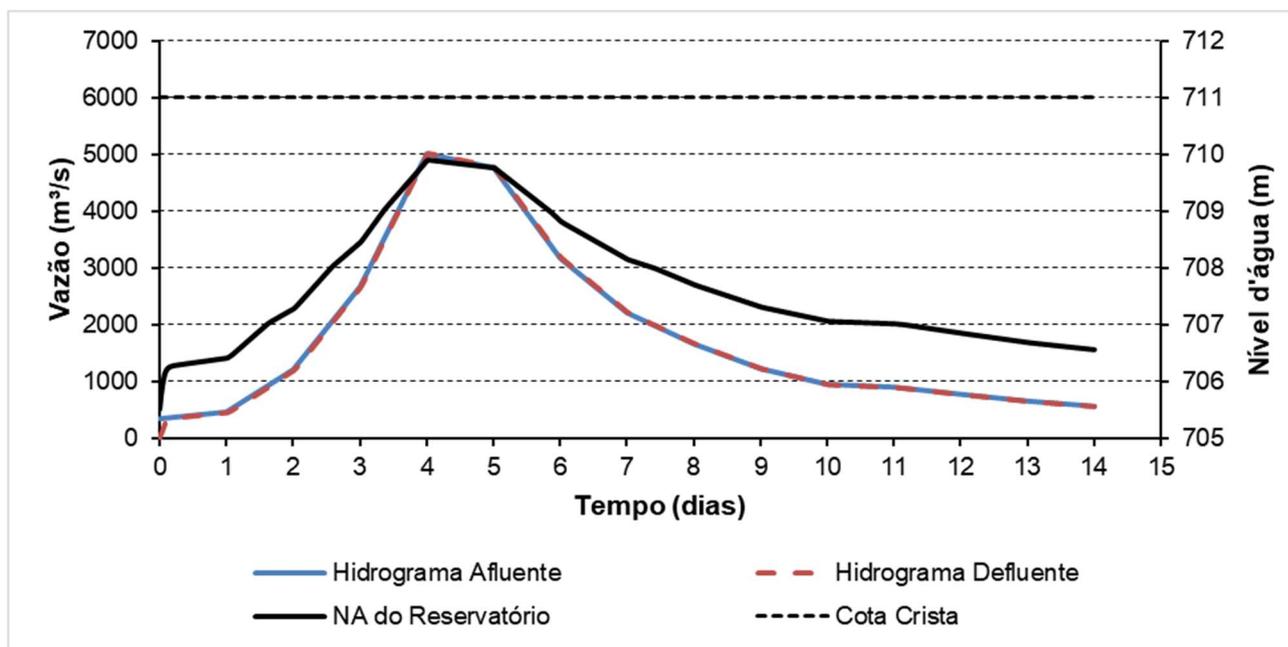
Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

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

coroamento da barragem é de 712,5 m e que o nível máximo alcançado foi de 710,8 m na passagem da CMP, constata-se que a borda livre mínima obtida foi de 1,67 m, valor este superior ao mínimo recomendado. Já para TR 10.000 anos, o nível máximo alcançado foi 709,9 m, o que resulta em uma borda livre ainda maior de 2,60 m. Portanto, percebe-se que o vertedouro da UHE Fundão atende as recomendações vigentes.

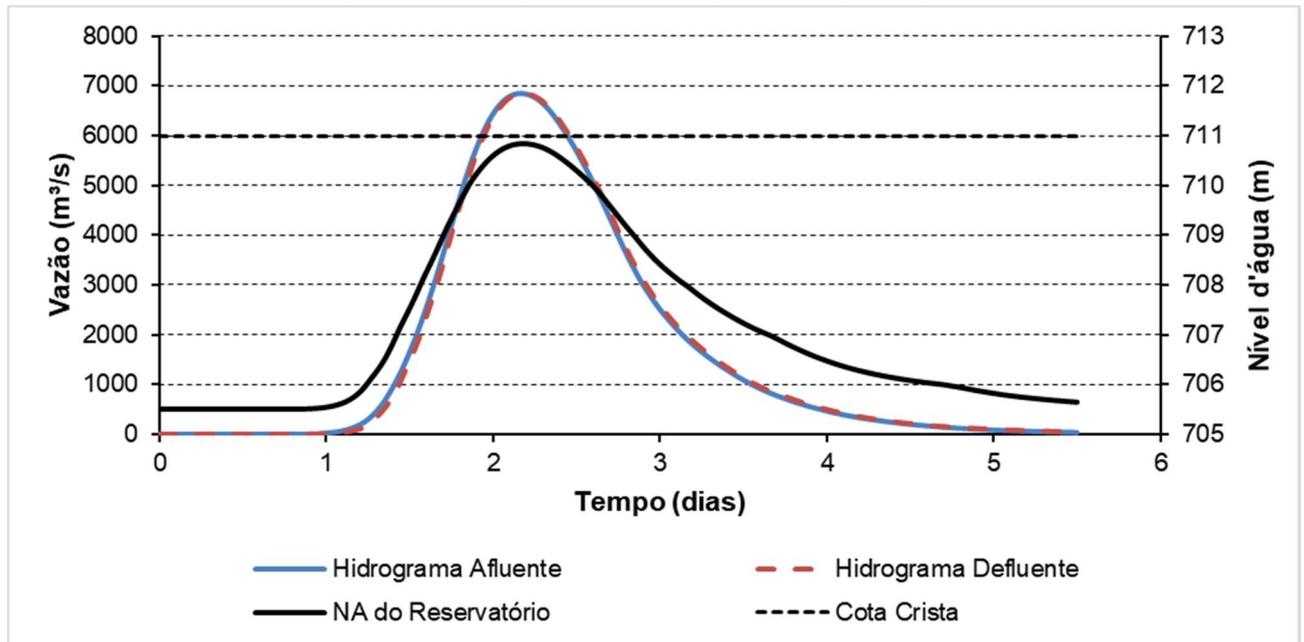
Na Figura 1.6 e na Figura 1.7 são apresentados os hidrogramas afluentes, defluentes e os níveis d'água alcançados na passagem das cheias de projeto com recorrência de 10.000 anos e na passagem da CMP, respectivamente. Os amortecimentos corresponderam a reduções bem baixas nos picos dos hidrogramas afluentes, na ordem de 0,16% e 0,05% para TR 10.000 anos e CMP, respectivamente.

**FIGURA 1.6**  
**AMORTECIMENTO DA CHEIA DE TR 10.000 ANOS AFLUENTE À UHE FUNDÃO**



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

**FIGURA 1.7**  
**AMORTECIMENTO DA CMP AFLUENTE À UHE FUNDÃO**



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

#### 1.3.4 - Reservatório

A UHE Fundão deverá operar a fio d'água, ou seja, o seu reservatório operará sem deplecionamento, deixando-se, entretanto, 0,50 para a regularização diária de vazões.

A borda livre das estruturas foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Savelli 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 a adoção destes ventos provém de recomendações apresentadas na bibliografia corrente.

No caso da UHE Fundão, a altura de onda resultou em 0,60 m para o caso excepcional (vento de 100 km/h) e 1,12 m para o caso normal (vento de 160 km/h). Tem-se, portanto, para os níveis máximos normais e máximos excepcionais, as elevações 706,62 e 711,60 m, respectivamente. Com isso definiu-se a cota de proteção tanto da barragem quanto da tomada d'água na El. 712,50 m.

As características gerais do reservatório são apresentadas no Quadro 1.5.

**QUADRO 1.5**  
**CARACTERÍSTICAS GERAIS RESERVATÓRIO UHE FUNDÃO**

| Parâmetro                        | Valor  |
|----------------------------------|--------|
| Nível Mínimo Normal Montante (m) | 705,50 |
| Nível Máximo Normal Montante (m) | 705,50 |

| Parâmetro  | Valor      |
|--|------------|
| Nível Máximo Maximorum Montante (m)                      | 711,0      |
| Nível Mínimo Jusante (m)                                 | 602,00     |
| Nível Máximo Normal Jusante (m)                          | 609,00     |
| Nível Máximo Maximorum Jusante (m)                       | 615,00     |
| Área N.A Máximo Maximorum (km <sup>2</sup> )             | 2,50       |
| Área N.A Máximo Normal (km <sup>2</sup> )                | 2,15       |
| Área N.A Mínimo Normal (km <sup>2</sup> )                | 2,15       |
| Volume N.A Máximo Normal (m <sup>3</sup> )               | 34.490.000 |
| Volume Abaixo da Soleira do Vertedouro (m <sup>3</sup> ) | 34.490.000 |
| Volume Útil (m <sup>3</sup> )                            | 11.450.000 |
| Vida Útil do reservatório com Santa Clara (anos)         | 1.326      |
| Vida Útil do reservatório sem Santa Clara (anos)         | 171        |
| Profundidade Média (m)                                   | 16,00      |
| Profundidade Máxima (m)                                  | ~52,00     |
| Tempo de Formação do Reservatório (dias)                 | 3,80       |
| Tempo de residência (dias)                               | 3,80       |

### 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*

A partir da série de vazões médias diárias da estação Santa Clara (Cód. 65825000), determinaram-se as vazões médias mensais e anuais desta estação (Quadro 1.6 e Figura 1.8). Vale ressaltar que, pelo fato de a estação estar localizada a cerca de 12 km do eixo do barramento, foi feita uma regionalização da vazão média considerando a área de drenagem da estação (3.930 km<sup>2</sup>) e do barramento (4.090 km<sup>2</sup>), resultando num fator de 1,04.

É possível observar que as maiores vazões médias estão concentradas no mês de julho, cuja a média da série histórica é de cerca de 137 m<sup>3</sup>/s. A vazão média de longo termo (Q<sub>MLT</sub>), também chamada de média das médias é de aproximadamente 118 m<sup>3</sup>/s. Este valor é cerca de 12% maior do que a Q<sub>MLT</sub> apresentada no Projeto Básico (INTERTECHNE, 2002) de 104,8 m<sup>3</sup>/s.

**QUADRO 1.6**  
**VAZÕES MÉDIAS MENSAIS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO (M<sup>3</sup>/S)**

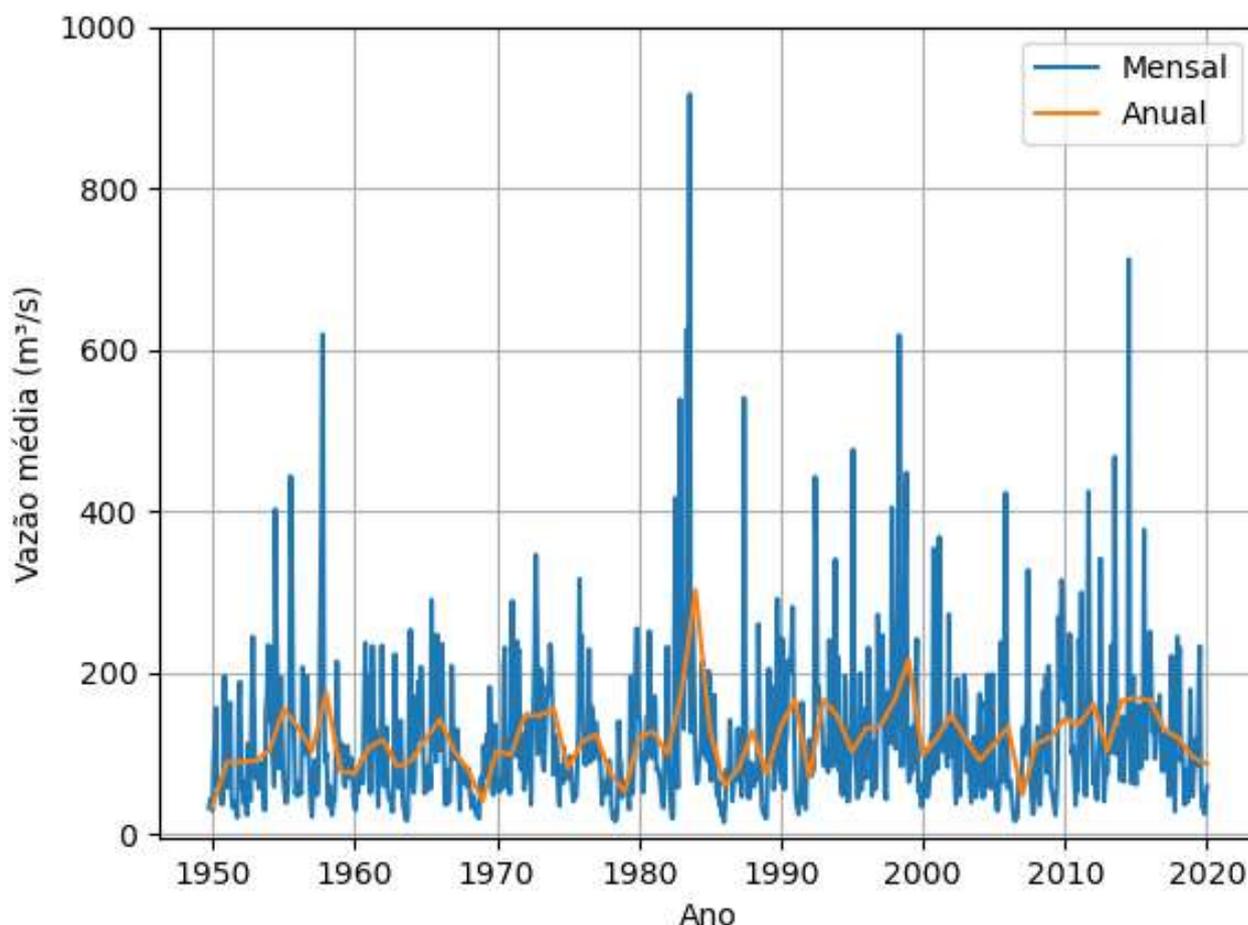
| ANO         | JAN  | FEV   | MAR   | ABR  | MAI  | JUN   | JUL  | AGO  | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | MÉDIA |
|-------------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>1950</b> | 99,5 | 116,8 | 162,1 | 58,6 | 69,5 | 49,8  | 67,7 | 34,6 | 53,6  | 202,0 | 108,5 | 55,4  | 89,8  |
| <b>1951</b> | 99,5 | 144,2 | 171,0 | 46,8 | 31,6 | 36,1  | 37,5 | 24,9 | 18,6  | 166,4 | 190,3 | 123,3 | 90,9  |
| <b>1952</b> | 70,8 | 48,6  | 36,0  | 64,4 | 22,4 | 115,7 | 66,8 | 40,0 | 172,6 | 253,3 | 161,9 | 68,5  | 93,4  |
| <b>1953</b> | 73,9 | 78,1  | 54,3  | 88,1 | 88,9 | 84,9  | 46,0 | 27,8 | 155,8 | 183,3 | 241,1 | 145,9 | 105,7 |

| <b>ANO</b> | <b>JAN</b> | <b>FEV</b> | <b>MAR</b> | <b>ABR</b> | <b>MAI</b> | <b>JUN</b> | <b>JUL</b> | <b>AGO</b> | <b>SET</b> | <b>OUT</b> | <b>NOV</b> | <b>DEZ</b> | <b>MÉDIA</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1954       | 239,9      | 113,2      | 92,9       | 57,8       | 401,3      | 266,4      | 148,1      | 81,4       | 105,1      | 199,5      | 106,1      | 64,8       | 156,4        |
| 1955       | 46,5       | 36,3       | 43,4       | 63,7       | 177,6      | 442,5      | 344,2      | 160,7      | 124,2      | 47,1       | 58,9       | 45,2       | 132,5        |
| 1956       | 62,0       | 64,3       | 49,1       | 215,8      | 198,6      | 141,2      | 102,3      | 201,4      | 104,8      | 61,8       | 32,6       | 20,2       | 104,5        |
| 1957       | 61,8       | 92,5       | 54,2       | 47,7       | 49,7       | 134,5      | 265,7      | 410,8      | 593,9      | 189,8      | 156,0      | 102,3      | 179,9        |
| 1958       | 56,9       | 33,6       | 58,7       | 30,0       | 21,9       | 38,2       | 40,5       | 82,5       | 219,8      | 132,1      | 112,6      | 116,1      | 78,6         |
| 1959       | 92,5       | 69,0       | 59,4       | 57,8       | 71,7       | 109,8      | 69,4       | 73,4       | 94,4       | 75,3       | 45,3       | 31,0       | 70,7         |
| 1960       | 28,1       | 68,0       | 51,3       | 74,7       | 61,8       | 94,0       | 61,0       | 168,7      | 242,7      | 179,9      | 203,4      | 74,5       | 109,0        |
| 1961       | 48,1       | 53,5       | 241,6      | 147,2      | 131,9      | 131,0      | 60,1       | 32,3       | 68,9       | 112,2      | 242,6      | 126,8      | 116,3        |
| 1962       | 56,9       | 119,1      | 136,8      | 53,0       | 41,1       | 44,8       | 35,5       | 25,8       | 64,8       | 231,6      | 100,9      | 95,8       | 83,8         |
| 1963       | 53,9       | 109,5      | 142,4      | 93,0       | 34,1       | 27,5       | 16,6       | 14,4       | 20,3       | 166,0      | 261,7      | 162,9      | 91,9         |
| 1964       | 56,0       | 48,8       | 75,0       | 176,9      | 117,0      | 195,2      | 149,2      | 215,6      | 176,6      | 99,9       | 47,7       | 81,0       | 119,9        |
| 1965       | 50,3       | 83,0       | 87,6       | 56,2       | 282,1      | 107,7      | 250,7      | 129,3      | 89,5       | 252,5      | 196,6      | 124,2      | 142,5        |
| 1966       | 106,0      | 245,0      | 145,4      | 48,5       | 33,5       | 45,1       | 74,0       | 37,1       | 74,6       | 213,2      | 139,8      | 94,8       | 104,7        |
| 1967       | 94,9       | 122,5      | 133,5      | 68,3       | 27,7       | 89,3       | 68,9       | 61,8       | 80,1       | 64,1       | 58,4       | 81,4       | 79,2         |
| 1968       | 63,1       | 41,1       | 30,4       | 46,8       | 41,5       | 28,7       | 20,8       | 20,0       | 17,2       | 47,9       | 69,8       | 47,1       | 39,5         |
| 1969       | 111,3      | 78,7       | 70,9       | 125,9      | 96,3       | 188,3      | 138,1      | 54,5       | 48,3       | 139,0      | 138,6      | 69,8       | 105,0        |
| 1970       | 59,4       | 48,6       | 62,4       | 54,0       | 72,7       | 218,0      | 233,3      | 55,7       | 68,9       | 117,5      | 46,8       | 132,3      | 97,4         |
| 1971       | 300,2      | 153,7      | 105,1      | 95,9       | 246,1      | 230,4      | 246,6      | 79,5       | 115,6      | 128,4      | 53,2       | 72,2       | 152,2        |
| 1972       | 81,3       | 151,6      | 110,9      | 93,8       | 34,1       | 110,3      | 151,5      | 223,7      | 354,8      | 267,0      | 100,1      | 112,0      | 149,3        |
| 1973       | 202,8      | 182,7      | 87,6       | 77,1       | 127,8      | 163,0      | 189,7      | 177,5      | 241,8      | 232,8      | 159,0      | 71,5       | 159,4        |
| 1974       | 112,8      | 123,7      | 105,8      | 51,6       | 33,2       | 82,4       | 83,2       | 62,5       | 107,6      | 68,1       | 73,1       | 70,5       | 81,2         |
| 1975       | 67,1       | 96,3       | 75,5       | 47,5       | 38,2       | 54,7       | 44,4       | 77,9       | 135,9      | 323,2      | 161,4      | 252,7      | 114,6        |
| 1976       | 144,4      | 88,4       | 83,8       | 91,4       | 82,9       | 227,4      | 88,7       | 163,7      | 152,6      | 92,6       | 171,3      | 139,7      | 127,2        |
| 1977       | 120,9      | 103,7      | 98,7       | 75,2       | 34,3       | 64,6       | 50,8       | 48,2       | 49,6       | 81,4       | 90,5       | 75,1       | 74,4         |
| 1978       | 29,3       | 17,6       | 25,4       | 13,1       | 14,8       | 23,6       | 142,5      | 96,3       | 83,3       | 42,6       | 64,7       | 54,4       | 50,6         |
| 1979       | 60,0       | 50,8       | 40,3       | 28,3       | 190,2      | 61,5       | 46,9       | 99,9       | 179,0      | 251,7      | 251,5      | 150,3      | 117,5        |
| 1980       | 142,2      | 91,3       | 90,1       | 50,7       | 101,6      | 91,3       | 150,1      | 149,8      | 257,6      | 158,5      | 96,1       | 164,9      | 128,7        |
| 1981       | 176,6      | 167,4      | 78,5       | 82,3       | 74,6       | 65,9       | 50,0       | 33,4       | 30,0       | 113,8      | 97,9       | 241,5      | 101,0        |
| 1982       | 95,3       | 55,6       | 34,3       | 17,1       | 17,7       | 200,4      | 418,8      | 123,3      | 54,1       | 245,5      | 528,4      | 297,0      | 174,0        |
| 1983       | 217,8      | 133,4      | 210,4      | 203,8      | 556,4      | 395,3      | 883,0      | 128,0      | 279,1      | 270,7      | 172,7      | 89,8       | 295,0        |
| 1984       | 60,5       | 63,0       | 90,7       | 97,1       | 125,6      | 208,7      | 101,2      | 200,2      | 129,4      | 90,9       | 208,4      | 199,0      | 131,2        |
| 1985       | 64,2       | 94,0       | 66,7       | 177,9      | 71,1       | 45,8       | 63,4       | 33,9       | 37,2       | 20,3       | 22,9       | 12,1       | 59,1         |
| 1986       | 30,4       | 80,7       | 69,0       | 71,7       | 144,9      | 117,9      | 38,4       | 56,7       | 73,8       | 67,3       | 66,2       | 134,1      | 79,3         |
| 1987       | 61,3       | 110,5      | 43,9       | 71,9       | 532,4      | 208,0      | 121,1      | 70,8       | 40,9       | 80,1       | 88,4       | 84,0       | 126,1        |
| 1988       | 55,0       | 69,2       | 64,1       | 70,9       | 263,8      | 167,7      | 74,2       | 34,4       | 24,1       | 23,6       | 17,0       | 17,6       | 73,5         |
| 1989       | 119,5      | 209,3      | 129,9      | 87,6       | 187,1      | 52,0       | 81,3       | 148,6      | 294,1      | 169,4      | 86,7       | 62,1       | 135,6        |
| 1990       | 246,5      | 97,5       | 51,9       | 109,0      | 126,5      | 221,1      | 203,1      | 209,6      | 237,5      | 287,6      | 157,8      | 80,0       | 169,0        |
| 1991       | 36,2       | 31,2       | 22,6       | 47,2       | 36,0       | 165,0      | 101,6      | 58,0       | 28,7       | 84,2       | 97,4       | 120,5      | 69,0         |
| 1992       | 85,5       | 69,9       | 75,4       | 79,5       | 433,1      | 366,2      | 168,2      | 187,5      | 151,2      | 156,6      | 135,8      | 84,0       | 166,1        |
| 1993       | 94,0       | 109,5      | 79,2       | 74,4       | 238,1      | 128,9      | 137,3      | 82,4       | 154,2      | 337,9      | 90,2       | 224,7      | 145,9        |
| 1994       | 76,6       | 127,4      | 55,7       | 45,1       | 95,3       | 201,4      | 190,9      | 79,7       | 37,7       | 71,7       | 133,1      | 122,2      | 103,1        |
| 1995       | 474,1      | 166,4      | 85,4       | 68,3       | 41,9       | 63,9       | 199,8      | 50,9       | 97,0       | 153,8      | 87,8       | 67,3       | 129,7        |
| 1996       | 141,7      | 238,3      | 186,0      | 127,8      | 44,3       | 60,5       | 114,2      | 53,9       | 82,0       | 286,7      | 156,9      | 148,5      | 136,7        |
| 1997       | 142,5      | 252,1      | 127,2      | 47,5       | 39,2       | 178,2      | 143,5      | 143,7      | 114,3      | 407,8      | 280,4      | 138,5      | 167,9        |

