



# **PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM CAÇAMBA**



**Maceió, AL**

**Maió/2020**

# **RELATÓRIO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM CAÇAMBA**

## **VOLUME I**

**Caracterização da Segurança da Barragem, Planos e  
Procedimentos, Relação da Documentação Técnica do  
Empreendimento e Registros e Controles**

**Maceió, AL**

**Maió/2020**

| PSB DA BARRAGEM: |      |           |           |          |
|------------------|------|-----------|-----------|----------|
| Atualização      | Data | Descrição | Elaborado | Aprovado |
|                  |      |           |           |          |
|                  |      |           |           |          |
|                  |      |           |           |          |
|                  |      |           |           |          |
|                  |      |           |           |          |
|                  |      |           |           |          |
|                  |      |           |           |          |

## Sumário

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | INFORMAÇÕES GERAIS DO PSB E DA BARRAGEM.....                                 | 8  |
| 1.1    | APRESENTAÇÃO DO PSB E DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM..              | 8  |
| 1.1.1  | MAPA DA MANCHA DO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA.....                        | 9  |
| 1.2    | IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR .....  | 10 |
| 1.3    | ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM ...               | 11 |
| 1.4    | DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS.....                           | 13 |
| 1.4.1  | IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM.....                                 | 13 |
| 1.4.2  | DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM .....  | 14 |
| 1.4.3  | CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICA.....                      | 19 |
| 1.4.4  | RESERVATÓRIO.....  | 30 |
| 1.4.5  | ÓRGÃOS EXTRAVASSORES.....  | 31 |
| 1.4.6  | ACESSO A BARRAGEM .....  | 33 |
| 1.4.7  | VISTORIAS POSTERIORES A OPERAÇÃO .....                                       | 34 |
| 1.4.8  | SÍSMICAS .....   | 35 |
| 1.5    | DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO.....                          | 36 |
| 1.6    | USOS DA BARRAGEM.....  | 37 |
| 1.7    | REGRA OPERACIONAL DO RESERVATÓRIO .....                                      | 37 |
| 1.8    | DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM .....                                | 37 |
| 1.9    | FORMULÁRIO TÉCNICO DA BARRAGEM .....   | 37 |
| 2.     | PLANOS E PROCEDIMENTOS:.....   | 38 |
| 2.1    | CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO .....                                      | 38 |
| 2.2    | PLANO DE OPERAÇÃO .....  | 39 |
| 2.2.1. | ÓRGÃOS EXTRAVASSORES .....   | 39 |
| 2.2.2  | EQUIPAMENTOS DE EMERGÊNCIA.....  | 43 |
| 2.2.3  | MEDIDAS DE PROTEÇÃO PÚBLICA.....   | 43 |
| 2.3    | PLANO DE MANUTENÇÃO .....  | 44 |
| 2.3.1. | MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS E DOS EQUIPAMENTOS .....                           | 44 |
| 2.3.2  | MANUTENÇÃO DAS BARRAGENS DE ATERRO.....                                      | 46 |
| 2.3.3  | MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....   | 52 |
| 2.3.4  | MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS E ELETROMECAÑICOS ....            | 54 |
| 2.3.5  | FICHA DE EXECUÇÃO DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS:.....                       | 55 |
| 2.3.6  | FICHA PARA AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES CIVIS.....                              | 56 |
| 2.3.7  | CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECAÑICOS..... | 57 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.3.8 | SEGURANÇA NO TRABALHO.....  | 58 |
| 2.4   | PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO .....   | 60 |
| 2.4.1 | ATUALIZAÇÕES .....  | 62 |
| 2.4.2 | LEITURAS E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....   | 62 |
| 2.4.3 | REGISTROS DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO .....   | 63 |
| 2.4.4 | INSTRUÇÕES DE SERVIÇO – Instalação, Operação, Aferição e Manutenção da INSTRUMENTAÇÃO. .... | 64 |
| 2.5   | PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM .....                                   | 70 |
| 2.5.1 | PERIODICIDADE .....   | 70 |
| 2.5.2 | RECURSOS NECESSÁRIOS (EQUIPAMENTOS) .....   | 71 |
| 2.5.3 | ANOMALIAS A VERIFICAR NAS INSPEÇÕES .....   | 72 |
| 2.5.4 | FICHA DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM.....  | 76 |
| 2.6   | CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS .....               | 77 |
| 3.    | RELAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO .....                                     | 78 |
| 3.1   | PROJETOS .....  | 78 |
| 3.1.1 | PROJETO BÁSICO.....   | 78 |
| 3.1.2 | PROJETO EXECUTIVO.....  | 78 |
| 3.2   | PROJETO FINAL (as built) .....  | 78 |
| 3.3   | LICENÇAS AMBIENTAIS E OUTORGAS.....   | 78 |
| 4.    | REGISTROS E CONTROLES .....   | 79 |
| 4.1   | REGISTROS DE OPERAÇÃO .....   | 79 |
| 4.2   | REGISTROS DE MANUTENÇÃO .....   | 80 |
| 4.3   | REGISTROS DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO .....   | 80 |
| 4.4   | FICHAS E RELATÓRIOS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS .....                            | 81 |
| 4.5   | REGISTROS DOS TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS .....               | 95 |