| ANO    | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | MÉDIA |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1998   | 105,9 | 148,6 | 190,2 | 610,5 | 248,0 | 82,6  | 117,0 | 153,7 | 344,8 | 445,7 | 101,8 | 61,7  | 217,6 |
| 1999   | 65,5  | 132,0 | 75,9  | 133,7 | 87,5  | 196,5 | 243,8 | 49,7  | 62,1  | 44,0  | 30,9  | 38,6  | 96,7  |
| 2000   | 52,2  | 107,5 | 89,0  | 43,4  | 56,4  | 75,6  | 125,9 | 72,1  | 350,5 | 265,7 | 124,5 | 79,4  | 120,2 |
| 2001   | 166,9 | 375,4 | 168,4 | 105,1 | 105,0 | 125,7 | 131,9 | 89,0  | 81,5  | 275,7 | 96,5  | 103,0 | 152,0 |
| 2002   | 139,0 | 124,5 | 65,1  | 35,5  | 196,1 | 81,5  | 45,0  | 71,7  | 143,9 | 151,7 | 203,9 | 181,9 | 120,0 |
| 2003   | 76,4  | 119,1 | 106,9 | 55,5  | 36,2  | 100,4 | 122,2 | 51,9  | 45,2  | 64,8  | 140,1 | 179,0 | 91,5  |
| 2004   | 92,4  | 43,5  | 43,5  | 46,4  | 169,8 | 157,9 | 204,8 | 73,7  | 53,3  | 199,2 | 203,9 | 65,5  | 112,8 |
| 2005   | 60,5  | 31,4  | 26,6  | 25,6  | 8,6   | 144,2 | 97,2  | 9,3   | 92,0  | 348,0 | -     | -     | 84,3  |
| Mínima | 28,1  | 17,6  | 22,6  | 13,1  | 8,6   | 23,6  | 16,6  | 9,3   | 17,2  | 20,3  | 17,0  | 12,1  | 39,5  |
| Média  | 104,1 | 107,7 | 89,6  | 86,3  | 123,4 | 134,1 | 136,9 | 96,4  | 130,6 | 168,6 | 132,2 | 106,5 | 117,9 |
| Máxima | 474,1 | 375,4 | 241,6 | 610,5 | 556,4 | 442,5 | 883,0 | 410,8 | 593,9 | 445,7 | 528,4 | 297,0 | 295,0 |

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

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



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

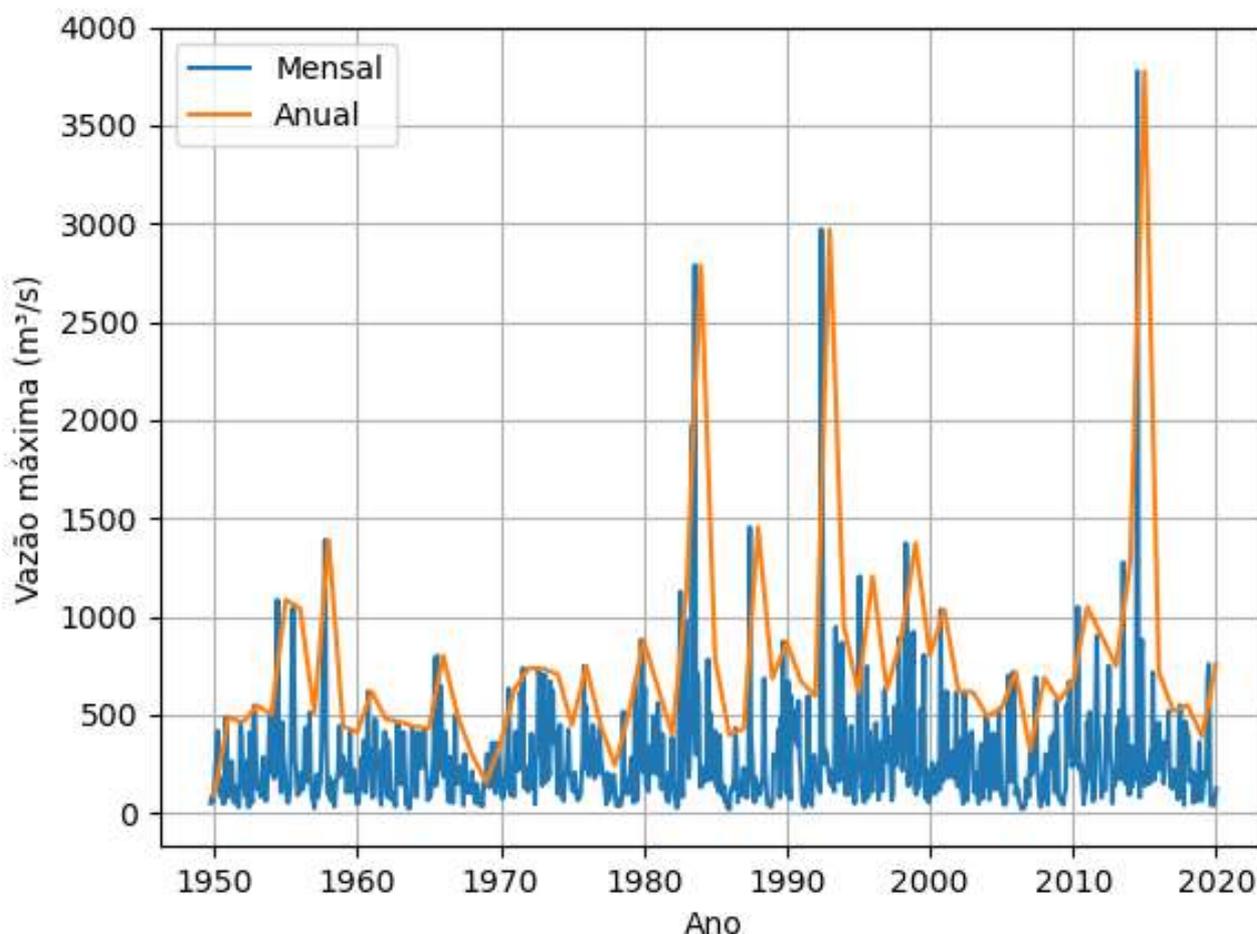
*Vazões máximas mensais e anuais*

As vazões máximas de um rio podem ser entendidas como valores associados a um risco de serem iguados 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 Fundão estão apresentadas na Figura 1.9 e no Quadro 1.7. 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 3.775,0 m<sup>3</sup>/s.

**FIGURA 1.9**  
**SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÁXIMAS MENSAIS E ANUAIS DA UHE FUNDÃO**



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

**QUADRO 1.7**  
**VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS DA UHE FUNDÃO**

| <b>ANO</b> | <b>VAZÃO MÁXIMA (m³/s)</b> | <b>ANO</b> | <b>VAZÃO MÁXIMA (m³/s)</b> |
|------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| 1950       | 487                        | 1985       | 397                        |
| 1951       | 461                        | 1986       | 432                        |
| 1952       | 547                        | 1987       | 1454                       |
| 1953       | 503                        | 1988       | 685                        |
| 1954       | 1085                       | 1989       | 873                        |
| 1955       | 1043                       | 1990       | 670                        |
| 1956       | 511                        | 1991       | 596                        |

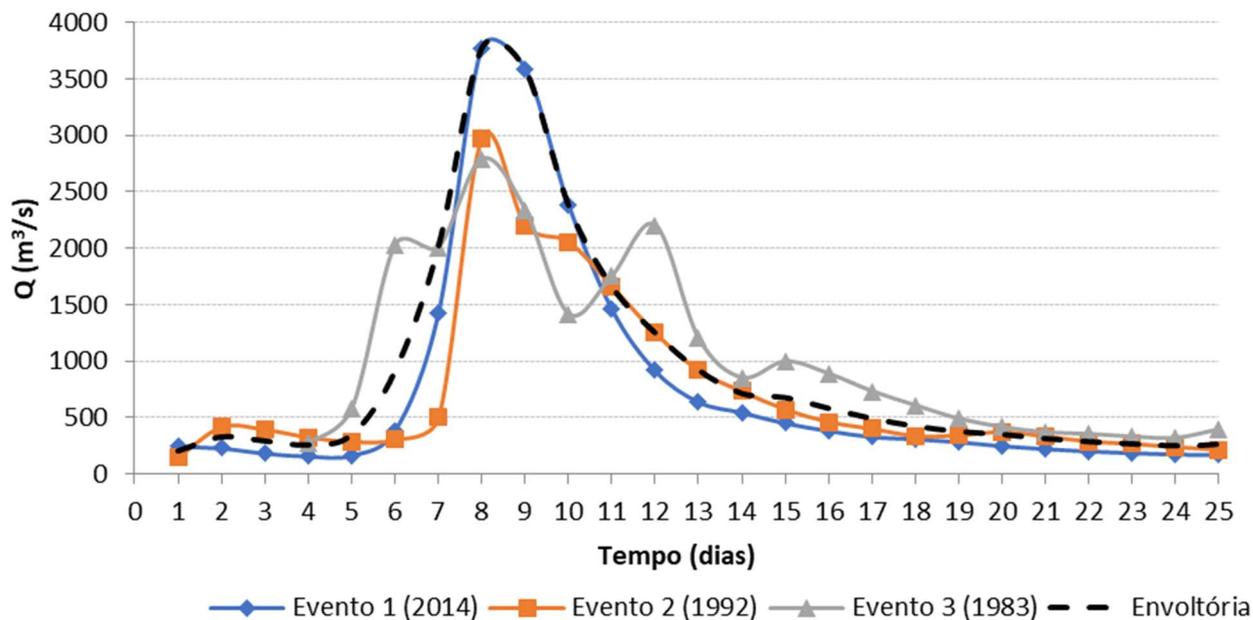
| <b>ANO</b> | <b>VAZÃO MÁXIMA (m³/s)</b> | <b>ANO</b> | <b>VAZÃO MÁXIMA (m³/s)</b> |
|------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| 1957       | 1390                       | 1992       | 2971                       |
| 1958       | 442                        | 1993       | 946                        |
| 1959       | 412                        | 1994       | 614                        |
| 1960       | 619                        | 1995       | 1205                       |
| 1961       | 478                        | 1996       | 629                        |
| 1962       | 463                        | 1997       | 891                        |
| 1963       | 440                        | 1998       | 1373                       |
| 1964       | 432                        | 1999       | 804                        |
| 1965       | 801                        | 2000       | 1035                       |
| 1966       | 498                        | 2001       | 620                        |
| 1967       | 300                        | 2002       | 616                        |
| 1968       | 156                        | 2003       | 494                        |
| 1969       | 357                        | 2004       | 533                        |
| 1970       | 634                        | 2005       | 718                        |
| 1971       | 738                        | 2006       | 318                        |
| 1972       | 735                        | 2007       | 690                        |
| 1973       | 707                        | 2008       | 572                        |
| 1974       | 449                        | 2009       | 669                        |
| 1975       | 748                        | 2010       | 1049                       |
| 1976       | 447                        | 2011       | 902                        |
| 1977       | 242                        | 2012       | 749                        |
| 1978       | 516                        | 2013       | 1276                       |
| 1979       | 882                        | 2014       | 3775                       |
| 1980       | 638                        | 2015       | 715                        |
| 1981       | 401                        | 2016       | 519                        |
| 1982       | 1126                       | 2017       | 549                        |
| 1983       | 2789                       | 2018       | 390                        |
| 1984       | 782                        | 2019       | 757                        |

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

#### *Hidrograma de projeto a partir de dados fluviométricos*

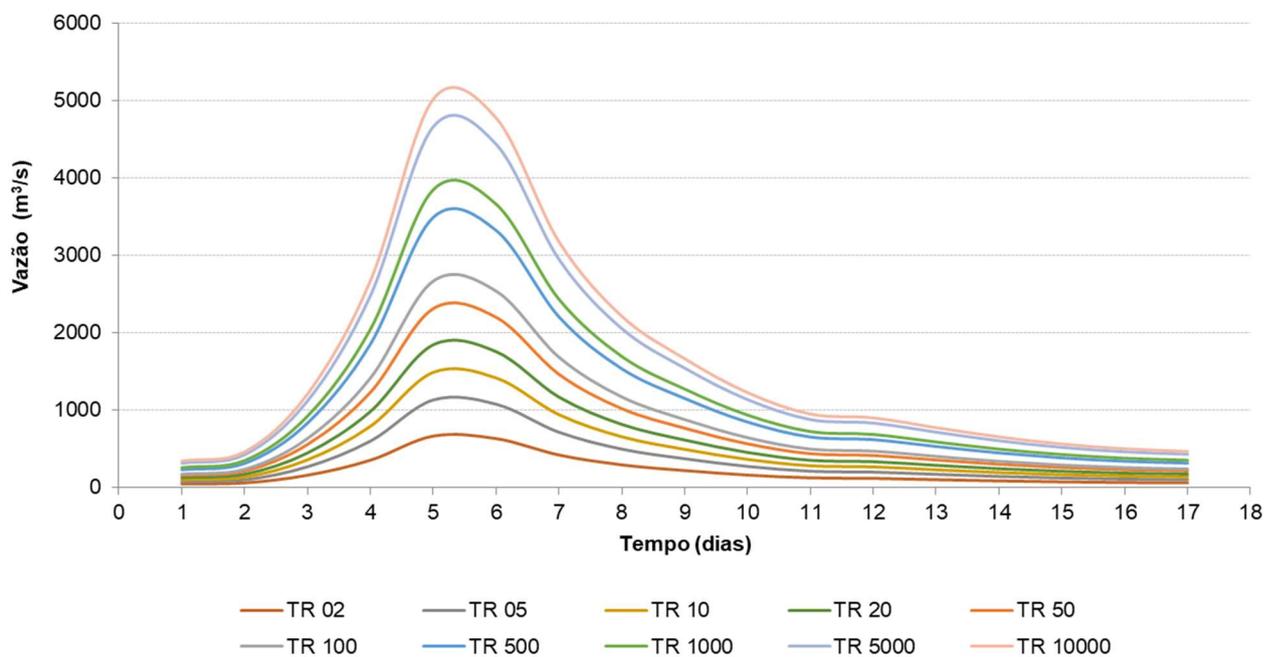
A definição do hidrograma afluente à UHE Fundão, com base na vazão, foi realizada na RPSB de 2022 pela Nova Engevix. Na metodologia utilizada, a forma do hidrograma de projeto é definida a partir de hidrogramas críticos observados.

**FIGURA 1.10**  
**ENVOLTÓRIA DOS PRINCIPAIS EVENTOS CRÍTICOS REGISTRADOS NA UHE FUNDÃO**



Fonte: RPS Nova Engevix, 2022.

**FIGURA 1.11**  
**HIDROGRAMAS DE PROJETO DA UHE FUNDÃO**



Fonte: RPS 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 1100 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 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 camadas 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.

A localização de todas essas investigações, tanto as efetuadas para o Projeto de Viabilidade quanto às executadas para o Projeto Básico, são mostradas no Desenho 0123-FD-DE-310-12-001. Os resultados das investigações são apresentados nos perfis geológicos dos Desenhos 0123-FD-DE-310-12-002 e 0123-FD-DE-310-12-003.

Nesses perfis, as litologias e alguns dados de classificação geomecânica - recuperação/RQD, grau de coerência e permeabilidade - são mostradas por meio de minilogs. Nesses minilogs são definidas as superfícies da rocha decomposta e saprolito, da rocha dura, pouco a moderadamente alterada/fraturada, considerada como adequada para fundação de estruturas de concreto com alguma ressalva, e a superfície da rocha sã.

O Desenho 0123-FD-DE-310-12-002 mostra perfis geológicos no final do circuito hidráulico e casa de força. O corte "A" abrange o desemboque do túnel de adução a baixa carga, câmara de compensação, tomada de água, túneis forçados, casa de força e canal de fuga.

O corte B é um perfil transversal da casa de força, paralelo ao eixo das unidades, passando pelas sondagens SR-55 e 56. No Desenho 0123-FD-DE-310-12-003 a Seção “C” mostra o emboque de montante do túnel de adução a baixa carga e a Seção “D” é transversal ao túnel de adução, no seu ponto de menor cobertura de rocha. No mesmo desenho, o Corte “E” é um perfil geológico pelo eixo da barragem e o Corte “F” é um perfil pelo túnel de desvio.