## Lista de Tabelas

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabela 1- Dados de Identificação do Empreendedor.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>Tabela 2 – Estrutura da equipe de profissionais de segurança de barragens.<br/>.....</b>               | <b>12</b> |
| <b>Tabela 3 - Principais características da Barragem Caçamba. ....</b>                                    | <b>17</b> |
| <b>Tabela 4 - Dados meteorológicos da unidade de análise 2 da Bacia do rio<br/>Paraíba. ....</b>          | <b>20</b> |
| <b>Tabela 5 - Dados hidrológicos bacia hidrográfica da Barragem Caçamba. ....</b>                         | <b>21</b> |
| <b>Tabela 6 - Variável reduzida e probabilidade para diferentes tempos de<br/>retorno. ....</b>           | <b>24</b> |
| <b>Tabela 7 - Média da variável reduzida e desvio padrão para diferentes anos<br/>de observação. ....</b> | <b>24</b> |
| <b>Tabela 8 - Chuva de projeto para diferentes períodos de retorno. ....</b>                              | <b>25</b> |
| <b>Tabela 9 - Parâmetros do Hidrograma Triangular Unitário utilizado. ....</b>                            | <b>29</b> |
| <b>Tabela 10 - Dados do hidrograma afluente de cheias para diferentes tempos<br/>de retorno. ....</b>     | <b>29</b> |
| <b>Tabela 11 - Cotas características do reservatório. ....</b>  | <b>31</b> |
| <b>Tabela 12 - Dados da curva do vertedouro. ....</b>   | <b>32</b> |
| <b>Tabela 13 - Documentação da Barragem. ....</b>   | <b>36</b> |
| <b>Tabela 14 - Uso da Barragem. ....</b>  | <b>37</b> |
| <b>Tabela 15 - Dados da curva do vertedouro. ....</b>   | <b>42</b> |
| <b>Tabela 16 – Manutenção das estruturas e dos equipamentos. ....</b>                                     | <b>45</b> |
| <b>Tabela 17 – Manutenção do Reservatório. ....</b>   | <b>49</b> |
| <b>Tabela 18 – Cronograma de Manutenção Preventiva. ....</b>  | <b>50</b> |
| <b>Tabela 19 – Ficha de Manutenção dos Equipamentos. ....</b>   | <b>55</b> |
| <b>Tabela 20 – Ficha de Avaliação das Instalações Cíveis. ....</b>  | <b>56</b> |
| <b>Tabela 21 – Cronograma de Testes de Equipamentos. ....</b>   | <b>57</b> |
| <b>Tabela 22 – Frequências Mínimas de Leitura. ....</b>   | <b>62</b> |
| <b>Tabela 23 – Recomendações de Manutenção de Instrumentação em<br/>Barragens de Aterro. ....</b>         | <b>63</b> |
| <b>Tabela 24 – Ficha de Inspeção de Segurança da Barragem. ....</b>                                       | <b>76</b> |
| <b>Tabela 25 – Cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e<br/>Mecânicos. ....</b>      | <b>77</b> |

## Lista de Figuras

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1 - Matriz de Localização da Barragem.....</b>                    | <b>8</b>  |
| <b>Figura 2 – Mapa da Mancha do Dano Potencial Associado - DPA .....</b>    | <b>9</b>  |
| <b>Figura 3 – Organograma do Plano de Segurança de Barragens. ....</b>      | <b>11</b> |
| <b>Figura 4 - Localização da Barragem. ....</b>                             | <b>13</b> |
| <b>Figura 5 - Planta Geral da Barragem. ....</b>                            | <b>15</b> |
| <b>Figura 6 - Seção Principal da Barragem. ....</b>                         | <b>16</b> |
| <b>Figura 7 – Delimitação da Bacia Hidrográfica. ....</b>                   | <b>21</b> |
| <b>Figura 8 - Curva PDF. ....</b>   | <b>26</b> |
| <b>Figura 9 - Hidrograma Triangular Unitário característico.....</b>        | <b>27</b> |
| <b>Figura 10 - Hidrograma afluente de cheias em tempos de retorno. ....</b> | <b>30</b> |
| <b>Figura 11 - Curva cota x área x volume.....</b>                          | <b>31</b> |
| <b>Figura 12 - Curva de vazão do vertedouro. ....</b>                       | <b>32</b> |
| <b>Figura 13 - Planta de acesso a Barragem Caçamba.....</b>                 | <b>33</b> |
| <b>Figura 14 – Classificação quanto ao Fraturamento. ....</b>               | <b>36</b> |
| <b>Figura 15 - Planta de acesso a Barragem Caçamba.....</b>                 | <b>38</b> |
| <b>Figura 16 – Hidrogramas de cheia de afluente e efluente.....</b>         | <b>41</b> |
| <b>Figura 17 - Curva de vazão do vertedouro. ....</b>                       | <b>42</b> |
| <b>Figura 18 – Plano de Manutenção .....</b>                                | <b>44</b> |

## 1. INFORMAÇÕES GERAIS DO PSB E DA BARRAGEM

### 1.1 APRESENTAÇÃO DO PSB E DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem CAÇAMBA foi classificada com base na categoria de risco MÉDIO e de dano potencial associado ALTO, como classe A. Assim, o presente PSB é um documento formal em que estão estabelecidas as ações a serem executadas visando à manutenção da integridade física da barragem, bem como em caso de situação de emergência.

A Figura 1 apresenta a matriz de classificação da barragem quanto à categoria de risco e dano potencial associado. E a Figura 2, sua mancha de dano potencial associado (DPA).

| NOME DA BARRAGEM   |                                      | CAÇAMBA                                    |                       |
|--|--------------------------------------|--|-----------------------|
| NOME DO EMPREENDEDOR   |                                      | CASAL - COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS |                       |
| DATA:  |                                      | 08/08/2019                                 |                       |
| <b>II.1 - CATEGORIA DE RISCO</b>   |                                      |  | <b>Pontos</b>         |
| 1  | Características Técnicas (CT)        |  | 21                    |
| 2  | Estado de Conservação (EC)           |  | 4                     |
| 3  | Plano de Segurança de Barragens (PS) |  | 21                    |
| <b>PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS</b>  |                                      |  | <b>46</b>             |
| <b>EC máximo</b>   |                                      |  | <b>3</b>              |
| FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO  | <b>CATEGORIA DE RISCO</b>            |  | <b>CRI</b>            |
|  | ALTO                                 |  | > = 60 ou EC* = 8 (*) |
|  | MÉDIO                                |  | 35 a 60               |
| BAIXO  |                                      | < = 35                                     |                       |
| Pontuação (8) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem. |                                      |  |                       |
| <b>II.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO</b>   |                                      |  | <b>Pontos</b>         |
| <b>DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)</b>  |                                      |  | <b>17</b>             |
| FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO  | <b>DANO POTENCIAL ASSOCIADO</b>      |  | <b>DPA</b>            |
|  | ALTO                                 |  | > = 16                |
|  | MÉDIO                                |  | 10 < DP < 16          |
| BAIXO  |                                      | < = 10                                     |                       |
| <b>RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:</b>   |                                      |  |                       |
| <b>CATEGORIA DE RISCO</b>  |                                      | <b>MÉDIO</b>                               |                       |
| <b>DANO POTENCIAL ASSOCIADO</b>  |                                      | <b>ALTO</b>                                |                       |
| <b>CLASSE</b>  |                                      | <b>A</b>                                   |                       |

**Figura 1 - Matriz de Localização da Barragem.**

Fonte: Autor.