A estratigrafia de derrames mostrada na Seção “A” é aproximadamente similar à que foi observada em Segredo e na Derivação do Jordão, segundo os estudos da COPEL, mas com os derrames em posição um pouco mais elevada. O derrame inferior foi correlacionado com o derrame FG da usina de Segredo, o qual é um derrame muito espesso e que apresenta, no topo, uma camada de brecha basáltica igualmente espessa (camada “F”). Esta camada de brecha tem espessuras irregulares, tal como se observa na seção em apreço.

Acima do derrame FG ocorre o derrame E, bastante espesso e predominantemente formado por basaltos densos, colunares. O derrame E é recoberto pelo derrame D, pouco espesso, e pelos derrames C e B. Acima dessa sequência, devem ocorrer o derrame A e o derrame de rio-dacito (RD), nenhum dos quais foi atingido pelas sondagens.

Na Seção “A”, tal como nas demais seções, mostram-se também as espessuras de solo, rocha alterada e rocha praticamente sã, assim como o posicionamento das superfícies da rocha sã, da rocha alterada dura e do saprolito. Nota-se que as coberturas de solo e saprolito são bastante pequenas abaixo da El.650,00, onde a rocha pertence aos derrames F/G e E, e mais espessa daí para cima, com as coberturas e geometria dos topos de rocha sendo controlados pelos contatos entre derrames.

As sondagens efetuadas para o projeto, tanto na área da casa de força e final do circuito hidráulico, como na área da barragem, indicam que o maciço local é muito pouco permeável e que os contatos de derrame estão predominantemente fechados e sem alteração, salvo aqueles muito próximos da superfície das encostas.

O maciço rochoso, dessa forma, é de boa qualidade, na maior parte da área, salvo por alguns pontos localizados próximos das encostas ou afetados pelos contatos entre derrames. As principais características geológicas e geotécnicas das diferentes estruturas comentadas abaixo.

### 1.3.7 - Instrumentação Civil de Auscultação

#### *Introdução*

A localização da instrumentação é apresentada nos desenhos:

- 123-FD-DE-412-41-1 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Planta e perfil.
- 123-FD-DE-412-41-2 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Cortes.
- 123-FD-DE-412-41-3 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Medidores de vazão - Medidores de vazão - Plantas, cortes e detalhes.

- 123-FD-DE-412-41-4 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Piezômetros - Piezômetros - Cortes e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-5 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Extensômetros - Extensômetros - Cortes e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-6 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Galeria de drenagem - Piezômetros - Piezômetros.
- 123-FD-DE-412-41-7 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Marcos fixos - Forma e armadura - Forma e armadura - Plantas, cortes e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-8 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Medidor triortogonal - Corte e detalhe - Corte e detalhe.
- 123-FD-DE-412-41-9 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Marcos superficiais - Planta, corte e detalhes - Planta, corte e detalhes.
- 123-FD-DE-412-41-10 - Barragem CCR - Soleira vertente - Instrumentação - Termômetros - Cortes e detalhes - Cortes e detalhes.

A instrumentação instalada na barragem da UHE Fundão visa o acompanhamento do comportamento das estruturas de concreto e do maciço basáltico de fundação, e permite comparar os dados das leituras com os limites previstos em cálculo, possibilitando detectar qualquer anomalia estrutural a tempo de executar medidas preventivas e corretivas.

No Quadro 1.8 são apresentados os resumos dos instrumentos instalados na Barragem CCR.

**QUADRO 1.8**  
**INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE CCR**

| <b>Instrumento</b>                  | <b>Sigla</b>   | <b>Quantidade</b> |
|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| Extensômetro Múltiplo               | EM             | 22                |
| Medidor de Vazão Triangular         | MV             | 3                 |
| Piezômetros tipo Standpipe          | PSP            | 48                |
| Termômetro elétrico                 | TE             | 13                |
| Medidor de Deformação Triortogonal  | MD             | 22                |
| Drenos de fundação, cortina e junta | DRF, DRC e DRJ | 235               |
| Marco superficial                   | MS             | 08                |

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

#### *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 pelas estruturas de barramento e suas fundações.

A vazão dos medidores de vazão deve, em condições normais, ter relação direta com os níveis do reservatório e deve ter suas leituras próximas da média, ou seja, com comportamento 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 apresentam poucas oscilações, sendo essas motivadas pelo reservatório, o que indica comportamento normal. Observa-se maiores valores lidos no MV-2 em comparação aos demais, indicando haver maior percolação pela esquerda hidráulica. As leituras encontram-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos.

O Quadro 1.9 apresenta a evolução das vazões a partir do ano de 2015.

**QUADRO 1.9  
VAZÕES BARRAGEM**

| Data       | MV 01   |       | MV 02   |       | MV 03   |       | Percolação Fissura Jusante <sup>(1)</sup> |       | N.A. (m) |
|------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---|-------|----------|
|            | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min)                                   | (l/s) |          |
| 19/11/2015 | 9,56    | 0,16  | 22,40   | 0,37  | 7,55    | 0,13  | 4,80                                      | 0,08  | 705,722  |
| 01/12/2015 | 10,11   | 0,17  | 22,40   | 0,37  | 8,03    | 0,13  | 3,60                                      | 0,06  | 705,635  |
| 18/12/2015 | 8,03    | 0,13  | 20,65   | 0,34  | 8,52    | 0,14  | 2,80                                      | 0,05  | 705,62   |
| 05/01/2016 | 6,65    | 0,11  | 18,18   | 0,30  | 8,03    | 0,13  | 2,00                                      | 0,03  | 705,713  |
| 13/01/2016 | 8,03    | 0,13  | 24,23   | 0,40  | 10,68   | 0,18  | 1,80                                      | 0,03  | 705,919  |
| 25/01/2016 | 4,34    | 0,07  | 11,26   | 0,19  | 3,12    | 0,05  | 1,40                                      | 0,02  | 705,299  |
| 11/02/2016 | 4,01    | 0,07  | 13,13   | 0,22  | 4,01    | 0,07  | 0,80                                      | 0,01  | 705,314  |
| 23/02/2016 | 3,70    | 0,06  | 13,79   | 0,23  | 3,40    | 0,06  | 0,90                                      | 0,02  | 705,033  |
| 10/03/2016 | 5,42    | 0,09  | 24,23   | 0,40  | 5,04    | 0,08  | 1,10                                      | 0,02  | 705,789  |
| 22/03/2016 | 3,70    | 0,06  | 19,80   | 0,33  | 4,01    | 0,07  | 0,45                                      | 0,01  | 705,259  |
| 30/03/2016 | 3,70    | 0,06  | 13,79   | 0,23  | 3,40    | 0,06  | 0,90                                      | 0,02  | 705,272  |
| 07/04/2016 | 3,12    | 0,05  | 14,48   | 0,24  | 2,85    | 0,05  | 0,40                                      | 0,01  | 705,283  |
| 19/04/2016 | 3,70    | 0,06  | 15,18   | 0,25  | 3,12    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,341  |
| 27/04/2016 | 4,34    | 0,07  | 14,48   | 0,24  | 3,70    | 0,06  | 0,00                                      | 0,00  | 705,387  |
| 13/05/2016 | 3,70    | 0,06  | 18,18   | 0,30  | 3,70    | 0,06  | 0,00                                      | 0,00  | 705,037  |
| 03/06/2016 | 11,26   | 0,19  | 49,00   | 0,82  | 25,18   | 0,42  | 0,00                                      | 0,00  | 705,685  |
| 12/07/2016 | 7,55    | 0,13  | 20,65   | 0,34  | 7,55    | 0,13  | 3,40                                      | 0,06  | 705,375  |
| 20/07/2016 | 10,11   | 0,17  | 20,65   | 0,34  | 7,55    | 0,13  | 3,70                                      | 0,06  | 705,251  |
| 05/08/2016 | 5,81    | 0,10  | 16,64   | 0,28  | 6,22    | 0,10  | 4,80                                      | 0,08  | 705,325  |

| Data       | MV 01   |       | MV 02   |       | MV 03   |       | Percolação Fissura Jusante <sup>(1)</sup> |       | N.A. (m) |
|------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---|-------|----------|
|            | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min)                                   | (l/s) |          |
| 25/08/2016 | 5,81    | 0,10  | 15,90   | 0,26  | 5,42    | 0,09  | 5,20                                      | 0,09  | 705,16   |
| 31/08/2016 | 5,42    | 0,09  | 14,48   | 0,24  | 4,68    | 0,08  | 4,80                                      | 0,08  | 705,248  |
| 09/09/2016 | 5,81    | 0,10  | 15,18   | 0,25  | 4,34    | 0,07  | 4,60                                      | 0,08  | 705,259  |
| 27/09/2016 | 7,55    | 0,13  | 16,64   | 0,28  | 4,68    | 0,08  | 3,20                                      | 0,05  | 705,353  |
| 10/10/2016 | 6,65    | 0,11  | 16,64   | 0,28  | 4,34    | 0,07  | 2,60                                      | 0,04  | 705,299  |
| 31/10/2016 | 5,42    | 0,09  | 22,40   | 0,37  | 4,34    | 0,07  | 1,80                                      | 0,03  | 705,367  |
| 01/11/2016 | 6,65    | 0,11  | 16,64   | 0,28  | 4,34    | 0,07  | 2,60                                      | 0,04  | 705,331  |
| 18/11/2016 | 5,42    | 0,09  | 15,18   | 0,25  | 3,12    | 0,05  | 0,30                                      | 0,01  | 705,227  |
| 06/12/2016 | 5,04    | 0,08  | 16,64   | 0,28  | 4,34    | 0,07  | 0,20                                      | 0,00  | 705,418  |
| 19/12/2016 | 6,65    | 0,11  | 16,64   | 0,28  | 5,04    | 0,08  | 0,30                                      | 0,01  | 705,162  |
| 28/12/2016 | 5,04    | 0,08  | 17,40   | 0,29  | 3,70    | 0,06  | 0,15                                      | 0,00  | 705,275  |
| 09/01/2017 | 3,70    | 0,06  | 15,18   | 0,25  | 2,85    | 0,05  | 0,10                                      | 0,00  | 705,265  |
| 20/01/2017 | 6,65    | 0,11  | 18,18   | 0,30  | 8,03    | 0,13  | 2,00                                      | 0,03  | 705,279  |
| 30/01/2017 | 3,70    | 0,06  | 18,18   | 0,30  | 3,70    | 0,06  | 0,10                                      | 0,00  | 705,269  |
| 22/02/2017 | 4,01    | 0,07  | 16,64   | 0,28  | 3,12    | 0,05  | 0,10                                      | 0,00  | 705,256  |
| 06/03/2017 | 6,65    | 0,11  | 16,64   | 0,28  | 4,01    | 0,07  | 0,10                                      | 0,00  | 705,338  |
| 23/03/2017 | 5,04    | 0,08  | 17,40   | 0,29  | 4,68    | 0,08  | 0,15                                      | 0,00  | 705,295  |
| 10/04/2017 | 3,12    | 0,05  | 15,90   | 0,26  | 3,12    | 0,05  | 0,15                                      | 0,00  | 705,35   |
| 18/04/2017 | 3,70    | 0,06  | 16,64   | 0,28  | 3,70    | 0,06  | 0,25                                      | 0,00  | 705,277  |
| 27/04/2017 | 6,22    | 0,10  | 18,18   | 0,30  | 6,22    | 0,10  | 0,30                                      | 0,01  | 705,123  |
| 08/05/2017 | 4,34    | 0,07  | 20,65   | 0,34  | 3,70    | 0,06  | 0,65                                      | 0,01  | 705,325  |
| 24/05/2017 | 4,34    | 0,07  | 25,18   | 0,42  | 3,70    | 0,06  | 0,35                                      | 0,01  | 705,264  |
| 23/06/2017 | 10,68   | 0,18  | 37,12   | 0,62  | 18,98   | 0,32  | 0,60                                      | 0,01  | 705,534  |
| 29/06/2017 | 5,42    | 0,09  | 15,18   | 0,25  | 3,12    | 0,05  | 0,30                                      | 0,01  | 705,349  |
| 06/07/2017 | 5,42    | 0,09  | 15,90   | 0,26  | 4,01    | 0,07  | 0,30                                      | 0,01  | 705,252  |
| 10/08/2017 | 7,09    | 0,12  | 17,40   | 0,29  | 5,04    | 0,08  | 2,40                                      | 0,04  | 705,302  |
| 04/09/2017 | 7,09    | 0,12  | 16,64   | 0,28  | 3,70    | 0,06  | 2,00                                      | 0,03  | 705,327  |
| 03/10/2017 | 7,55    | 0,13  | 16,64   | 0,28  | 3,70    | 0,06  | 0,80                                      | 0,01  | 705,33   |
| 06/11/2017 | 5,04    | 0,08  | 17,40   | 0,29  | 2,59    | 0,04  | 0,80                                      | 0,01  | 705,297  |
| 13/11/2017 | 12,49   | 0,21  | 35,92   | 0,60  | 18,18   | 0,30  | 0,50                                      | 0,01  | 705,732  |
| 04/12/2017 | 8,52    | 0,14  | 27,15   | 0,45  | 11,26   | 0,19  | 0,20                                      | 0,00  | 705,738  |
| 15/12/2017 | 4,68    | 0,08  | 15,90   | 0,26  | 3,70    | 0,06  | 0,20                                      | 0,00  | 705,362  |
| 28/12/2017 | 9,56    | 0,16  | 33,59   | 0,56  | 18,98   | 0,32  | 0,20                                      | 0,00  | 705,913  |
| 11/01/2018 | 7,55    | 0,13  | 26,16   | 0,44  | 11,87   | 0,20  | 0,15                                      | 0,00  | 705,652  |
| 22/01/2018 | 8,52    | 0,14  | 32,46   | 0,54  | 14,48   | 0,24  | 0,05                                      | 0,00  | 705,735  |
| 05/02/2018 | 3,70    | 0,06  | 14,48   | 0,24  | 4,34    | 0,07  | 0,00                                      | 0,00  | 705,395  |
| 20/02/2018 | 4,01    | 0,07  | 16,64   | 0,28  | 3,70    | 0,06  | 0,05                                      | 0,00  | 705,322  |
| 08/03/2018 | 2,85    | 0,05  | 19,80   | 0,33  | 3,70    | 0,06  | 0,00                                      | 0,00  | 705,242  |
| 22/03/2018 | 2,35    | 0,04  | 13,13   | 0,22  | 1,35    | 0,02  | 0,00                                      | 0,00  | 705,288  |
| 03/04/2018 | 2,35    | 0,04  | 13,13   | 0,22  | 3,70    | 0,06  | 0,10                                      | 0,00  | 705,327  |
| 04/05/2018 | 2,59    | 0,04  | 14,48   | 0,24  | 3,70    | 0,06  | 0,10                                      | 0,00  | 705,294  |

| Data       | MV 01   |       | MV 02   |       | MV 03   |       | Percolação Fissura Jusante <sup>(1)</sup> |       | N.A. (m) |
|------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---|-------|----------|
|            | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min)                                   | (l/s) |          |
| 16/05/2018 | 3,40    | 0,06  | 16,64   | 0,28  | 4,01    | 0,07  | 0,30                                      | 0,01  | 705,296  |
| 08/06/2018 | 5,04    | 0,08  | 18,18   | 0,30  | 3,70    | 0,06  | 1,50                                      | 0,03  | 705,234  |
| 20/06/2018 | 3,70    | 0,06  | 16,64   | 0,28  | 3,70    | 0,06  | 2,00                                      | 0,03  | 705,294  |
| 28/06/2018 | 4,34    | 0,07  | 16,64   | 0,28  | 3,40    | 0,06  | 1,50                                      | 0,03  | 705,318  |
| 09/07/2018 | 5,04    | 0,08  | 14,48   | 0,24  | 2,85    | 0,05  | 1,50                                      | 0,03  | 705,299  |
| 02/08/2018 | 2,85    | 0,05  | 14,48   | 0,24  | 5,04    | 0,08  | 1,50                                      | 0,03  | 705,106  |
| 15/08/2018 | 4,34    | 0,07  | 15,18   | 0,25  | 5,04    | 0,08  | 1,50                                      | 0,03  | 705,134  |
| 31/08/2018 | 4,68    | 0,08  | 16,64   | 0,28  | 5,81    | 0,10  | 2,50                                      | 0,04  | 705,389  |
| 12/09/2018 | 4,01    | 0,07  | 15,18   | 0,25  | 6,22    | 0,10  | 2,50                                      | 0,04  | 705,222  |
| 20/09/2018 | 7,09    | 0,12  | 17,40   | 0,29  | 6,22    | 0,10  | 2,50                                      | 0,04  | 705,349  |
| 03/10/2018 | 4,01    | 0,07  | 15,90   | 0,26  | 5,42    | 0,09  | 2,00                                      | 0,03  | 705,337  |
| 23/10/2018 | 4,68    | 0,08  | 15,90   | 0,26  | 5,42    | 0,09  | 1,20                                      | 0,02  | 705,273  |
| 09/11/2018 | 2,59    | 0,04  | 15,18   | 0,25  | 4,34    | 0,07  | 0,30                                      | 0,01  | 705,204  |
| 23/11/2018 | 3,70    | 0,06  | 14,48   | 0,24  | 3,40    | 0,06  | 0,25                                      | 0,00  | 705,232  |
| 04/12/2018 | 3,40    | 0,06  | 15,18   | 0,25  | 4,68    | 0,08  | 0,10                                      | 0,00  | 705,321  |
| 11/12/2018 | 3,40    | 0,06  | 16,64   | 0,28  | 3,70    | 0,06  | 0,05                                      | 0,00  | 705,382  |
| 17/12/2018 | 2,59    | 0,04  | 13,13   | 0,22  | 4,68    | 0,08  | 0,00                                      | 0,00  | 705,243  |
| 03/01/2019 | 4,34    | 0,07  | 15,90   | 0,26  | 3,40    | 0,06  | 0,00                                      | 0,00  | 705,363  |
| 09/01/2019 | 4,34    | 0,07  | 13,79   | 0,23  | 3,70    | 0,06  | 0,05                                      | 0,00  | 705,335  |
| 17/01/2019 | 3,70    | 0,06  | 13,13   | 0,22  | 2,85    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,338  |
| 07/02/2019 | 3,40    | 0,06  | 13,79   | 0,23  | 3,12    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,399  |
| 21/02/2019 | 4,01    | 0,07  | 15,18   | 0,25  | 4,68    | 0,08  | 0,00                                      | 0,00  | 705,233  |
| 12/03/2019 | 2,85    | 0,05  | 14,48   | 0,24  | 4,34    | 0,07  | 0,00                                      | 0,00  | 705,23   |
| 26/03/2019 | 3,40    | 0,06  | 13,13   | 0,22  | 3,40    | 0,06  | 0,00                                      | 0,00  | 705,184  |
| 03/04/2019 | 2,85    | 0,05  | 12,49   | 0,21  | 2,13    | 0,04  | 0,00                                      | 0,00  | 705,266  |
| 15/04/2019 | 2,13    | 0,04  | 8,03    | 0,13  | 2,13    | 0,04  | 0,05                                      | 0,00  | 705,433  |
| 08/05/2019 | 3,40    | 0,06  | 15,18   | 0,25  | 3,70    | 0,06  | 0,15                                      | 0,00  | 705,387  |
| 16/05/2019 | 3,70    | 0,06  | 14,48   | 0,24  | 3,70    | 0,06  | 0,02                                      | 0,00  | 705,261  |
| 04/06/2019 | 18,98   | 0,32  | 58,04   | 0,97  | 32,46   | 0,54  | 0,30                                      | 0,01  | 706,402  |
| 17/06/2019 | 6,22    | 0,10  | 22,40   | 0,37  | 7,55    | 0,13  | 0,35                                      | 0,01  | 705,344  |
| 02/07/2019 | 5,04    | 0,08  | 15,18   | 0,25  | 4,68    | 0,08  | 0,35                                      | 0,01  | 705,26   |
| 02/08/2019 | 5,42    | 0,09  | 15,90   | 0,26  | 3,70    | 0,06  | 0,90                                      | 0,02  | 705,293  |
| 03/09/2019 | 7,09    | 0,12  | 15,90   | 0,26  | 4,34    | 0,07  | 2,40                                      | 0,04  | 705,336  |
| 20/09/2019 | 6,22    | 0,10  | 13,13   | 0,22  | 4,68    | 0,08  | 2,90                                      | 0,05  | 705,401  |
| 01/10/2019 | 6,65    | 0,11  | 13,13   | 0,22  | 3,40    | 0,06  | 1,20                                      | 0,02  | 705,36   |
| 15/10/2019 | 5,81    | 0,10  | 14,48   | 0,24  | 3,40    | 0,06  | 0,60                                      | 0,01  | 705,36   |
| 06/11/2019 | 5,42    | 0,09  | 13,79   | 0,23  | 3,70    | 0,06  | 0,20                                      | 0,00  | 705,344  |
| 19/11/2019 | 5,04    | 0,08  | 14,48   | 0,24  | 3,40    | 0,06  | 0,10                                      | 0,00  | 705,33   |
| 28/11/2019 | 3,40    | 0,06  | 15,18   | 0,25  | 4,01    | 0,07  | 0,10                                      | 0,00  | 705,332  |
| 19/12/2019 | 3,70    | 0,06  | 13,79   | 0,23  | 3,70    | 0,06  | 0,10                                      | 0,00  | 705,257  |
| 14/01/2020 | 2,35    | 0,04  | 11,87   | 0,20  | 2,85    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,291  |