### 1.1.1 MAPA DA MANCHA DO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA

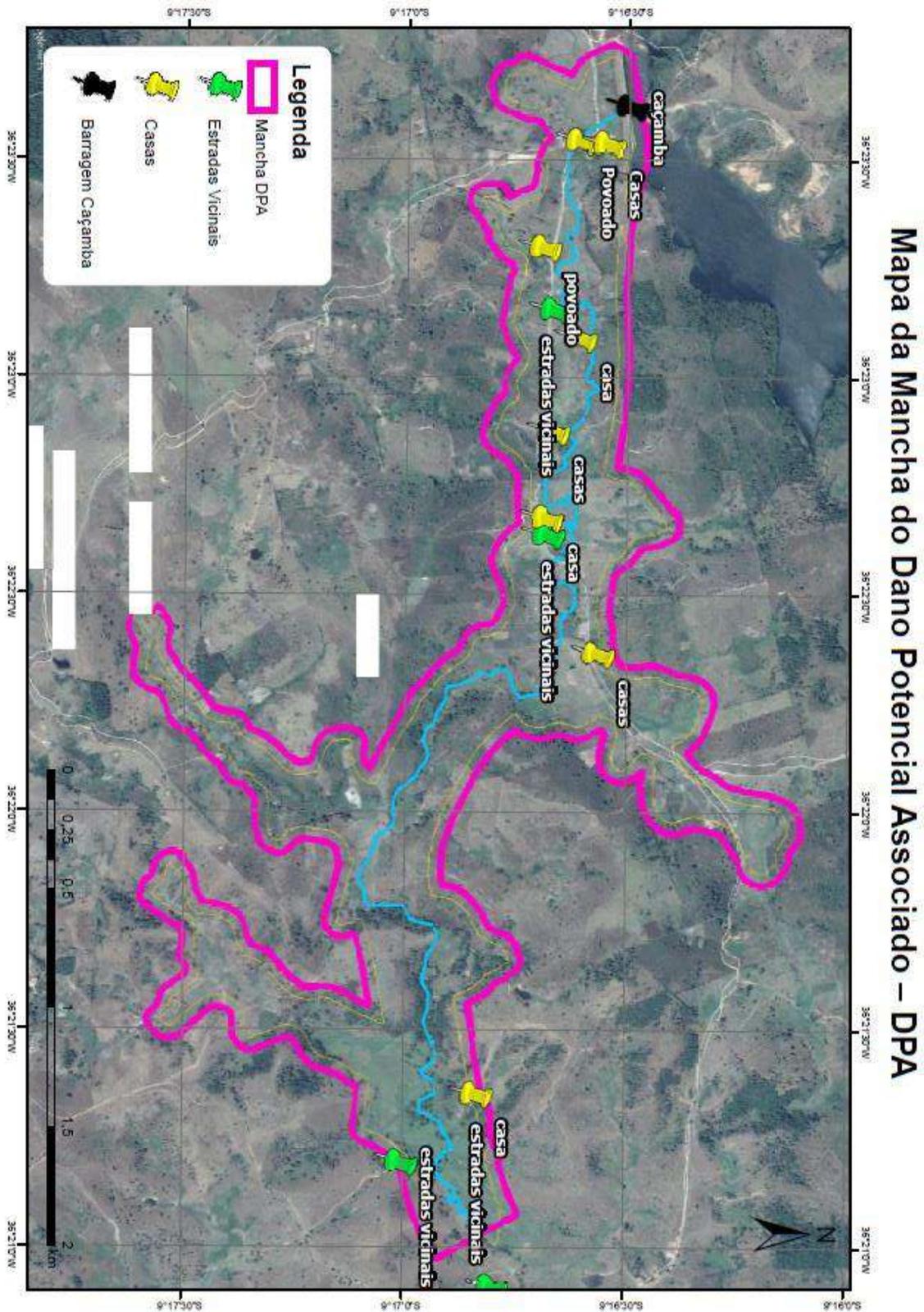


Figura 2 – Mapa da Mancha do Dano Potencial Associado - DPA

## 1.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

**Tabela 1- Dados de Identificação do Empreendedor**

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>Empreendedor: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS - CASAL</b>   |                               |
| CPF/CNPJ: 12.294.708.0001-81                                      |                               |
| Figura Jurídica:  |                               |
| <input type="checkbox"/>  | Pessoa Física                 |
| <input type="checkbox"/>  | Empresa Privada               |
| <input type="checkbox"/>  | Empresa Pública               |
| <input checked="" type="checkbox"/>                               | Sociedade de economia         |
| <input type="checkbox"/>  | Autarquia                     |
| <input type="checkbox"/>  | Administração direta          |
| <input type="checkbox"/>  | Outros: _____                 |
| Endereço: R. Barão de Atalaia, n.200.                             |                               |
| Telefone: 3315-3055   | E-mail: casal@casal.al.gov.br |
| Quantidade de barragens de propriedade do empreendedor: 02 (duas) |                               |
| <b>Responsável legal:</b>   |                               |
| Nome: Wilde Clécio Falcão de Alencar                              |                               |
| Cargo: Diretor Presidente   |                               |
| Telefone: (82) 3315-3055  | E-mail: dp@casal.al.gov.br    |

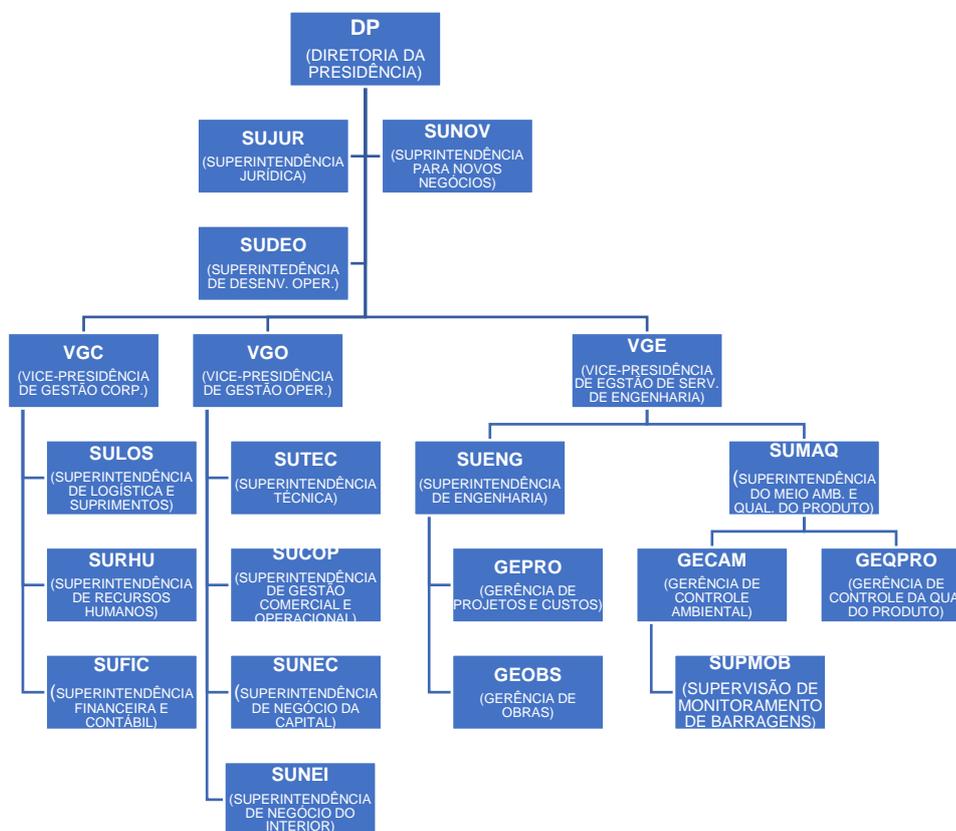
Fonte: Autor.

### 1.3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Na estrutura organizacional do Relatório do Plano de Segurança de Barragem (PSB) consideramos os níveis hierárquicos, a relação entre os colaboradores e a identificação das funções e responsabilidades de cada um dentro do processo.

Dentro do organograma da CASAL, 03 (três) vice-presidências estão diretamente ligadas as ações do PSB, são elas: VGC (Vice-presidência de Gestão Corporativa); VGO (Vice-presidência de Gestão Operacional) e VGE (Vice-presidência de Gestão de serviços de Engenharia).

Para o levantamento das informações e elaboração dos estudos e planos técnicos de segurança das barragens de responsabilidade da Companhia, inicialmente, foi designada uma comissão através da Ordem de Serviço nº 015/2019-GP/CASAL, com funcionários das seguintes áreas: Assessoria da VGE, Superintendência de Engenharia – SUENG, Gerência de Obras – GEOBS, Superintendência de Meio Ambiente e Qualidade do Produto – SUMAQ e Unidade de Negócio Serrana (vinculada a VGO). Com o advento da nova Estrutura Organizacional, alterada através da Resolução de Diretoria (RD) nº 35/2019, foi criada a Supervisão de Monitoramento de Barragens – SUPMOB, para auxiliar os trabalhos e estudos vinculados as Barragens.



**Figura 3 – Organograma do Plano de Segurança de Barragens.**

**Tabela 2 – Estrutura da equipe de profissionais de segurança de barragens.**

| <b>ADMINISTRAÇÃO CENTRAL</b>                                    |                             |
|---|-----------------------------|
| <b>Equipe de Plano de Segurança de Barragens (EPSB)</b>         |                             |
| Assessor da VGE   | ---                         |
| Superintendente de Engenharia – SUENG                           | ---                         |
| Supervisor de Acompanhamento de Obras - SUPPAC                  | ---                         |
| Coordenador Técnico – Unidade de negócio Serrana (UN SERRANA)   | ---                         |
| Superintendente de Meio Ambiente e Qualidade do Produto - SUMAQ | Valeska Cavalcante da Costa |
| Supervisor de Monitoramento de Barragens - SUPMOB               | Lucas Sarmento de Souza     |
| <b>Equipe de Engenharia de Barragem (EEB):</b>                  |                             |
|   |                             |
|   |                             |
|   |                             |
|   |                             |
|   |                             |
| <b>EQUIPE DE APOIO - Outras áreas da empresa</b>                |                             |
| Gerência de Obras – GEOBS                                       |                             |
| Unidade de negócio Serrana – UNSERR                             |                             |
| Superintendência de Logística – SULOS                           |                             |
| Superintendência Financeira – SUPFIN                            |                             |