| Data       | MV 01   |       | MV 02   |       | MV 03   |       | Percolação Fissura Jusante <sup>(1)</sup> |       | N.A. (m) |
|------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---|-------|----------|
|            | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min)                                   | (l/s) |          |
| 21/01/2020 | 3,12    | 0,05  | 12,49   | 0,21  | 3,40    | 0,06  | 0,00                                      | 0,00  | 705,41   |
| 12/02/2020 | 1,35    | 0,02  | 11,26   | 0,19  | 1,71    | 0,03  | 0,00                                      | 0,00  | 705,414  |
| 27/02/2020 | 1,35    | 0,02  | 9,56    | 0,16  | 2,13    | 0,04  | 0,00                                      | 0,00  | 705,284  |
| 10/03/2020 | 2,35    | 0,04  | 9,56    | 0,16  | 4,68    | 0,08  | 0,00                                      | 0,00  | 705,374  |
| 26/03/2020 | 2,35    | 0,04  | 13,13   | 0,22  | 2,85    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,065  |
| 20/05/2020 | 4,68    | 0,08  | 16,64   | 0,28  | 2,13    | 0,04  | 1,40                                      | 0,02  | 705,126  |
| 26/06/2020 | 4,68    | 0,08  | 16,64   | 0,28  | 2,13    | 0,04  | 1,40                                      | 0,02  | 705,354  |
| 25/08/2020 | 13,13   | 0,22  | 42,16   | 0,70  | 16,64   | 0,28  | 1,40                                      | 0,02  | 705,653  |
| 14/09/2020 | 3,70    | 0,06  | 14,48   | 0,24  | 3,12    | 0,05  | 0,50                                      | 0,01  | 705,325  |
| 07/10/2020 | 3,70    | 0,06  | 15,90   | 0,26  | 2,85    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,454  |
| 15/12/2022 | 3,70    | 0,06  | 169,04  | 2,82  | 7,55    | 0,13  | 0,10                                      | 0,00  | 705,4    |
| 24/01/2023 | 2,13    | 0,04  | 15,90   | 0,26  | 3,40    | 0,06  | 0,10                                      | 0,00  | 705,1    |
| 16/02/2023 | 2,13    | 0,04  | 15,90   | 0,26  | 3,40    | 0,06  | 0,15                                      | 0,00  | 705,2    |
| 28/02/2023 | 4,34    | 0,07  | 23,30   | 0,39  | 12,49   | 0,21  | 0,15                                      | 0,00  | 705,76   |
| 15/03/2023 | 1,91    | 0,03  | 13,79   | 0,23  | 3,12    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,4    |
| 30/03/2023 | 1,91    | 0,03  | 13,13   | 0,22  | 2,59    | 0,04  | 0,00                                      | 0,00  | 705,4    |
| 06/04/2023 | 1,35    | 0,02  | 13,13   | 0,22  | 2,59    | 0,04  | 0,00                                      | 0,00  | 705,25   |
| 20/04/2023 | 4,01    | 0,07  | 27,15   | 0,45  | 15,90   | 0,26  | 0,30                                      | 0,01  | 705,9    |
| 08/05/2023 | 1,35    | 0,02  | 13,13   | 0,22  | 2,85    | 0,05  | 0,15                                      | 0,00  | 705,23   |
| 18/05/2023 | 1,35    | 0,02  | 12,49   | 0,21  | 2,59    | 0,04  | 0,30                                      | 0,01  | 705,1    |
| 06/06/2023 | 1,53    | 0,03  | 13,13   | 0,22  | 2,85    | 0,05  | 0,55                                      | 0,01  | 705,22   |
| 19/06/2023 | 1,71    | 0,03  | 14,48   | 0,24  | 3,40    | 0,06  | 0,65                                      | 0,01  | 705,27   |
| 06/07/2023 | 1,53    | 0,03  | 14,48   | 0,24  | 2,85    | 0,05  | 0,70                                      | 0,01  | 705,26   |
| 19/07/2023 | 13,13   | 0,22  | 43,48   | 0,72  | 28,17   | 0,47  | 1,00                                      | 0,02  | 705,8    |
| 04/08/2023 | 2,85    | 0,05  | 16,64   | 0,28  | 4,68    | 0,08  | 0,64                                      | 0,01  | 705,29   |
| 16/08/2023 | 2,13    | 0,04  | 15,18   | 0,25  | 3,40    | 0,06  | 0,70                                      | 0,01  | 705,25   |
| 06/09/2023 | 2,13    | 0,04  | 14,48   | 0,24  | 2,85    | 0,05  | 0,50                                      | 0,01  | 705,2    |
| 19/09/2023 | 2,13    | 0,04  | 15,18   | 0,25  | 2,85    | 0,05  | 0,50                                      | 0,01  | 705,18   |
| 03/10/2023 | 2,35    | 0,04  | 14,48   | 0,24  | 2,59    | 0,04  | 0,30                                      | 0,01  | 705,29   |
| 18/10/2023 | 10,68   | 0,18  | 47,58   | 0,79  | 28,17   | 0,47  | 0,60                                      | 0,01  | 706,16   |
| 07/11/2023 | 9,56    | 0,16  | 42,16   | 0,70  | 25,18   | 0,42  | 0,30                                      | 0,01  | 706,47   |
| 23/11/2023 | 5,04    | 0,08  | 24,23   | 0,40  | 13,79   | 0,23  | 0,25                                      | 0,00  | 705,7    |
| 01/12/2023 | 3,40    | 0,06  | 21,51   | 0,36  | 11,87   | 0,20  | 0,04                                      | 0,00  | 705,53   |
| 18/12/2023 | 1,53    | 0,03  | 13,13   | 0,22  | 3,12    | 0,05  | 0,04                                      | 0,00  | 705,35   |
| 08/01/2024 | 1,91    | 0,03  | 14,48   | 0,24  | 4,34    | 0,07  | 0,00                                      | 0,00  | 705,51   |
| 19/01/2024 | 1,53    | 0,03  | 13,13   | 0,22  | 2,85    | 0,05  | 0,02                                      | 0,00  | 705,29   |
| 05/02/2024 | 1,19    | 0,02  | 13,13   | 0,22  | 3,40    | 0,06  | 0,00                                      | 0,00  | 705,48   |
| 19/02/2024 | 1,04    | 0,02  | 12,49   | 0,21  | 2,85    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,3    |
| 04/03/2024 | 0,90    | 0,02  | 13,13   | 0,22  | 2,85    | 0,05  | 0,00                                      | 0,00  | 705,29   |
| 20/03/2024 | 1,53    | 0,03  | 15,18   | 0,25  | 4,34    | 0,07  | 0,00                                      | 0,00  | 705,45   |
| 04/04/2024 | 1,35    | 0,02  | 12,49   | 0,21  | 2,85    | 0,05  | 0   | 0     | 705,29   |

| Data       | MV 01   |       | MV 02   |       | MV 03   |       | Percolação Fissura Jusante <sup>(1)</sup> |       | N.A. (m) |
|------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---|-------|----------|
|            | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min) | (l/s) | (l/min)                                   | (l/s) |          |
| 18/04/2024 | 1,53    | 0,03  | 18,18   | 0,30  | 7,55    | 0,13  | 0   | 0     | 705,44   |
| 07/05/2024 | 1,04    | 0,02  | 13,79   | 0,23  | 3,12    | 0,05  | 0,09                                      | 0,00  | 705,22   |
| 17/05/2024 | 0,90    | 0,02  | 11,87   | 0,20  | 2,35    | 0,04  | 0,14                                      | 0,00  | 705,24   |

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

c) Marcos Superficiais

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

d) Medidores de Deformação Triortogonal

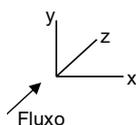
Foram instalados 19 (dezenove) medidores de deformação triortogonal na Barragem, conforme Quadro 1.10.

**QUADRO 1.10**  
**MEDIDORES DE DEFORMAÇÃO TRIORTOGONAL**

| Estrutura    | Entre Blocos | Medidor | Deslocamento Horizontal <sup>1</sup> (Mm) | Largura Média (M) |
|--------------|--------------|---------|---|-------------------|
| Barragem CCR | 3 e 4        | MD-01   | 4,00                                      | 16                |
|              | 4 e 5        | MD-02   | 3,13                                      | 12,5              |
|              | 5 e 6        | MD-03   | 2,75                                      | 11                |
|              | 6 e 7        | MD-04   | 3,63                                      | 14,5              |
|              | 7 e 8        | MD-05   | 4,00                                      | 16                |
|              | 8 e 9        | MD-06   | 4,50                                      | 18                |
|              | 9 e 10       | MD-07   | 4,50                                      | 18                |
|              | 10 e 11      | MD-08   | 4,50                                      | 18                |
|              | 11 e 12      | MD-09   | 4,50                                      | 18                |
|              | 12 e 13      | MD-10   | 4,50                                      | 18                |
|              | 13 e 14      | MD-11   | 4,50                                      | 18                |
|              | 14 e 15      | MD-12   | 4,50                                      | 18                |
|              | 15 e 16      | MD-13   | 4,50                                      | 18                |
|              | 16 e 17      | MD-14   | 4,13                                      | 16,5              |
|              | 17 e 18      | MD-15   | 4,13                                      | 16,5              |
|              | 18 e 19      | MD-16   | 4,50                                      | 18                |
|              | 19 e 20      | MD-17   | 4,50                                      | 18                |
|              | 20 e 21      | MD-18   | 4,13                                      | 16,5              |
|              | 21 e 22      | MD-19   | 3,75                                      | 15                |

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

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.

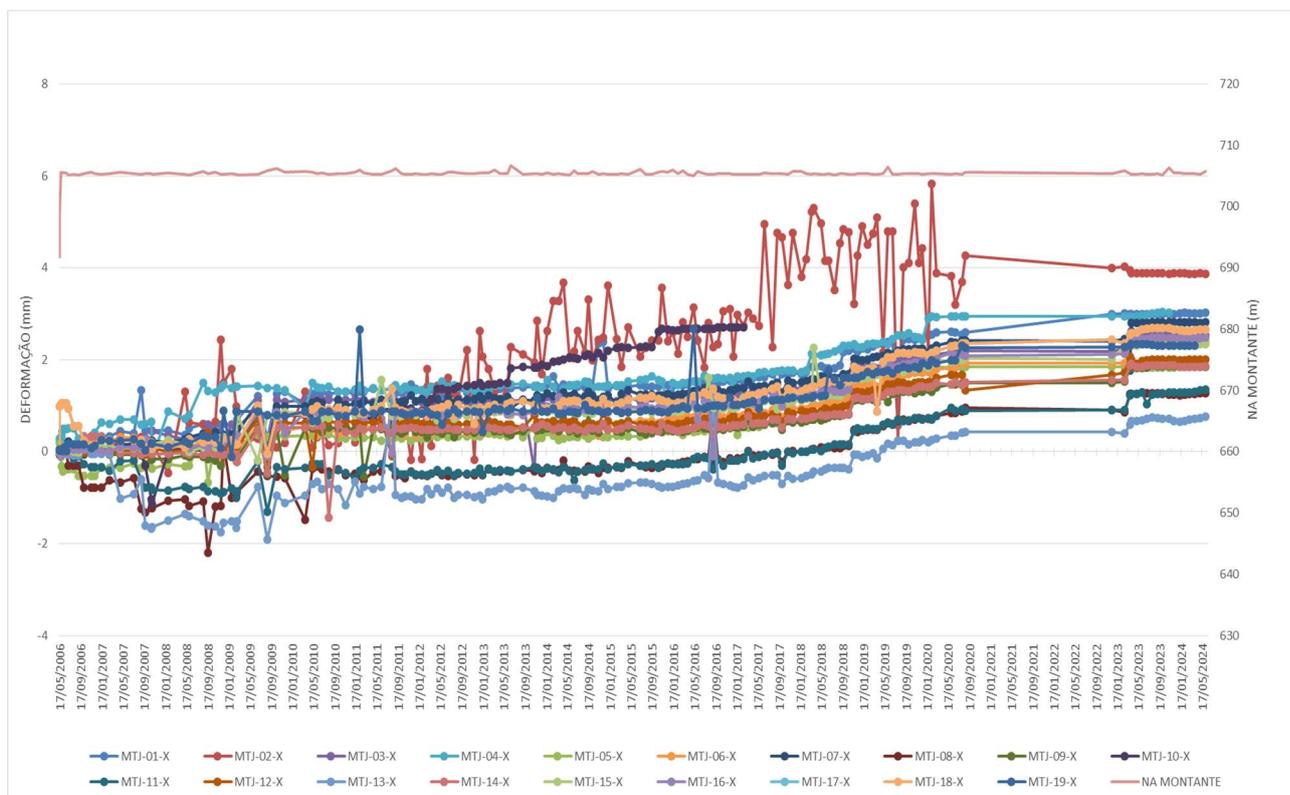
A seguir estão apresentados os gráficos do resumo das leituras nos eixos (X) de abertura ou fechamento de junta, (Y) de recalque diferencial entre os blocos e (Z) deslocamento diferencial horizontal entre os blocos.

Os gráficos indicam uma tendência de crescimento das leituras nos três eixos. Por se tratar de comportamento similar em todos os instrumentos e em todos os eixos, considera-se que essas leituras estejam associadas a troca de operador, aferição do relógio comparador, ou a qualquer outro fator externo que não foi computado.

**É importante verificar se as leituras diferentes das médias persistem e se são consistentes com outros instrumentos, como os extensômetros por exemplo. Neste caso deve-se verificar os motivos causadores das deformações e adotar medidas corretivas ou mitigatórias para manter as deformações em patamares controláveis e estáveis.**

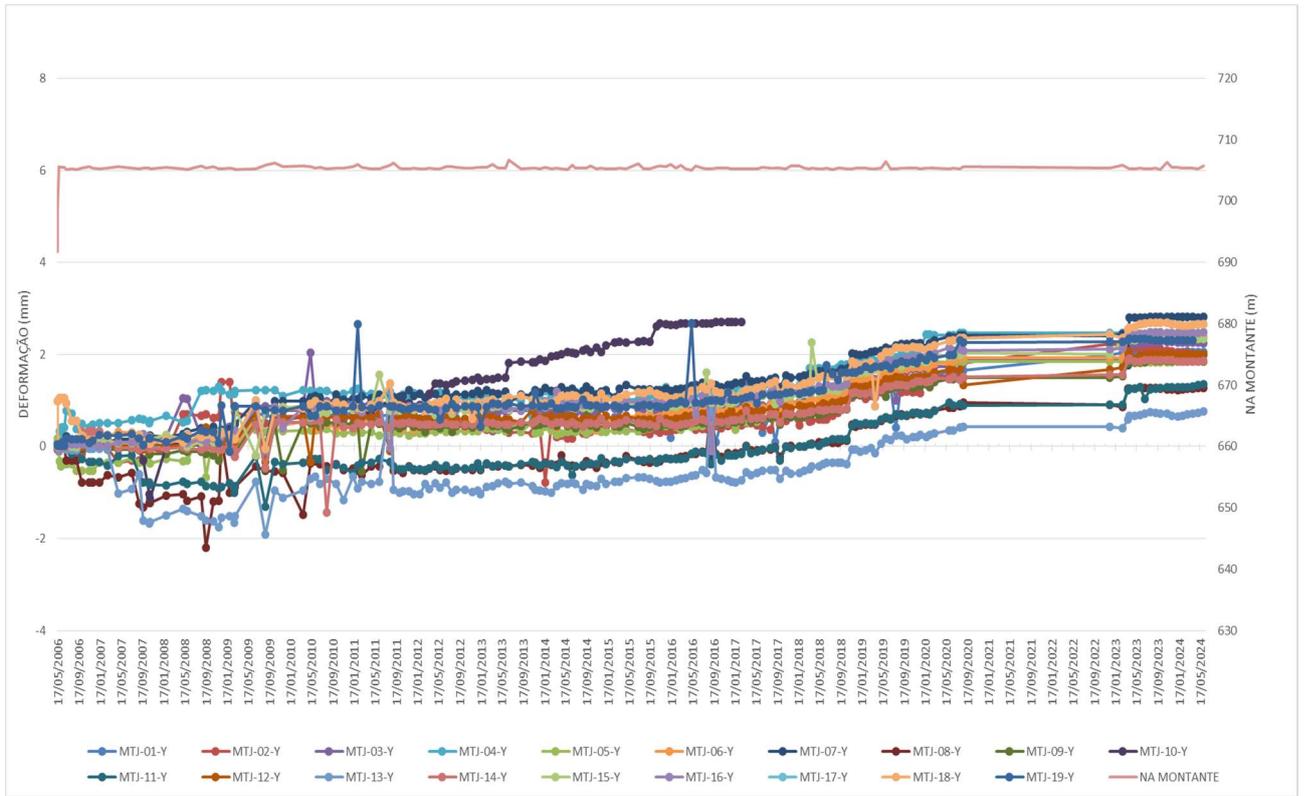
Da Figura 1.12 a Figura 1.14 são apresentadas as deformações nos eixos X, Y e Z dos medidores triortogonais instalados na barragem de CCR.