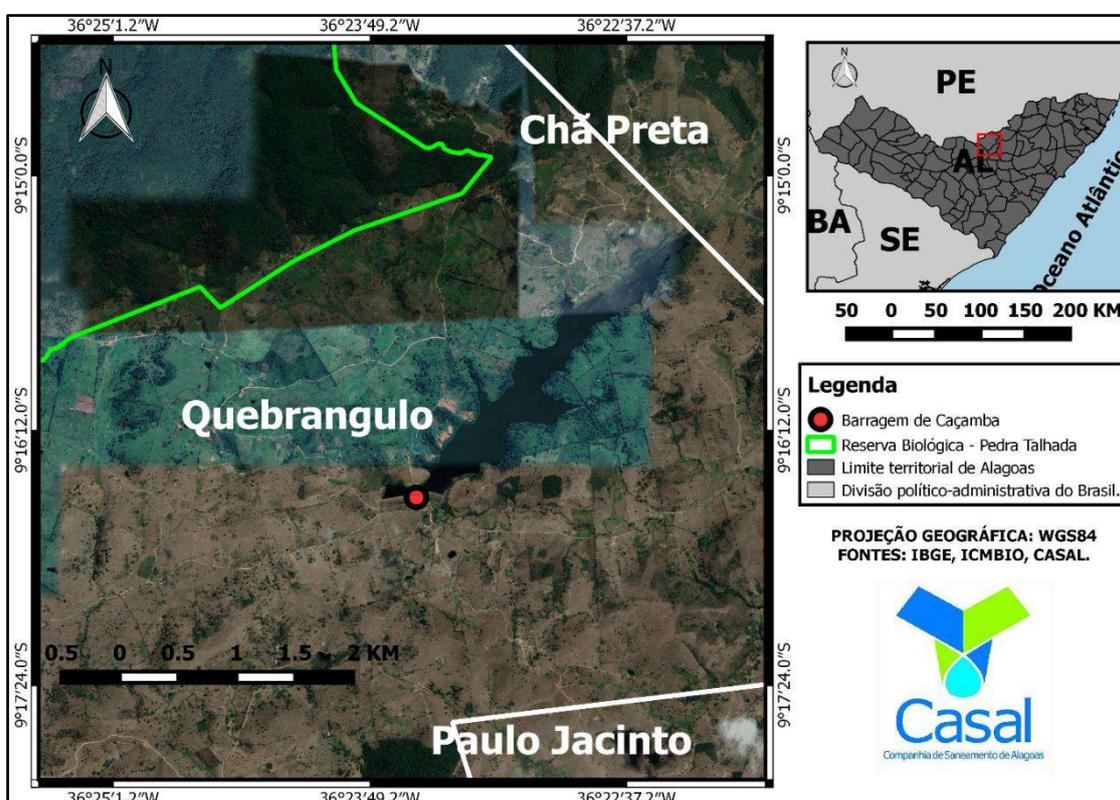
## 1.4 DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS

### 1.4.1 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem CAÇAMBA, do empreendedor COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS – CASAL, está localizada nas Sub-bacias dos rios Caçamba e Paquevira, ambos pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Meio, no município de Quebrangulo, Alagoas. As respectivas coordenadas são: 9°16'30.69" Sul e 36°23'34.52" Oeste (DATUM WGS 84).

A montante da barragem CAÇAMBA não existe barragens.

A jusante da barragem CAÇAMBA também não existe barragens.



**Figura 4 - Localização da Barragem.**

Fonte: Autor.

#### 1.4.2 DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem Caçamba foi construída entre 2009 e 2010, pelo consórcio de construtoras: Sauer Construtora e C Engenharia. Foi projetada pelas empresas Gama Engenharia e GEOTECH Engenharia, todas contratadas pela Secretária de Estado da Infraestrutura de Alagoas – SEINFRA/AL. Projeto este que teve início em meados de 2004-2005, quando houve a necessidade da ampliação do sistema de distribuição de água da cidade de Palmeira dos Índios/AL.

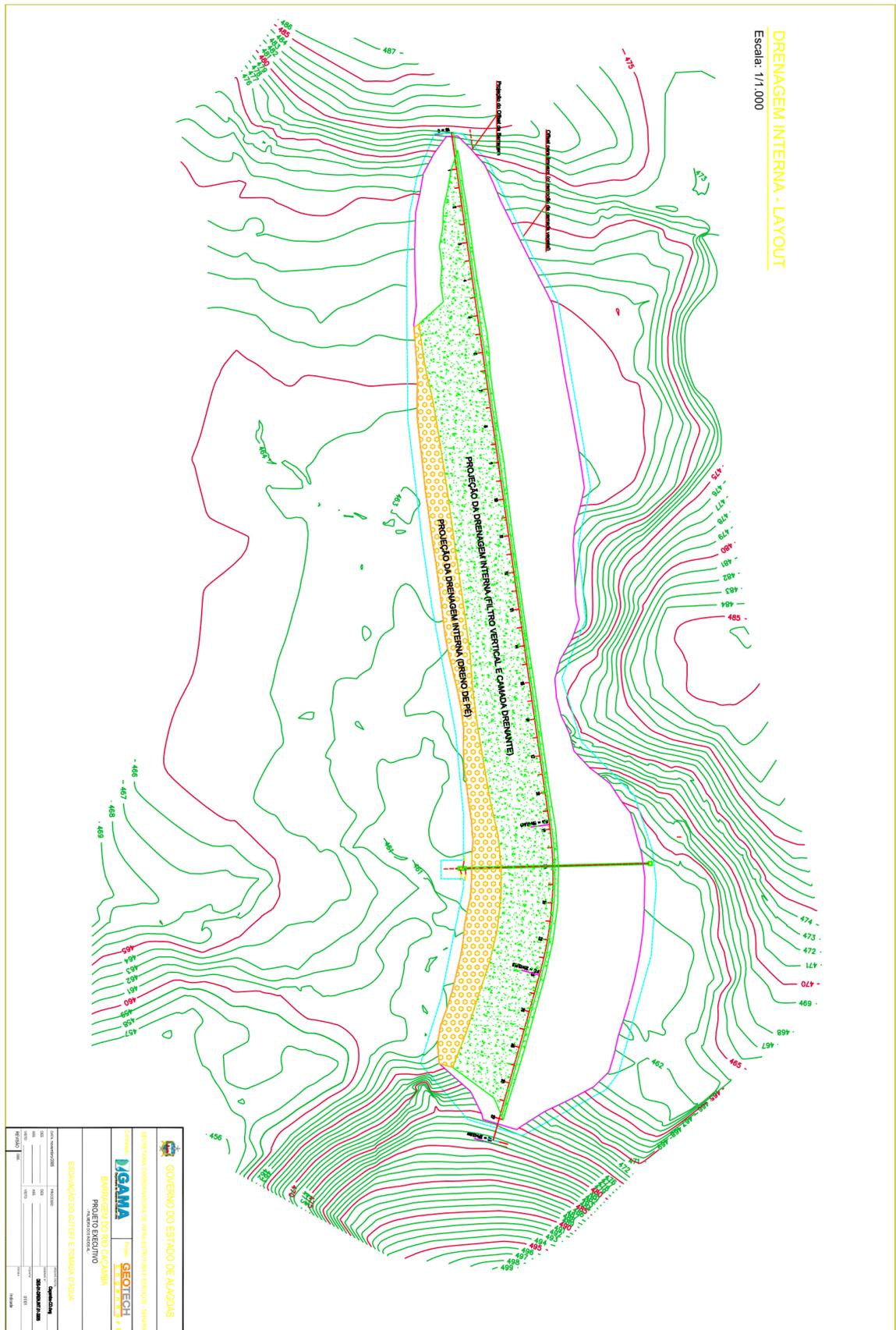
O Barramento em questão consiste de um maciço de terra homogêneo, com drenagem interna constituída por dreno de pé com camada filtrante, filtro vertical e tapete drenante, possui *cut off* (trincheira) total complementado por cortina de injeções (água/cimento/aditivos). Seu Reservatório possui uma área de inundação de 70,4ha e um volume total de armazenamento de 2.497.300m<sup>3</sup>. Com uma altura total da fundação até a sua crista de 16,4m.

Seu coroamento possui 6,0m de largura, possuindo 542,94m de extensão, protegido por uma camada de cascalho para redução da perda de umidade, talude de montante protegido por rip-rap de pedras jogadas, e de jusante por um sistema de calhas de concreto e tapete de gramíneas. Sangradouro lateral (ombreira esquerda) tipo livre com soleira fixa em perfil Creager em forma de “L”, canal de fuga escalonado, revestido em concreto armado ancorado, bacia de dissipação enrocada, descarga de fundo/tomada d’água com controle manual a jusante.

Todavia, em dias atuais, a tomada d’água se dar por captação superficial flutuante, através de 01 conjunto moto bomba, tipo “anfíbio”, com vazão de 341,28 m<sup>3</sup>/h.