**FIGURA 1.12**  
**LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO X - ABERTURA E FECHAMENTO DE JUNTA**



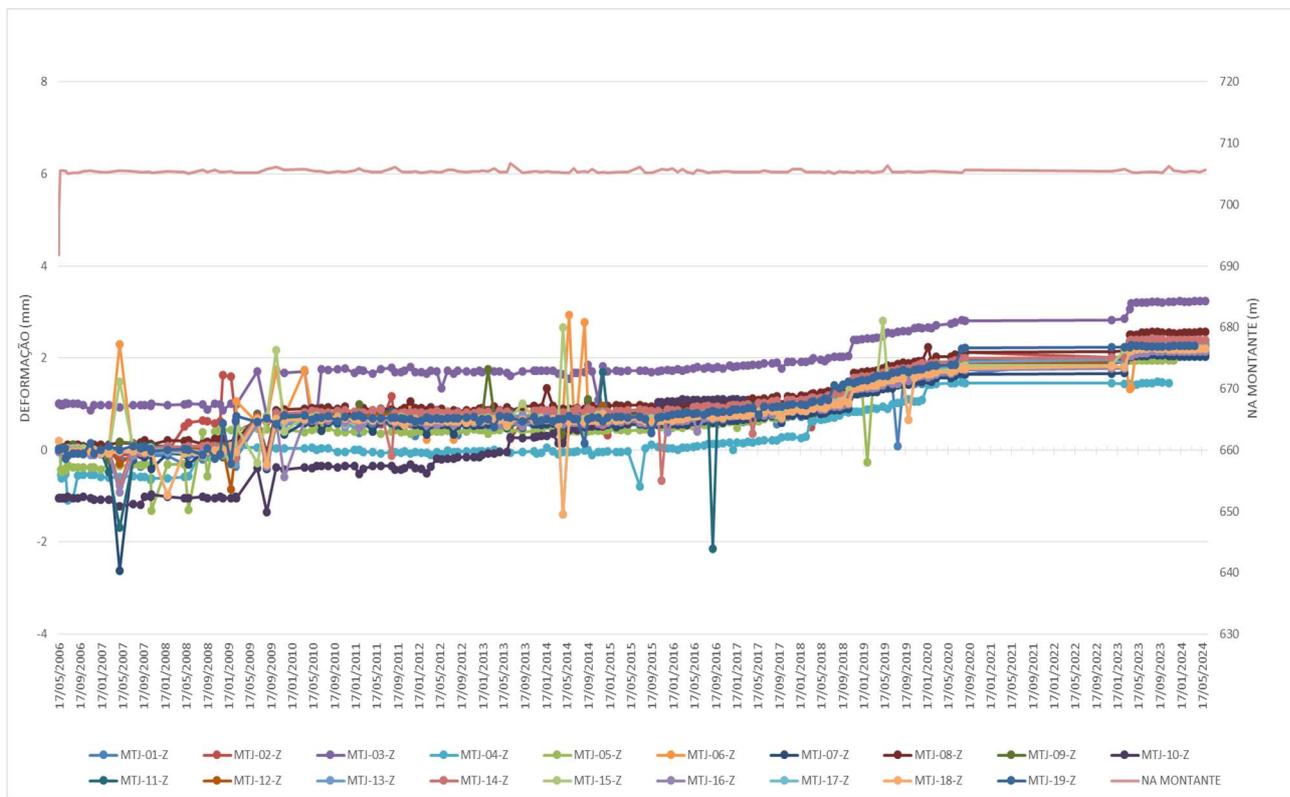
Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

**FIGURA 1.13**  
**LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Y - RECALQUE DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS**



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

**FIGURA 1.14**  
**LEITURAS MEDIDOR TRIORTOGONAL – EIXO Z - DESLOCAMENTO DIFERENCIAL ENTRE BLOCOS**



Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

**e) Piezômetros (Stand Pipe) – Barragem CCR**

Foram instalados 42 (quarenta e dois) piezômetros na Barragem, conforme o Quadro 1.11. As informações dos instrumentos foram atualizadas conforme verificações realizadas em 2023. Somente os instrumentos dos blocos 17 e 20 não tiveram alteração nos seus dados de instalação adicionados nas planilhas de leituras

**QUADRO 1.11**  
**PIEZÔMETROS - BARRAGEM**

| Bloco         | Piezômetro | Cota de topo (m) | Cota de Instalação (m) | Cota piso Galeria (m) | Inclinação (graus) | Altura (m) | Comp. (m) | Atenção (m.c.a) | Alerta (m.c.a) |
|---------------|------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|------------|-----------|-----------------|----------------|
| <b>Acesso</b> | PSP-401    | 711,38           | 683,89                 |                       | 5                  | 27,49      | 27,60     | 18,22           | 20,72          |
| 1             | PSP-101    | 713,00           | 686,64                 |                       | 5                  | 26,36      | 26,46     | 18,22           | 20,72          |
| 2             | PSP-201    | 712,39           | 683,30                 |                       | 5                  | 29,09      | 29,20     | 18,22           | 20,72          |
| 3             | PSP-301    | 712,03           | 683,54                 |                       | 5                  | 28,49      | 28,60     | 18,22           | 20,72          |
| 6             | PSP-601    | 681,927          | 674,17                 | 681,31                | 25                 | 7,76       | 8,56      | 20,83           | 25,96          |
| 6             | PSP-602    | 681,942          | 677,66                 | 681,31                | 25                 | 4,28       | 7,47      | 11,72           | 19,73          |
| 6             | PSP-603    | 681,927          | 667,16                 | 681,31                | 25                 | 14,76      | 25,74     | 49,52           | 49,52          |
| 6             | PSP-604    | 681,942          | 657,49                 | 681,31                | 25                 | 24,45      | 26,98     | 26,43           | 31,68          |
| 9             | PSP-901    | 672,895          | 664,01                 | 672,25                | 25                 | 8,88       | 9,80      | 36,45           | 40,77          |
| 9             | PSP-902    | 672,880          | 664,02                 | 672,25                | 25                 | 8,86       | 9,78      | 17,34           | 31,04          |

| Bloco | Piezômetro | Cota de topo (m) | Cota de Instalação (m) | Cota piso Galeria (m) | Inclinação (graus) | Altura (m) | Comp. (m) | Atenção (m.c.a) | Alerta (m.c.a) |
|-------|------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|------------|-----------|-----------------|----------------|
| 9     | PSP-903    | 672,895          | 657,65                 | 672,25                | 25                 | 15,24      | 16,82     | 50,72           | 50,72          |
| 9     | PSP-904    | 672,880          | 657,89                 | 672,25                | 25                 | 14,99      | 16,54     | 23,51           | 35,15          |
| 9     | PSP-905    | 672,895          | 652,31                 | 672,25                | 25                 | 20,58      | 22,71     | 56,27           | 56,27          |
| 9     | PSP-906    | 672,880          | 653,15                 | 672,25                | 25                 | 19,73      | 21,77     | 27,84           | 38,03          |
| 11    | PSP-1101   | 672,905          | 664,76                 | 672,25                | 25                 | 8,15       | 8,99      | 38,17           | 41,77          |
| 11    | PSP-1102   | 672,868          | 664,21                 | 672,25                | 25                 | 8,66       | 9,55      | 17,85           | 31,59          |
| 11    | PSP-1103   | 672,905          | 657,19                 | 672,25                | 25                 | 15,72      | 17,34     | 51,37           | 51,37          |
| 11    | PSP-1104   | 672,868          | 655,20                 | 672,25                | 25                 | 17,66      | 19,49     | 24,12           | 35,83          |
| 11    | PSP-1105   | 672,905          | 647,32                 | 672,25                | 25                 | 25,59      | 28,23     | 59,32           | 59,32          |
| 11    | PSP-1106   | 672,868          | 648,73                 | 672,25                | 25                 | 24,13      | 26,63     | 30,39           | 40,07          |
| 13    | PSP-1301   | 672,925          | 664,92                 | 672,25                | 25                 | 8,00       | 8,83      | 33,82           | 39,06          |
| 13    | PSP-1302   | 672,895          | 666,24                 | 672,25                | 25                 | 6,65       | 7,34      | 16,33           | 30,13          |
| 13    | PSP-1303   | 672,925          | 661,13                 | 672,25                | 25                 | 11,79      | 13,01     | 51,02           | 51,02          |
| 13    | PSP-1304   | 672,895          | 654,95                 | 672,25                | 25                 | 17,94      | 19,80     | 23,64           | 34,98          |
| 13    | PSP-1305   | 672,925          | 648,27                 | 672,25                | 25                 | 24,65      | 27,20     | 59,27           | 59,27          |
| 13    | PSP-1306   | 672,895          | 648,52                 | 672,25                | 25                 | 24,37      | 26,89     | 30,05           | 39,21          |
| 15    | PSP-1501   | 677,380          | 668,10                 | 676,77                | 25                 | 9,28       | 10,24     | 31,13           | 34,89          |
| 15    | PSP-1502   | 677,440          | 668,06                 | 676,77                | 25                 | 9,38       | 10,35     | 14,50           | 24,75          |
| 15    | PSP-1503   | 677,380          | 656,46                 | 676,77                | 25                 | 20,92      | 23,08     | 50,32           | 50,32          |
| 15    | PSP-1504   | 677,440          | 657,08                 | 676,77                | 25                 | 20,36      | 22,47     | 23,37           | 29,05          |
| 17    | PSP-1701   | 685,75           | 678,50                 | 685,80                | 25                 | 9,18       | 10,13     | 22,31           | 24,96          |
| 17    | PSP-1702   | 685,75           | 678,50                 | 685,80                | 25                 | 8,95       | 9,88      | 11,84           | 16,64          |
| 17    | PSP-1703   | 685,75           | 657,20                 | 685,80                | 25                 | 27,24      | 30,06     | 50,22           | 50,22          |
| 17    | PSP-1704   | 685,75           | 657,20                 | 685,80                | 25                 | 26,33      | 29,05     | 26,70           | 28,89          |
| 20    | PSP-2001   | 685,75           | 684,00                 | 689,40                | 21                 | 8,61       | 9,20      | 13,24           | 17,91          |
| 20    | PSP-2002   | 685,75           | 684,00                 | 689,40                | 21                 | 8,33       | 8,90      | 8,19            | 14,32          |
| 20    | PSP-2003   | 685,75           | 670,90                 | 689,40                | 21                 | 17,69      | 18,89     | 35,89           | 36,18          |
| 20    | PSP-2004   | 685,75           | 670,90                 | 689,40                | 21                 | 17,69      | 18,89     | 18,33           | 22,56          |
| 22    | PSP-2201   | 711,50           | 700,53                 |                       | 5                  | 10,97      | 11,01     | 18,22           | 20,72          |
| 23    | PSP-2301   | 711,50           | 692,77                 |                       | 5                  | 18,73      | 18,80     | 18,22           | 20,72          |
| 24    | PSP-2401   | 711,88           | 682,76                 |                       | 5                  | 29,12      | 29,23     | 18,22           | 20,72          |
| 25    | PSP-2501   | 712,55           | 686,70                 |                       | 5                  | 30,41      | 30,53     | 18,22           | 20,72          |

Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

- PSP-101, PSP-201, PSP-301 e PSP-401

O piezômetro PSP-101 apresentou algumas leituras anômalas em 2014 e 2015, porém abaixo dos níveis de atenção e alerta. Recentemente (segundo semestre de 2023) foram realizadas melhorias e adequações, atualizando a cota de topo dos instrumentos e fazendo limpeza dos tubos e reparo de conexões. As obras podem refletir no comportamento dos instrumentos que devem ser acompanhados para identificação de eventuais tendências de aumento ou redução de leituras.

- PSP-601, PSP-602, PSP-603 e PSP-604

Os instrumentos apresentam-se dentro da normalidade, sendo observada perda de carga entre montante e jusante no contato concreto-rocha e nos instrumentos em profundidade. Após recentes adequações/melhorias, o PSP-601 passou a apresentar cota piezométrica superior dos seus similares de mesma posição em diferentes seções. O instrumento encontra-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos e deve ser observada tendência de aumento da poropressão.

- PSP-901, PSP-902, PSP-903, PSP-904, PSP-905 e PSP-906

Todos registram leituras dentro da normalidade e abaixo dos limites de atenção e alerta. Os instrumentos do bloco apresentam constância no comportamento, com cotas piezométricas baixas em relação ao reservatório, indicando perda de carga favorável à estabilidade da estrutura.

- PSP-1101, PSP-1102, PSP-1103, PSP-1104, PSP-1105 e PSP-1106

Todos registram leituras dentro da normalidade e abaixo dos limites de atenção e alerta. Os instrumentos do bloco apresentam constância no comportamento, com cotas piezométricas baixas em relação ao reservatório, indicando perda de carga favorável à estabilidade da estrutura.

- PSP-1301, PSP-1302, PSP-1303, PSP-1304, PSP-1305 e PSP-1306

O PSP-1302 apresentou leituras acima do nível de atenção desde 2015. Segundo as observações da planilha de leituras, o instrumento passou por manutenção corretiva, adequações e melhorias. O comportamento do instrumento deve ser monitorado com cautela, verificando eventuais mudanças de comportamento.

Os demais piezômetros encontram-se dentro da normalidade.

- PSP-1501, PSP-1502, PSP-1503 e PSP-1504

Os instrumentos apresentam-se dentro da normalidade, sendo observada perda de carga entre montante e jusante no contato concreto-rocha e nos instrumentos em profundidade. O PSP-1501 apresenta cota piezométrica superior dos seus similares de mesma posição em diferentes seções. O instrumento encontra-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos e deve ser observada tendência de aumento da poropressão.

- PSP-1701, PSP-1702, PSP-1703 e PSP-1704

Este conjunto de piezômetros apresenta valores abaixo dos níveis de atenção e alerta e possui leituras coerentes com um funcionamento normal.

- PSP-2001, PSP-2002, PSP-2003 e PSP-2004

O PSP-2001 apresenta cota piezométrica superior dos seus similares de mesma posição em diferentes seções. O instrumento encontra-se abaixo dos níveis de controle estabelecidos e deve ser observada tendência de aumento da poropressão.

- PSP-2201, PSP-2301, PSP-2401 e PSP-2501

Este conjunto de piezômetros, apesar de ter apresentado leituras anômalas em 2014 e 2016, aparentemente apresenta leituras coerentes, dentro dos níveis de atenção e alerta.

- Comentários gerais sobre os piezômetros:

Foram realizadas recentes melhorias nos instrumentos, corrigindo vazamento e trocando manômetros de alguns dispositivos. Tais reparos poderão refletir no comportamento dos instrumentos que deverão ser monitorados quanto às tendências de mudança de comportamento.

De maneira geral, os piezômetros indicam boas condições de fluxo na fundação, apontando para subpressão instalada, inferior à considerada nos estudos de estabilidade.

f) Extensômetros Múltiplos

Foram instalados 22 (vinte e dois) extensômetros múltiplos na Barragem, conforme apresentado Quadro 1.12.

**QUADRO 1.12**  
**EXTENSÔMETROS DA BARRAGEM DE CCR**

| Bloco | Extensômetro | Cota Piso Galeria (m) | Inclinação (graus) | Altura (m) | Comprimento (m) |
|-------|--------------|-----------------------|--------------------|------------|-----------------|
| 6     | EM-601       | 681,31                | 15                 | 6,93       | 7,17            |
| 6     | EM-602       | 681,31                | 15                 | 6,84       | 7,08            |
| 6     | EM-603       | 681,31                | 15                 | 17,31      | 17,92           |
| 6     | EM-604       | 681,31                | 15                 | 17,31      | 17,92           |
| 6     | EM-605       | 681,31                | 15                 | 28,41      | 29,41           |
| 6     | EM-606       | 681,31                | 15                 | 28,41      | 29,41           |
| 11    | EM-1101      | 672,25                | 15                 | 8,03       | 8,32            |
| 11    | EM-1102      | 672,25                | 15                 | 7,83       | 8,11            |
| 11    | EM-1103      | 672,25                | 15                 | 16,25      | 16,82           |
| 11    | EM-1104      | 672,25                | 15                 | 16,25      | 16,82           |
| 11    | EM-1105      | 672,25                | 15                 | 24,20      | 25,05           |
| 11    | EM-1106      | 672,25                | 15                 | 24,20      | 25,05           |
| 15    | EM-1501      | 676,77                | 15                 | 8,43       | 8,73            |
| 15    | EM-1502      | 676,77                | 15                 | 8,59       | 8,89            |
| 15    | EM-1503      | 676,77                | 15                 | 13,27      | 13,74           |
| 15    | EM-1504      | 676,77                | 15                 | 13,27      | 13,74           |
| 15    | EM-1505      | 676,77                | 15                 | 24,67      | 25,54           |
| 15    | EM-1506      | 676,77                | 15                 | 24,67      | 25,54           |
| 20    | EM-2001      | 685,75                | 15                 | 8,61       | 8,91            |
| 20    | EM-2002      | 685,75                | 15                 | 8,33       | 8,62            |
| 20    | EM-2003      | 685,75                | 15                 | 18,50      | 19,15           |
| 20    | EM-2004      | 685,75                | 15                 | 18,50      | 19,15           |

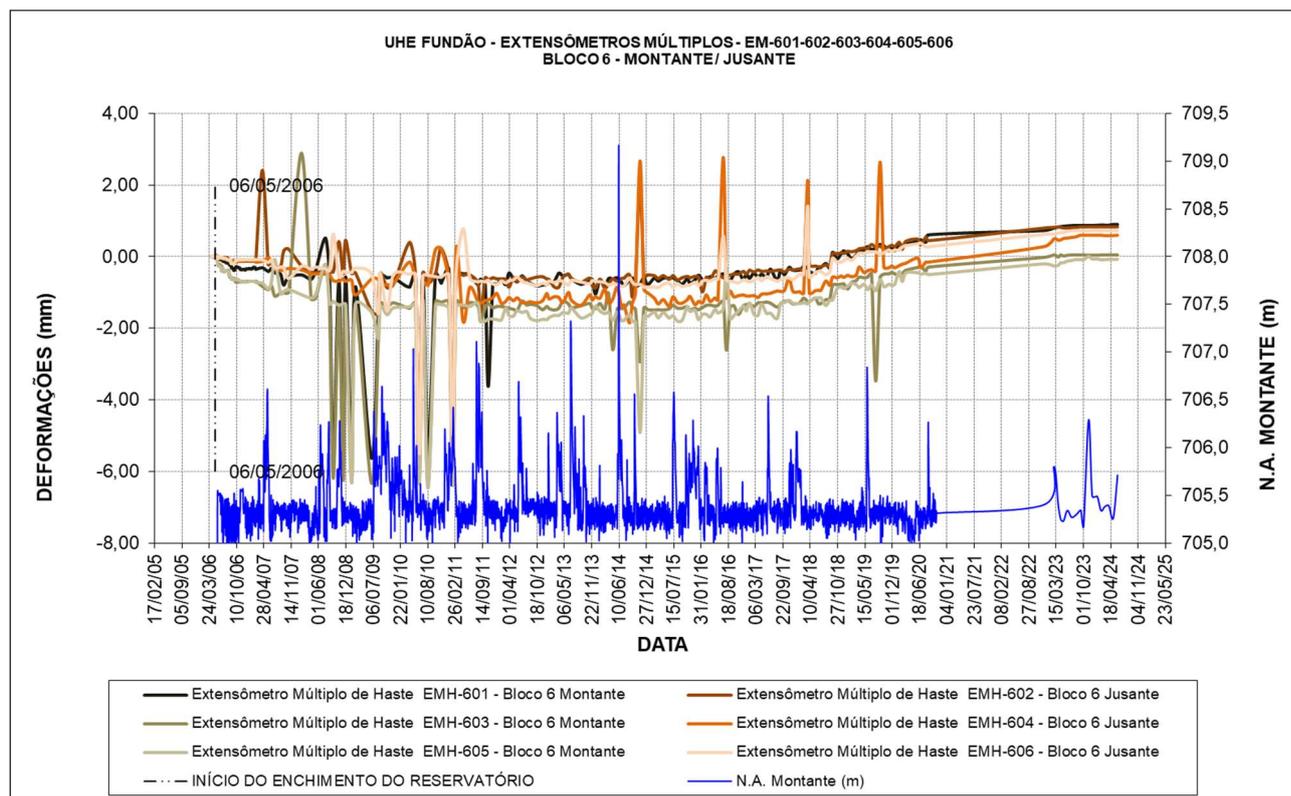
Fonte: RPS Nova Engevix (2022).

Os extensômetros são instrumentos cujo cálculo de valores de atenção e alerta não é tão simples. Existem muitos fatores de difícil avaliação que influenciam nos valores das leituras: temperatura, retração por temperatura e perda d'água, deformação do concreto, deformação da estrutura e movimentação frente aos esforços de enchimento do lago, os quais influenciam não somente a barragem, mas também a sua fundação.

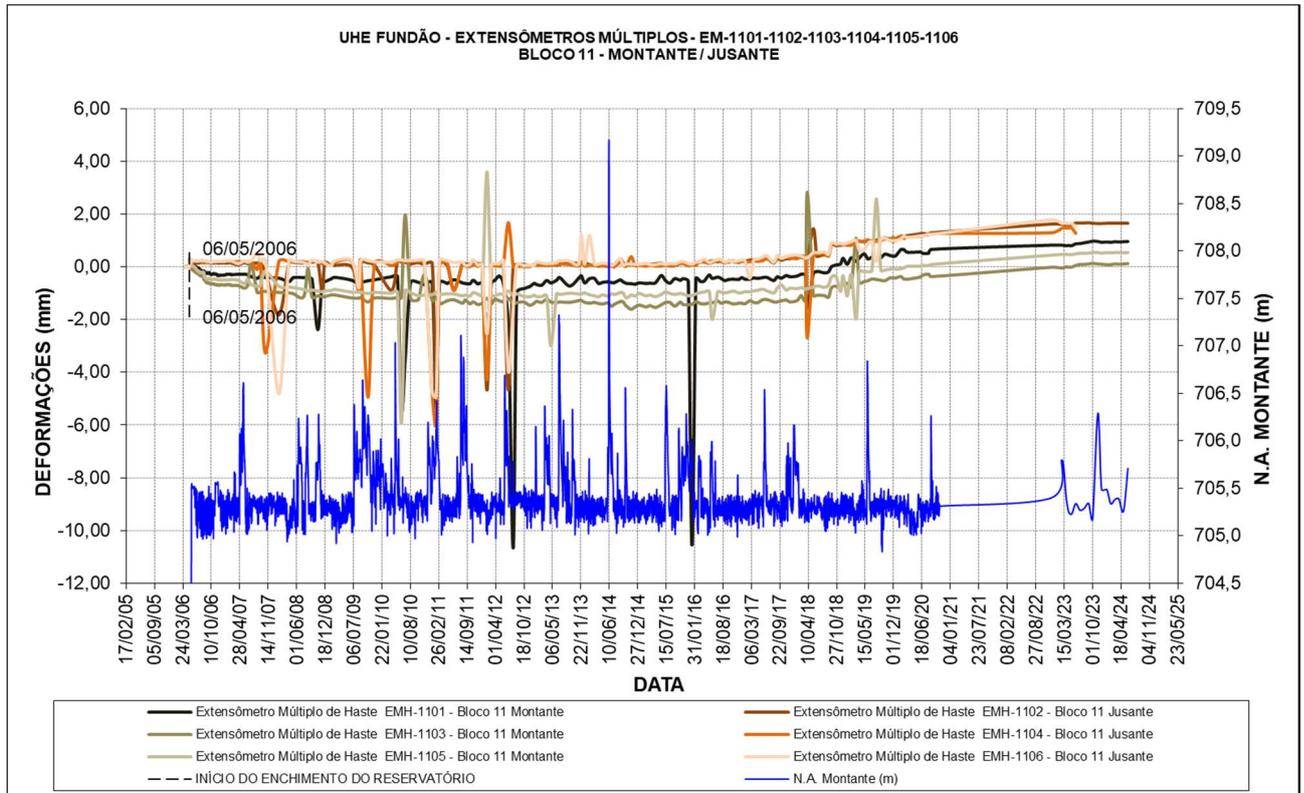
Os extensômetros em questão, apesar de eventualmente apresentarem leituras aparentemente anômalas, sempre retornaram a sua tendência média de leituras habituais. Outro ponto que se aconselha cautela é na interpretação de dados dos extensômetros, já que as leituras possuem pequenas magnitudes que podem ser afetadas pela troca do operador e por aferição do instrumento.

A Figura 1.15 a Figura 1.18 apresentam o histórico de leituras dos extensômetros instalados na Barragem de CCR.

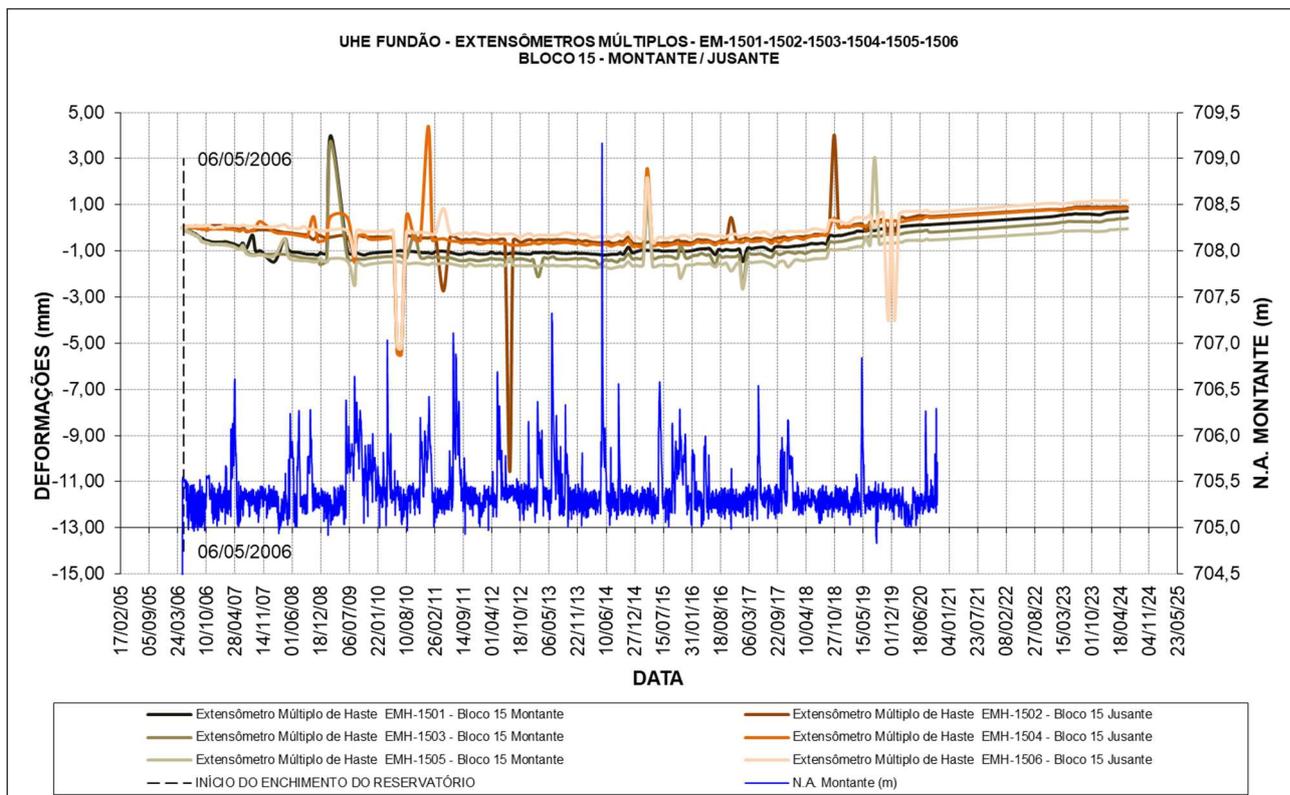
**FIGURA 1.15**  
**EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 6 – BARRAGEM CCR**



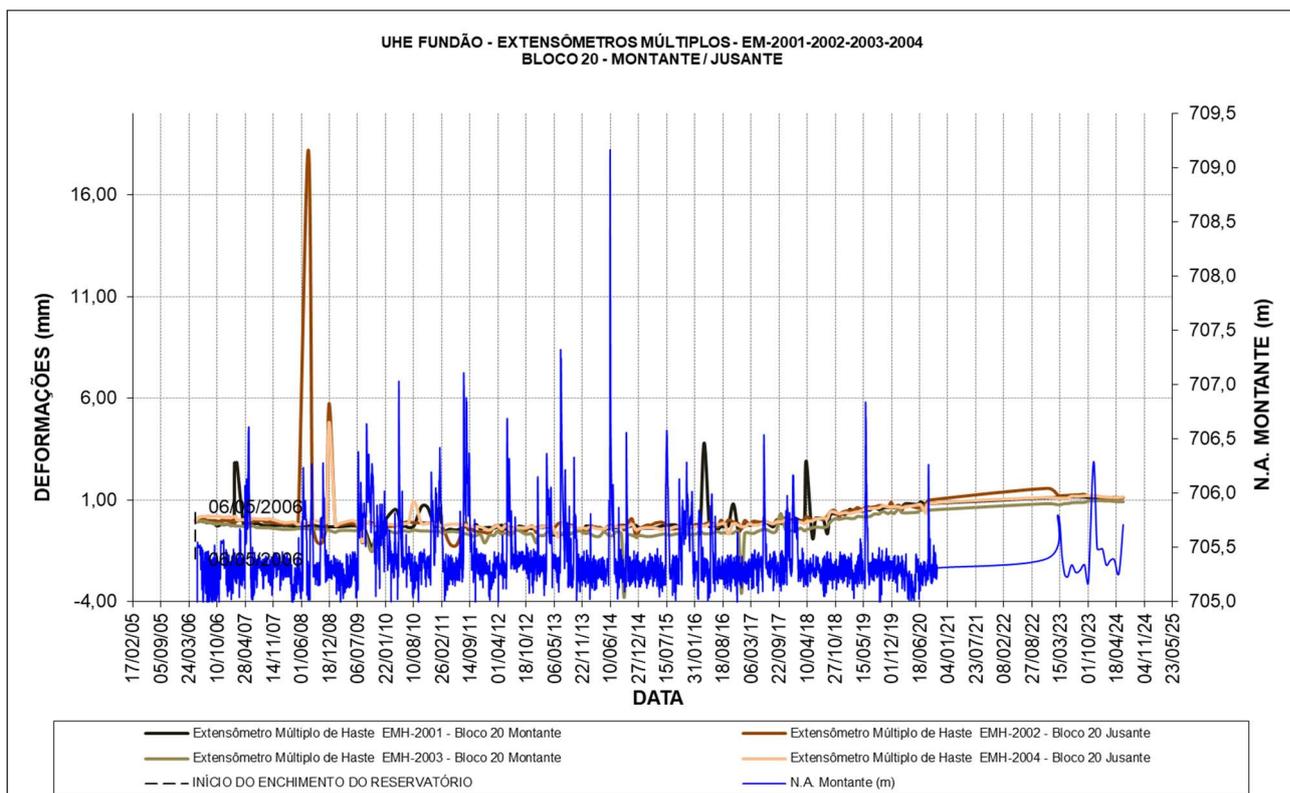
**FIGURA 1.16**  
**EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 11 – BARRAGEM CCR**



**FIGURA 1.17**  
**EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 15 – BARRAGEM CCR**



**FIGURA 1.18**  
**EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS – BLOCO 20 – BARRAGEM CCR**



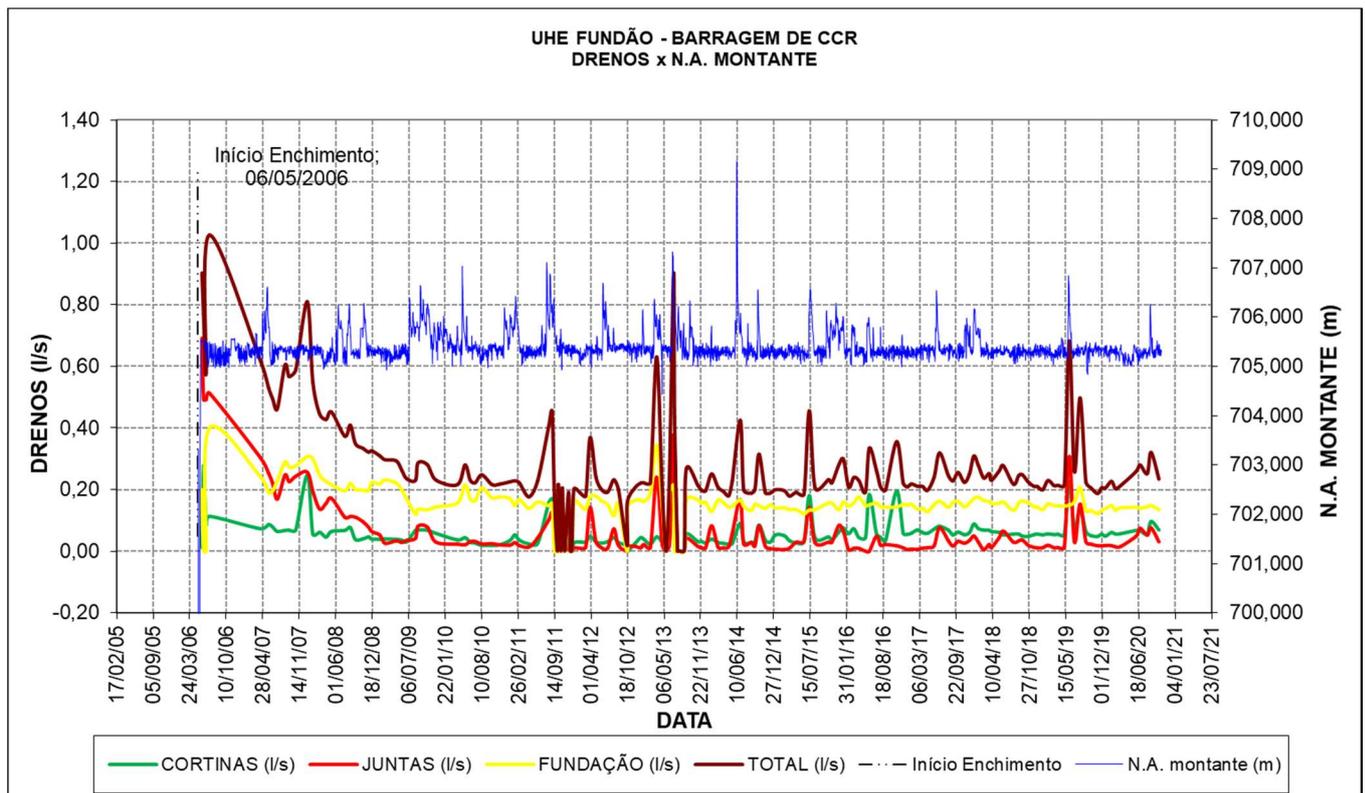
g) Termômetros Elétricos

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.

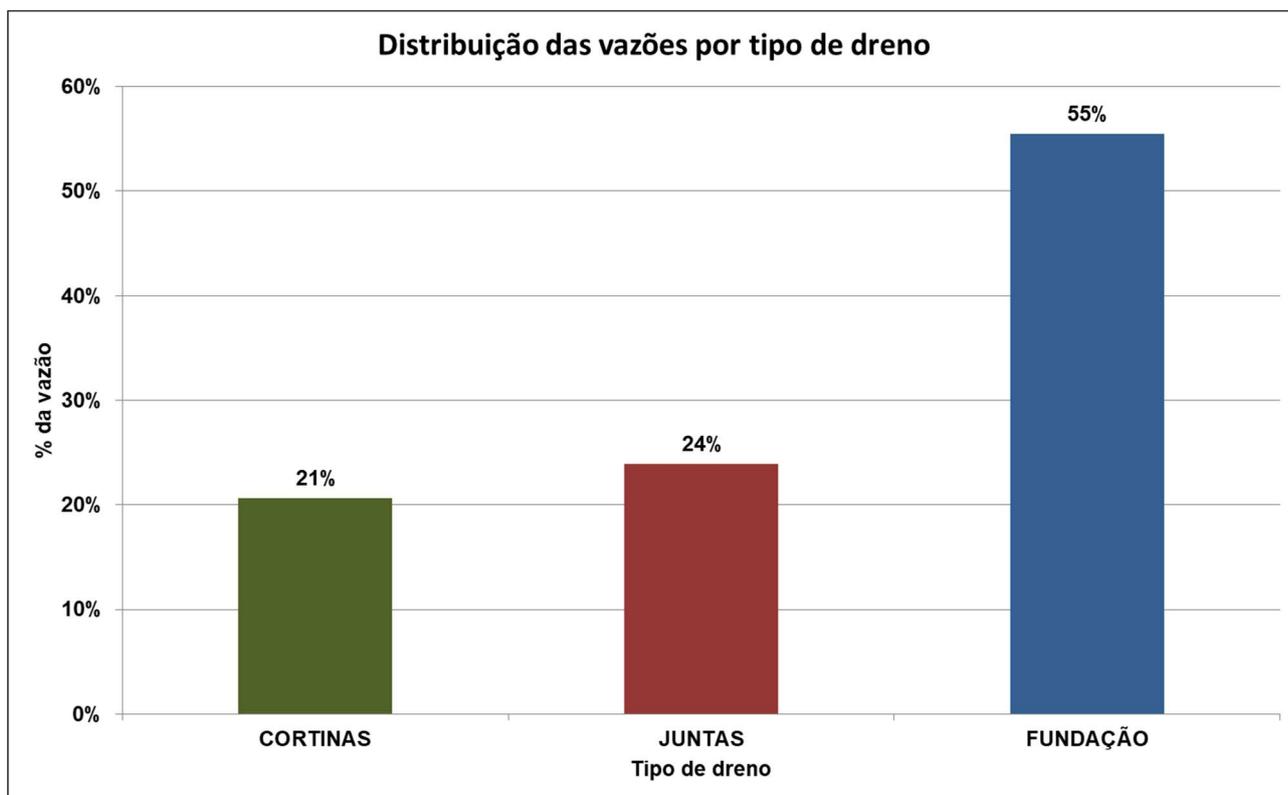
h) Drenos Galeria

Os drenos da galeria de drenagem registram valores de vazão dentro do esperado de fundações de barragem de concreto segundo a bibliografia. As maiores contribuições são advindas da fundação, como pode ser observado na Figura 1.20. Os drenos devem passar por limpeza e manutenção periódica para que se assegure a operacionalidade do sistema.

**FIGURA 1.19**  
**COMPORTAMENTO SOMADO DOS DRENOS POR ORIGEM DA VAZÃO**



**FIGURA 1.20**  
**PERCENTUAIS DE CONTRIBUIÇÃO DE VAZÃO**



i) Piezômetros (Stand Pipe) – Conduto Forçado

Foram instalados 6 (seis) piezômetros nos Condutos Forçados, conforme Quadro 1.13.

**QUADRO 1.13**  
**INSTALAÇÃO INSTRUMENTAÇÃO CASA DE FORÇA**

|       | Cota de topo (m) | Cota de Instalação (m) | Comprimento (m) | Altura (m) | Inclinação (graus) | Cota piso Galeria (m) | Cota Topo Rochoso (m) |
|-------|------------------|------------------------|-----------------|------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| PZC-1 | 621,094          | 607,41                 | 14,17           | 13,69      | 15                 | 621,020               | 653,00                |
| PZC-2 | 620,954          | 601,18                 | 20,47           | 19,77      |                    | 620,830               | 653,00                |
| PZC-3 | 621,064          | 608,43                 | 13,08           | 12,63      |                    | 620,970               | 653,00                |
| PZC-4 | 620,834          | 604,42                 | 17,47           | 16,42      | 20                 | 620,510               | 650,30                |
| PZC-5 | 620,804          | 603,35                 | 18,57           | 17,45      |                    | 620,500               | 650,30                |
| PZC-6 | 620,850          | 604,41                 | 17,50           | 16,44      |                    | 620,520               | 650,30                |

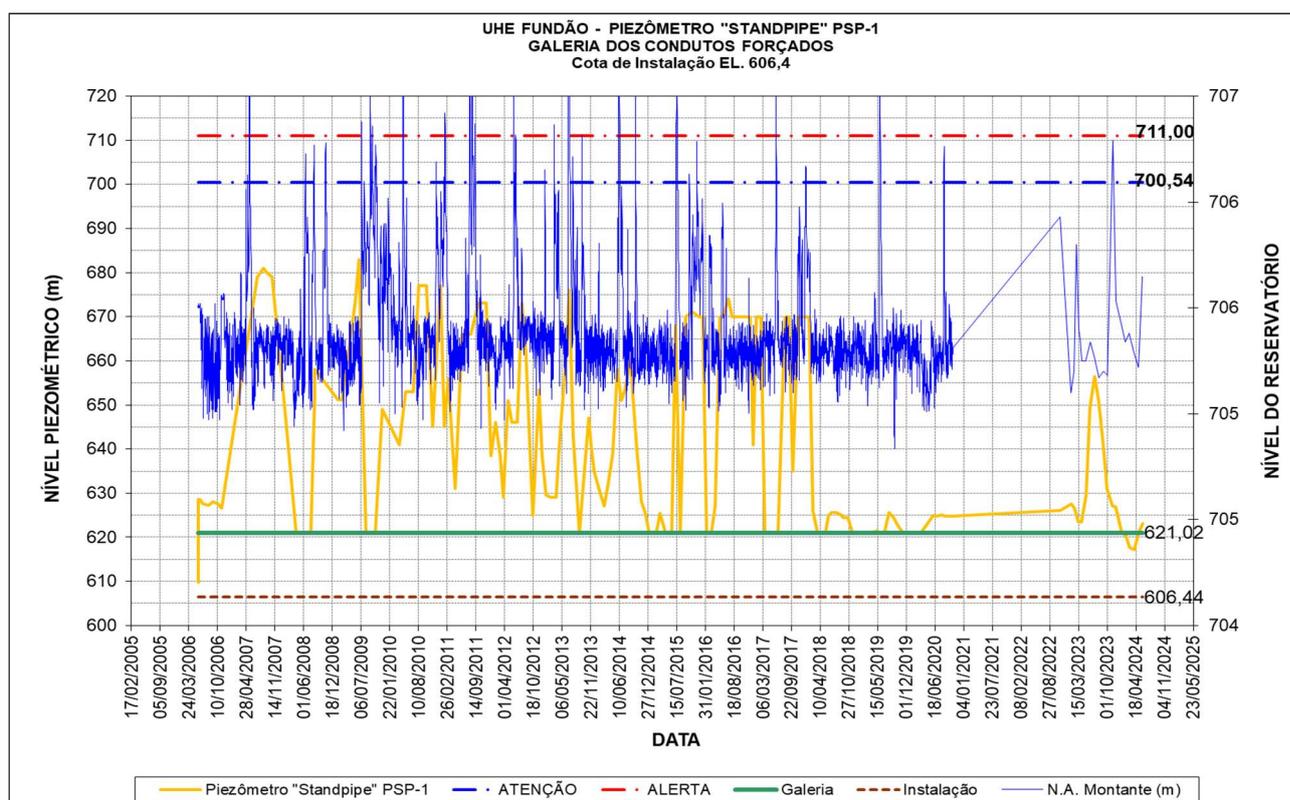
Os Piezômetros PSP-1, PSP-2 e PSP-3 estão localizados a montante da área blindada e da cortina de drenagem.

Os Piezômetros PSP-4, PSP-5 e PSP-6 estão localizados na área blindada e a jusante da cortina de drenagem.

- PSP-1

As leituras do PSP-1, com variações acentuadas, indicam que existe um sistema de drenagem que ora está operando, quando as leituras manométricas indicam zero, e ora não está operando, quando apresenta leituras manométricas positivas. Para que se possa verificar a cota piezométrica quando a leitura manométrica é zero, deve-se retirar o manômetro e executar a leitura com o tubo aberto, da mesma forma que foram feitas as leituras 1, 2, e 3 no início do enchimento. A Figura 1.21 demonstra o comportamento anômalo do instrumento.

**FIGURA 1.21  
PIEZÔMETRO - PSP-1**



- PSP-2 e PSP-3

Estes piezômetros apresentam leituras com valor zero, indicando que o piezômetro está operando sem pressão. A água deve estar sendo medida na boca do tubo. Quando o valor lido no manômetro for zero, deve-se retirar o manômetro e fazer a leitura com Pio. O comportamento é estável e está mantido em níveis confortáveis considerando os valores de atenção e alerta.

- PSP-4, PSP-05 e PSP-6

Esses piezômetros apresentam leituras estabilizadas e em valores bem abaixo dos níveis de atenção e alerta. Nenhuma providência é necessária quanto a esses instrumentos.

#### 1.4 - Áreas do Entorno das Instalações e Acessos à Barragem

O acesso à barragem é feito por meio de estradas vicinais subordinadas à BR-373, no sentido norte-sul. A UHE de Fundão dista aproximadamente 12 km da cidade de Foz do

Jordão e por volta de 20 km de Candói. O acesso à UHE de Fundão e sua casa de força associada estão demarcados em vermelho na Figura 1.22.

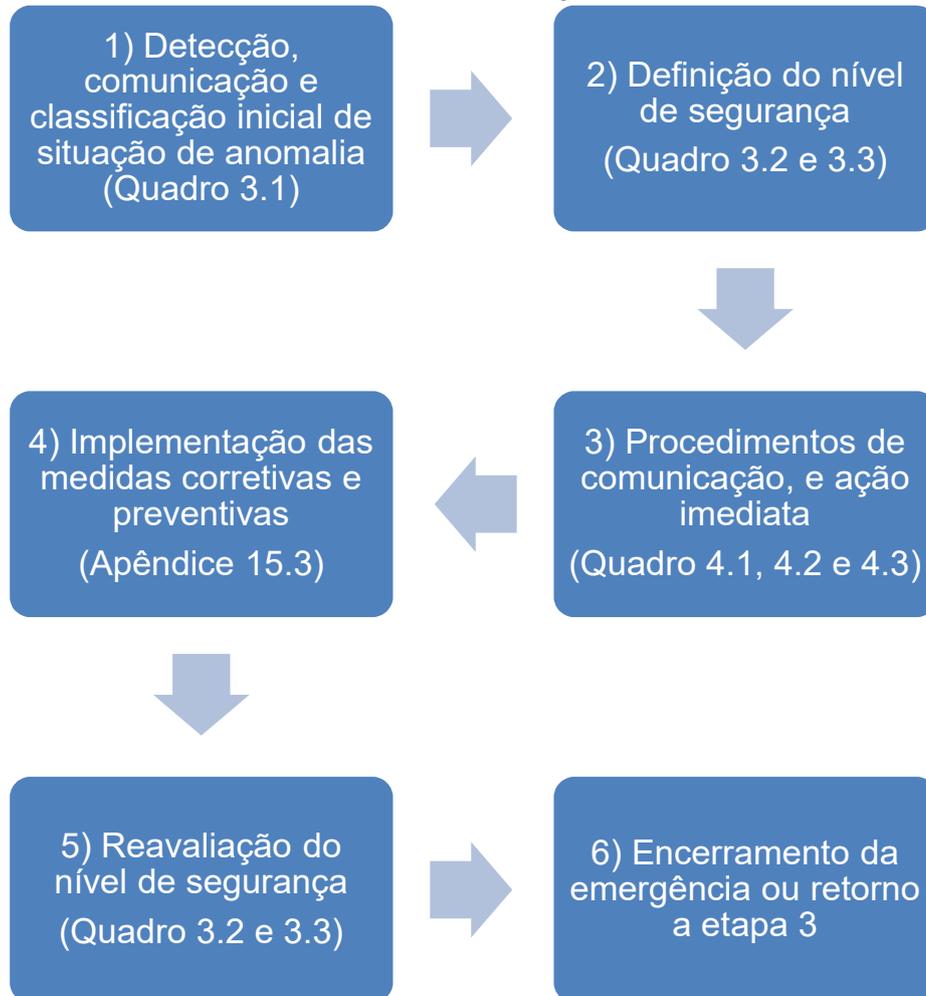
**FIGURA 1.22**  
**ACESSO A UHE FUNDÃO**



## 2 - UTILIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVISTOS NO PAE

Os procedimentos previstos no PAE da UHE Fundão 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   |
|--|---|--|---|--|
| <b>Detecção da situação anormal pela Usina – Ruptura Repentina</b> | 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)<br>Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)    |
|  | Registra: todas as observações e ações  | Coordenador do PAE                                       | Após ocorrência   | Relatório de registros   |
| <b>Detecção da situação anormal pela Usina</b>                     | 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)<br>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   |
| <b>Detecção da situação anormal pelo</b>                           | 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<br>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  |
|--|---|--|---|---|
| <b>Monitoramento Hidrológico</b>                                 | 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  |
| <b>Deteção da situação anormal pelo Monitoramento Estrutural</b> | 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   |
|---|---|
| <b>NORMAL</b><br>(Nível 0 – Verde)        | <p><b>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:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidade de acidente muito baixa;</li> <li>- Corresponde a ações de monitoramento rotineiro;</li> <li>- São situações estáveis ou que se desenvolvem muito lentamente no tempo e que podem ser ultrapassadas sem consequências nocivas no vale a jusante;</li> <li>- Podem ser controladas pelo Empreendedor</li> </ul>   |
| <b>ATENÇÃO</b><br>(Nível 1 – Amarelo)     | <p><b>Quando as anomalias não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidade de acidente baixa;</li> <li>- 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;</li> <li>- A situação tende a progredir lentamente, permitindo a realização de estudos para apoio à tomada de decisão;</li> <li>- Existe a convicção de ser possível controlar a situação;</li> <li>- O fluxo de notificações é apenas interno.</li> </ul>   |
| <b>ALERTA</b><br>(Nível 2 – Laranja)      | <p><b>Quando as anomalias representam risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidade de acidente moderada;</li> <li>- 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;</li> <li>- Espera-se que ações a serem tomadas evitem a ruptura, mas pode sair do controle;</li> <li>- Eventual rebaixamento do reservatório (depende da avaliação técnica) - envolvendo coordenação com os demais empreendedores de barragens da cascata;</li> <li>- O fluxo de notificações é apenas interno, a menos que sejam necessárias descargas preventivas ou o rebaixamento do reservatório;</li> <li>- Existe a possibilidade de a situação se agravar, com potenciais efeitos perigosos no vale a jusante;</li> <li>- Deve ser avaliada a necessidade de acionamento das ações externas do PAE.</li> </ul> |
| <b>EMERGÊNCIA</b><br>(Nível 3 – Vermelho) | <p><b>Quando as anomalias representem risco de ruptura, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidade de acidente elevada e iminente;</li> <li>- Cenário excepcional e de alerta geral;</li> <li>- Esvaziamento/Rebaixamento do reservatório depende da avaliação técnica da situação;</li> <li>- 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;</li> <li>- Alertar a ZAS e ZSS (se aplicável);</li> <li>- A Defesa Civil deverá evacuar a população;</li> <li>- Evacuação necessária interna e externamente.</li> </ul>  |

### 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   |  |
|  |   | Presença de trincas transversais e/ou longitudinais profundas não documentadas e/ou monitoradas:<br>- que não se estabilizam;<br>- passantes ou não de montante para jusante;<br>- com percolação de água ou não   | Atenção  |
|  | Deslocamentos   | Deslocamentos sazonais (inverno e verão), estáveis, documentados e monitorados;  | Normal   |
|  |   | Deslocamentos não sazonais:<br>- não documentados e/ou monitorados;<br>- que não se estabilizam;<br>- causam trincas na estrutura.   |  |
|  | Surgências (Áreas Atenção encharcadas ou água surgindo) | Surgência de água próxima à barragem, no paramento de jusante ou ombreiras:<br>- não documentada e/ou não monitorada;<br>- fluxo de água com carreamento de materiais de origem desconhecida;<br>- aumento das infiltrações com o tempo;<br>- fluxo de água com pressão. | Atenção  |
|  | Vazamentos (fluxo de água intenso)                      | Vazamentos não documentados e considerados controláveis  |  |
|  |   | Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento  | Alerta   |
|  | 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 |
| Perda do sistema de monitoramento                        |   |  |  |
| Nível de água entre o Máximo Normal e o Máximo Maximorum |   |  | Atenção  |
| Nível de água acima do Máximo Maximorum                  |   |  | Emergência                                     |
| Falha dos sistemas de comunicação                        | Impossibilidade de comunicação (usina isolada)          |  |  |
|  | Impossibilidade de comunicação com a ZAS                | Atenção  |  |
| 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<br>- Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água<br>- 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<br>GGL<br>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<br>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<br>Via telefone – ver contatos (Apêndice 15.2)<br><br>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:<br>GGL, GGI, GGC<br>Mobilizar:<br>GGL e GGI  | Coordenador do PAE | Após definição do<br>Nível de Alerta                                  | Via telefone – ver<br>contatos<br>(Apêndice 15.2)   |
| Ações de Resposta:<br>Implementar medidas<br>preventivas e corretivas<br>conforme o tipo de ocorrência<br>identificado  | GGI<br>GGL<br>BE   | Após definição do<br>Nível de Alerta                                  | Seguir procedimentos<br>propostos no (Apêndice<br>15.3)   |
| Verifica-se: 1 - As medidas<br>implementadas têm resultado<br>(ou se a ocorrência deixa de<br>constituir ameaça) e se a<br>situação de perigo retrocede<br>para o nível atenção ou<br>normal<br>2 - A situação de perigo evolui | GGI<br>GGL         | Após implementação<br>das ações de<br>resposta                        | Avaliação estrutural<br>e/ou Avaliação<br>hidrológica   |
| Mobilizar (situação evolui):<br>GGC Comunicar e notificar:<br>Usinas da cascata, prefeituras,<br>corpo de bombeiros, Defesa<br>Civil Municipal  | GGI                | Após constatação da<br>tendência de<br>evolução do nível de<br>alerta | Via telefone – ver<br>contatos<br>(Apêndice 15.2)<br><br>Notificação<br>(Apêndice 15.4)                               |
| Comunicar e notificar: Agentes<br>externos envolvidos: comando<br>da Defesa Civil, imprensa   | GGC                | Após mobilização do<br>GGC  | Via telefone – ver<br>contatos<br>(Apêndice 15.2)<br><br>Notificação<br>(Apêndice 15.4)                               |
| Verifica-se:<br>1 - As medidas<br>implementadas têm resultado<br>e a situação de perigo<br>retrocede para o nível atenção<br>2 - A situação de perigo evolui<br>para situação de emergência                                     | GGI<br>GGL<br>GGC  | Após comunicação e<br>notificação dos<br>agentes externos             | Reavaliação estrutural<br>e/ou reavaliação<br>hidrológica   |
| Registra:<br>todas as observações e<br>ações<br>Comunicar e notificar: Todos<br>os envolvidos   | GGI<br>GGL<br>GGC  | Ao final do nível de<br>alerta  | Relatório de registros<br><br>Via telefone – ver<br>contatos<br>(Apêndice 15.2)<br><br>Notificação<br>(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:<br>1 - Coordenar a evacuação da Casa de força e da ZAS<br>2 - Condiciona os acessos à barragem Comunicar e Mobilizar: GGC  | GGI<br>GGL<br>BE        | Após definição do Nível de Emergência | Procedimentos de notificação (Capítulo 6)<br><br>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))<br><br>Declaração e Notificação (Apêndice 15.4)<br><br>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)<br><br>Declaração e Notificação (Apêndice 15.4)<br><br>Procedimentos de notificação (Capítulo 6)   |
| Ações de Resposta: Tomar ações para tentar minimizar os danos   | BE<br>GGL<br>GGI<br>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<br>GGI<br>GGL<br>BE | Ao longo de toda a emergência         | Disponibilizando recursos humanos e materiais  |
| Registra: todas as observações e ações<br>Comunicar e declarar: Todos os envolvidos   | GGL<br>GGI<br>GGC       | Ao final do Nível de Emergência       | Relatório de Registros<br><br>Via telefone - ver contatos (Apêndice 15.2)<br><br>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 Fundão 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 Fundão fora da ZAS, o sistema de alerta e seus mecanismos de autoproteção não são estendidos à ZSS.

### **5.3 - Sistema de Alerta**

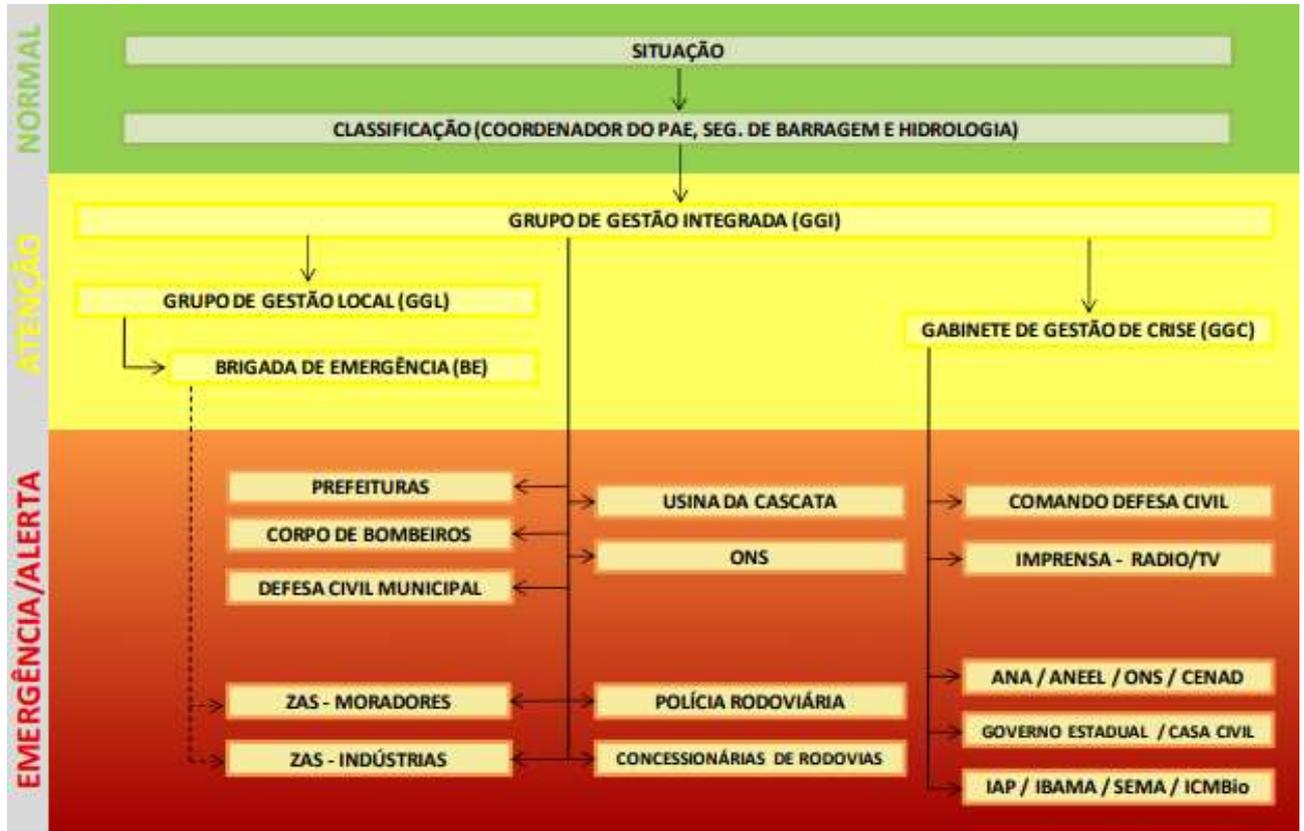
Para as situações de alerta e emergência, a UHE Fundão utiliza um sistema de alerta sonoro composto por seis (06) sirenes localizadas na ZAS. O acionamento do sistema é local, com botoeira instalada na sala de vigilância do empreendimento, transmissão de sinal através de cabo de fibra óptica e propagação 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-1025, 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.

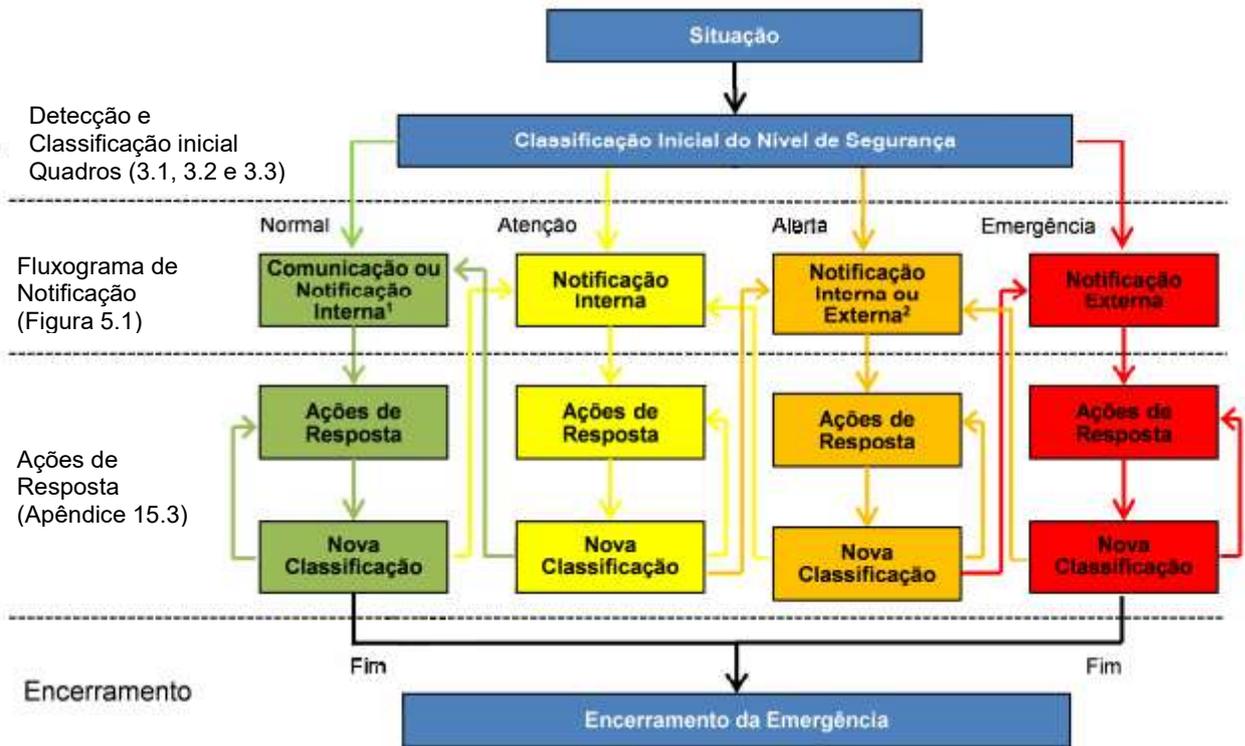
**QUADRO 6.1**  
**ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES NO PAE**

| FUNÇÃO  | ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES   |
|---|---|
| <p align="center"><b>GABINETE DE GESTÃO DE CRISES (GGC)</b></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"> <li>- disponibilização emergencial de recursos;</li> <li>- definição de posicionamento perante as partes interessadas;</li> <li>- definição do porta voz.</li> </ul> |

| FUNÇÃO  | ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;"><b>GRUPO DE GESTÃO INTEGRADA (GGI)</b></p> | <p>Composto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- coordenação do GGI;</li> <li>- coordenação do GGL (coordenador do PAE);</li> <li>- responsável técnico da barragem;</li> <li>- coordenação do Centro de Operação;</li> <li>- coordenação da Hidrologia;</li> <li>- coordenação da Segurança de Barragens;</li> <li>- coordenação da Engenharia Civil de projeto;</li> <li>- coordenação da Comunicação;</li> <li>- coordenação do Meio Ambiente;</li> <li>- coordenação do Fundiário.</li> </ul> <p>As atribuições do GGI são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- declaração e notificação do Nível de Segurança;</li> <li>- encerramento das operações do Nível de Segurança;</li> <li>- elaboração do relatório de encerramento do Nível de Segurança;</li> <li>- definição das medidas corretivas e preventivas a serem implementadas quando houver alteração do nível de segurança;</li> <li>- avaliação técnica dos resultados das medidas corretivas e preventivas implantadas;</li> <li>- comunicação corporativa com o GGL e GGC;</li> <li>- comunicação e notificação externa: usinas da cascata, polícia rodoviária, concessionárias de rodovias, prefeituras, corpo de bombeiros, Defesa Civil municipal, ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias);</li> <li>- apoio ao Grupo de Gestão Local (GGL);</li> <li>- 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.</li> </ul> |
| <p style="text-align: center;"><b>GRUPO DE GESTÃO LOCAL (GGL)</b></p>     | <p>Composto pelo Coordenador do GGL (Coordenador do PAE), membros da equipe de operação e manutenção da Usina Hidrelétrica fundão.</p> <p>As principais atribuições do GGL são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- definir e coordenar as ações da Brigada de Emergência (BE);</li> <li>- avaliação local da gravidade do nível de segurança;</li> <li>- implantar as medidas corretivas e preventivas localmente;</li> <li>- comunicação com o GGI e Brigada de Emergência (BE);</li> <li>- apoiar o GGI na comunicação com a ZAS (Moradores) e ZAS (indústrias);</li> <li>- providenciar equipamentos e maquinários e demais recursos disponíveis localmente;</li> <li>- reorganização da área e retorno às atividades normais, após encerramento da emergência.</li> <li>- elaboração do relatório de ocorrência local.</li> </ul>   |
| <p style="text-align: center;"><b>Brigada de Emergência (BE)</b></p>      | <p>Composta por membros da operação e manutenção da Usina Hidrelétrica Fundão.</p> <p>As principais atribuições da BE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- providenciar os recursos para apoiar as ações de emergência e atuar em: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Bloqueio e controle de acessos;</li> <li>· Retirada imediata das pessoas presentes na Usina;</li> <li>· Manutenção da ordem no local da emergência;</li> <li>· Registro das ações tomadas.</li> </ul> </li> <li>- se necessário, coordenar as ações de comunicação na ZAS.</li> </ul>  |

| FUNÇÃO  | ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES   |
|---|---|
| <p><b>Segurança de Barragens</b></p>          | <p>Composta por membros da equipe de Segurança de Barragens. As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- coordenar a contratação de consultoria quando for o caso;</li> <li>- apoio na realização das atividades do GGI</li> </ul>  |
| <p><b>Hidrologia</b></p>                      | <p>Composta por membros da equipe de Hidrologia As principais atribuições no PAE são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- coordenar a contratação de consultoria quando for o caso;</li> <li>- apoio na realização das atividades do GGI.</li> </ul>  |
| <p><b>Operação da Usina</b></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"> <li>- na fase de detecção da situação, comunicar ao Coordenador do GGL (Coordenador do PAE) e Hidrologia a Situação anormal;</li> <li>- apoio na realização das atividades do GGI e GGL.</li> </ul>   |
| <p><b>Coordenador do PAE</b></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"> <li>- 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;</li> <li>- declaração e notificação do Nível de Segurança em todas as fases;</li> <li>- mobilizar e coordenar o Grupo de Gestão Local (GGL);</li> <li>- iniciar e encerrar a situação de emergência;</li> <li>- apoio na realização das atividades do GGI;</li> <li>- aprovar o PAE juntamente com o Diretor Presidente da ELEJOR, Coordenador do GGI e o Responsável Técnico da barragem.</li> </ul> |
| <p><b>Responsável Técnico da barragem</b></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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- apoio na realização das atividades do GGI;</li> <li>- condução da elaboração do PAE;</li> <li>- aprovar o PAE juntamente com o Diretor Presidente da ELEJOR, Coordenador do GGL (Coordenador do PAE) e Coordenador do GGI.</li> </ul>  |

**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 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

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 Fundão 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

### 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 (*pipping*), 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    |

### 8.2.2 - Cenários e Condições de Contorno

Como o trecho da cascata avaliado possui 3 (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 3 (três) condições com ruptura individual das barragens, porém estas 3 (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

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.

### 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 Fundão compreende o trecho entre a UHE Fundão e o reservatório da PCH Derivação do Rio Jordão, não sendo ocupado por pessoas permanentemente. As principais estruturas no vale de jusante são a Casa de Força de Fundão e a PCH Derivação do Rio Jordão. Na Figura 8.2 é apresentada a localização das principais estruturas no vale de jusante da UHE Fundão.

**FIGURA 8.2**  
**OCUPAÇÃO VALE A JUSANTE UHE FUNDÃO**



#### 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 Fundão 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 fundão contempla a PCH Fundão.**

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 Reserva do Iguaçu, 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 Fundão.**

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-1025.

#### 8.4.3 - 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 Fundão 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 Civas 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 Civas locais referentes à operacionalização do Plano de Ação de Emergência da UHE Fundão serão devidamente registrados em ata.

Os simulados práticos sobre as situações de emergência serão realizados a cada 03 (três) anos com as Defesas Civas 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 Fundão. 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 Fundão 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.

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.

Guia ABRAGE – Desenvolvimento dos Mapas de Ruptura de Barragem

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

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 - GLOSSÁRIO

**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 Elipsóide esta altitude é conhecida como Altitude Geométrica. No Geóide 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. Constitui-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 sobrepensões resultantes da oscilação de massa de água devido ao interrompimento 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<sup>3</sup>/s) ou em metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h).

### 13 - EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PAE

No Quadro 13.1 é apresentada a equipe técnica responsável pelo PAE.

**QUADRO 13.1**  
**EQUIPE TÉCNICA**

| <b>Função do Profissional</b>                                | <b>Nome</b>                     |
|--|---------------------------------|
| 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**

| <b>Atualização</b> | <b>Data</b> | <b>Descrição</b> | <b>Elaborado</b> | <b>Aprovado</b> |
|--------------------|-------------|------------------|------------------|-----------------|
|                    |             |                  |                  |                 |
|                    |             |                  |                  |                 |
|                    |             |                  |                  |                 |
|                    |             |                  |                  |                 |

## 15 - APÊNDICES

### 15.1 - Ficha Técnica do Empreendimento

|   |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
|---|---------|------|--------------|--|--------|---------------------------|------------------------|-------|-------|-------|------|
| <b>USINA HIDRELÉTRICA</b>   |         |      |              | Fundão   |        |                           |                        |       |       |       |      |
| EMPRESA   |         |      |              | ELEJOR - Centrais Elétricas do Rio Jordão S.A. |        |                           |                        |       |       |       |      |
| ETAPA   |         |      |              | Projeto Básico 2002                            |        |                           |                        |       |       |       |      |
| <b>1 LOCALIZAÇÃO</b>  |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Rio   |         |      |              | Jordão   |        |                           |                        |       |       |       |      |
| <b>Barragem</b>   |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Latitude  |         |      |              | 25°42'31"S                                     |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Longitude   |         |      |              | 51°59'53"W                                     |        |                           |                        |       |       |       |      |
| <b>Casa de Força</b>  |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Latitude  |         |      |              | 25°43'16"S                                     |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Longitude   |         |      |              | 55°02'17"W                                     |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Bacia   |         |      |              | Paraná   |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Sub-Bacia   |         |      |              | Iguaçu   |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Município Margem Direita  |         |      |              | Foz do Jordão                                  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Município Margem Esquerda   |         |      |              | Pinhão   |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Distância da Foz  |         |      |              | 22,7 km  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| <b>2 DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b>                                    |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| <b>Postos Fluviométricos de Referência</b>                            |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Cod   | 6,6E+07 | Nome | Santa Clara  | Rio  | Jordão | Área de Drenagem          | 3.910 km <sup>2</sup>  |       |       |       |      |
| Cod   | 6,6E+07 | Nome | Segredo      | Rio  | Iguaçu | Área de Drenagem          | 34.100 km <sup>2</sup> |       |       |       |      |
| Cod   | 6,6E+07 | Nome | Salto Osório | Rio  | Iguaçu | Área de Drenagem          | 45.800 km <sup>2</sup> |       |       |       |      |
| Área de drenagem do barramento  |         |      |              |  |        | 4.090 km <sup>2</sup>     |                        |       |       |       |      |
| Prec. Média anual (bacia)   |         |      |              |  |        | 1.820 mm                  |                        |       |       |       |      |
| Prec. Média anual (reserv.)   |         |      |              |  |        | 1.860 mm                  |                        |       |       |       |      |
| Evap. Real média anual (reserv.)                                      |         |      |              |  |        | 1.279 mm                  |                        |       |       |       |      |
| Evaporação Média Mensal   |         |      |              |  |        | 106,6 mm                  |                        |       |       |       |      |
| Vazão MLT (per.: jan-31 a dez-96)                                     |         |      |              |  |        | 104,8 m <sup>3</sup> /s   |                        |       |       |       |      |
| Vazão firme   |         |      |              |  |        | 95%                       |                        |       |       |       |      |
| Vazão máx. registrada*:   |         |      |              |  |        | 1.412,5 m <sup>3</sup> /s |                        |       |       |       |      |
| Vazão mín. registrada*:   |         |      |              |  |        | 9,1 m <sup>3</sup> /s     |                        |       |       |       |      |
| Vazão mín. média mensal: (ago/44)                                     |         |      |              |  |        | 12,1 m <sup>3</sup> /s    |                        |       |       |       |      |
| Vazão de projeto (TR: 10.000 anos)                                    |         |      |              |  |        | 7.227 m <sup>3</sup> /s   |                        |       |       |       |      |
| Vazão obras desvio (TR: > 20 anos período menores cheias)             |         |      |              |  |        | 1121 m <sup>3</sup> /s    |                        |       |       |       |      |
| * Na estação Santa Clara  |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| <b>Vazões Médias Mensais (m<sup>3</sup>/s) - Período: 1931 a 1996</b> |         |      |              |  |        |                           |                        |       |       |       |      |
| Jan   | Fev     | Mar  | Abr          | Mai  | Jun    | Jul                       | Ago                    | Set   | Out   | Nov   | Dez  |
| 92,1  | 94,6    | 83,7 | 76,9         | 112,4  | 127,9  | 121,3                     | 91,6                   | 112,9 | 138,8 | 111,3 | 94,3 |

| <b>Evaporação Real Média Mensal (mm/mês) - Período: 1931 a 1960</b> |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------|-----|
| Jan   | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov                                  | Dez |
| 156   | 147 | 152 | 124 | 106 | 85  | 66  | 61  | 70  | 85  | 98                                   | 129 |
| <b>Dias de Chuva (Média Mensal) - Período: 1949 a 1997</b>          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Jan   | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov                                  | Dez |
| 12  | 11  | 9   | 7   | 7   | 8   | 7   | 7   | 9   | 10  | 9                                    | 11  |
| <b>3 RESERVATÓRIO</b>   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| <b>N.A. de Montante</b>   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Min. Normal   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 705,50 m                             |     |
| Máx. normal   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 705,5 m                              |     |
| Max. Maximorum  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 711,00 m                             |     |
| <b>N.A. de Jusante</b>  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Mínimo  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 602,00 m                             |     |
| Max. Normal   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 609,00 m                             |     |
| Máx. excepcional  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 615,00 m                             |     |
| <b>Áreas Inundadas</b>  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| No N.A. máx. maximorum  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2,5 km <sup>2</sup>                  |     |
| No N.A. máx. normal   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2,15 km <sup>2</sup>                 |     |
| No N.A. mín. normal   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2,15 km <sup>2</sup>                 |     |
| <b>Volumes</b>  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| No N.A. máximo normal   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 34,49x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |     |
| Abaixo da soleira do vertedouro                                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 34,49x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |     |
| <b>Outras Informações</b>   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Vida útil do reserv. com Santa Clara                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1326 anos                            |     |
| Vida útil do reserv. sem Santa Clara                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 171 anos                             |     |
| Profundidade média  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 16,0 m                               |     |
| Profundidade máxima   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | ~52,0 m                              |     |
| Tempo de formação do reservatório                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3,8 dias                             |     |
| Tempo de residência   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3,8 dias                             |     |
| <b>4. DESVIO</b>  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Tipo  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | túnel                                |     |
| Vazão de desvio (TR: > 20 anos período menores cheias)              |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1.121 m <sup>3</sup> /s              |     |
| <b>Túnel</b>  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Número de unidades  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1                                    |     |
| Seção   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | arco-retângulo - 9,5x11,00 m         |     |
| Comprimento   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | ~150 m                               |     |
| <b>Ensecadeiras</b>   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Crista ensecadeira de montante                                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 684,00 m                             |     |
| Crista ensecadeira de jusante                                       |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 670,50 m                             |     |
| <b>Comporta Stoplog de Concreto</b>                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                      |     |
| Número de Painéis   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 15                                   |     |
| Largura do vão de vedação   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 9,5 m                                |     |
| Altura do vão de vedação  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 15,0 m                               |     |

| <b>5 BARRAGEM</b>                      |                         |
|--|-------------------------|
| Tipo de estrutura/material             | gravidade, CCR          |
| Comp. Total da crista (com vertedouro) | 445,9 m                 |
| Altura máxima                          | ~42,5 m                 |
| Cota da crista                         | 712,50 m                |
| <b>6 VERTEDOURO</b>                    |                         |
| Tipo                                   | livre, sobre a barragem |
| Capacidade (vazão efluente)            | 7.227 m <sup>3</sup> /s |
| Cota da soleira                        | 705,50 m                |
| Número de vãos                         | 1                       |
| Comprimento total                      | 249,9 m                 |
| <b>7 SISTEMA ADUTOR</b>                |                         |
| <b>Túnel de Adução (Baixa Pressão)</b> |                         |
| Comprimento                            | 3.660 m                 |
| Seção                                  | arco-retângulo - 9,4 m  |
| <b>Câmara de Carga</b>                 |                         |
| Largura (nível normal)                 | 59 m                    |
| Comprimento (nível normal)             | ~68 m                   |
| <b>Tomada d'Água</b>                   |                         |
| Altura total                           | 33,50 m                 |
| Numero de vãos                         | 2                       |
| <b>Túnel Forçado (Alta Pressão)</b>    |                         |
| Numero de unidades                     | 2                       |
| Comprimento (trecho em concreto)       | ~193 m                  |
| Diâmetro interno (trecho em concreto)  | 4,50 m                  |
| Comprimento (trecho blindado)          | ~68 m                   |
| Diâmetro interno (trecho blindado)     | 4,00 m                  |
| <b>Comporta Vagão</b>                  |                         |
| Largura                                | 3,75 m                  |
| Altura                                 | ~4,8 m                  |
| <b>Comporta Ensecadeira</b>            |                         |
| Largura                                | 3,75 m                  |
| Altura                                 | ~5,1 m                  |
| <b>Grades</b>                          |                         |
| Painéis                                | 5                       |
| Largura                                | 6,0 m                   |
| Altura total                           | 9,5 m                   |
| <b>8 CASA DE FORÇA / CANAL DE FUGA</b> |                         |
| 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                    |

|                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| <b>PCH</b>                    |                            |
| Tipo                          | abrigada                   |
| Nº de unidades geradoras      | 1                          |
| <b>9 TURBINAS</b>             |                            |
| Tipo                          | Francis de eixo vertical   |
| Potência unitária nominal     | 61 MW                      |
| Rotação síncrona              | 257,14 rpm                 |
| Queda Nominal                 | 90,17 m                    |
| <b>PCH</b>                    |                            |
| Tipo                          | Francis de eixo horizontal |
| Potência unitária nominal     | 2,5 MW                     |
| <b>10 GERADORES</b>           |                            |
| Potência unitária Nominal     | 66,76 MVA                  |
| Rotação síncrona              | 257,14 rpm                 |
| Tensão nominal                | 13,8 kV                    |
| <b>PCH</b>                    |                            |
| Potência unit. Nominal        | 3,75 MVA                   |
| <b>11 ESTUDOS ENERGÉTICOS</b> |                            |
| Operação reservatório         | fio d'água                 |
| Queda de referência           | 84,78 m                    |
| Vazão de referência           | 160,0 m³/s                 |
| Potência da usina             | 120 MW                     |
| Potência da PCH               | 3,5 MW                     |
| Potência total                | 122,5 MW                   |
| Energia assegurada da usina   | 65,8 MW médios             |
| Energia média                 | 66,83 MW médios            |
| Energia firme PCH             | 2,23 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 Santa Clara (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  |                          |
|                            |                                      | Celular: (48) 9960-8640   |                          |

|                                       |  |                          |
|---------------------------------------|--|--------------------------|
| AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL | Prefeitura do Município de Candói                    | Telefone: (42) 3638-8000 |
|                                       | Prefeitura do Município de Foz do Jordão (ZAS e ZSS) | Telefone: (42) 3639-8100 |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | Prefeitura do Município de Reserva do Iguazu (ZSS)                           | Telefone: (42) 3651-8000                           |
|  | Defesa Civil do Município de Pinhão (ZAS)                                    | Telefone: (42) 3677-2009 ou (42) 3677-1558         |
|  | Prefeitura do Município de Pinhão (ZAS)                                      | 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: 0800-61 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 Fundão \_\_\_\_\_

Eu, ( \_\_\_\_\_ ), na condição de coordenado do Plano de Ação Emergencial PAE da UHE Fundão 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 Fundão

Eu, ( \_\_\_\_\_ ), na condição de coordenado do Plano de Ação Emergencial PAE da UHE Fundão 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 Fundão 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**



---

**15.7 - Mapas de Inundação**

**15.8 - Revisão de Ruptura Hipotética de Barragens em Cascata**