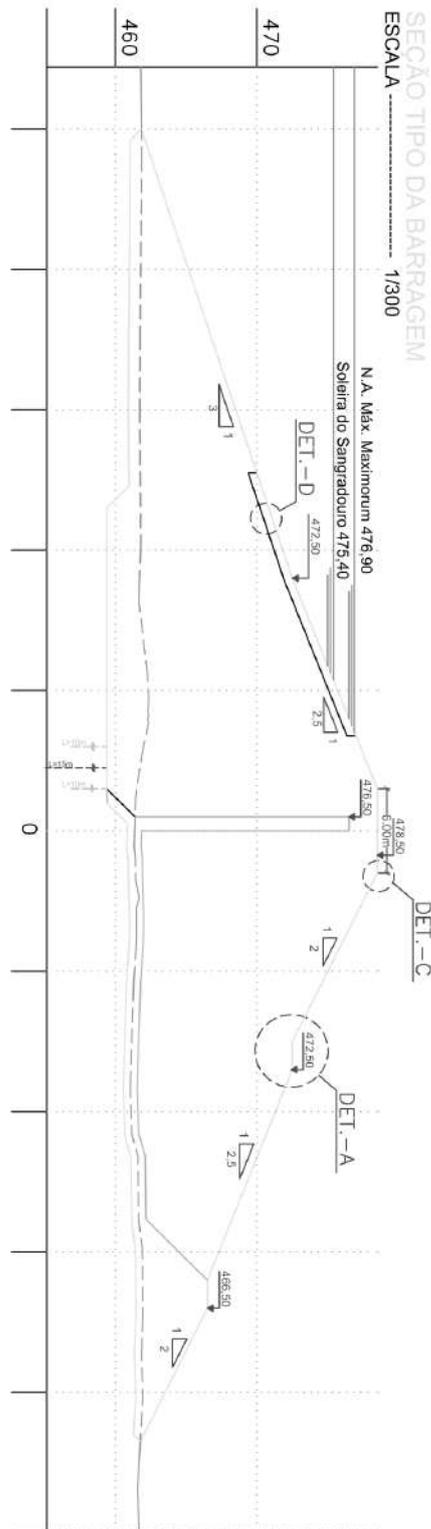
Todos os projetos da Barragem, o memorial descritivo, a justificativa de cálculos e as especificações técnicas estão em propriedade da Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL e da Secretária de Estado de Infra Estrutura de Alagoas – SEINFRA/AL. Bem como, irão anexos a este Plano de Segurança.

A seguir, apresentam-se planta geral e planta da seção principal da barragem.



**Figura 5 - Planta Geral da Barragem.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.



**Figura 6 - Seção Principal da Barragem.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

**Tabela 3 - Principais características da Barragem Caçamba.**

| PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM         |  |
|--|--|
| Denominação oficial                            | Barragem Caçamba   |
| Empreendedor                                   | CASAL  |
| Entidade fiscalizadora                         | SEMARH/AL  |
| LOCALIZAÇÃO                                    |  |
| Rio  | Caçamba e Paquevira  |
| Município                                      | Quebrangulo  |
| Unidade da Federação                           | Alagoas  |
| Coordenadas Norte e Leste                      | 9°15'31"S ; 36°23'34"O (WGS84)   |
| Existência de barragens a montante e a jusante | Inexiste   |
| BARRAGEM                                       |  |
| Tipo   | Barragem de Terra Homogênea, assente diretamente sobre um substrato rochoso. Com drenagem interna.   |
| Altura máxima da fundação                      | 16,4m  |
| Cota do coroamento                             | 478.5m   |
| Comprimento do coroamento                      | 542.94m  |
| Largura do coroamento                          | 6m   |
| Inclinação do paramento de montante            | 1:3 ; 1:2.5  |
| Inclinação do paramento de jusante             | 1:2 ; 1:2.5  |
| BACIA HIDROGRÁFICA                             |  |
| Área   | 29.5 km <sup>2</sup>   |
| Precipitação média na bacia                    | 87.5mm/ano   |
| Volume afluente mensal (médio)                 | Jan = 0,013 m <sup>3</sup> /s<br>Fev = 0,038 m <sup>3</sup> /s<br>Mar= 1,050 m <sup>3</sup> /s<br>Abril= 2,701 m <sup>3</sup> /s<br>Maio= 6,629 m <sup>3</sup> /s<br>Jun= 6,519 m <sup>3</sup> /s<br>Jul= 6,305 m <sup>3</sup> /s<br>Ago= 2,961 m <sup>3</sup> /s<br>Set= 0,861 m <sup>3</sup> /s<br>Out= 0,001 m <sup>3</sup> /s<br>Nov= -<br>Dez= 0,00 m <sup>3</sup> /s |
| Vazões máximas                                 | 91 m <sup>3</sup> /s (Ordinária);  |

|  |   |
|--|---|
|  | 94.2m <sup>3</sup> /s (Secular);<br>188.4m <sup>3</sup> /s (Milenar)  |
| <b>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONAIS</b>                  |   |
| Fundação   | Composto por um substrato cristalino de alto grau de metamorfismo – Migmatito heterogêneo mesocrático cortado por veios apolíticos leucocráticos (Rocha): grau de alteração A2/A1, grau de fraturamento F2/F1, com áreas cataclásicas F5/F6, resistência a compressão uniaxial > 250mpa, superfície ondulada com irregularidades localizadas e restritas a pequenas áreas (3-5m <sup>2</sup> ), desníveis < 0,8m. |
| Suscetibilidade a escorregamento de taludes do Reservatório. | Ver Item 1.4.9  |
| Sismicidade potencial  | Estudos Gráficos no Item 1.4.8  |
| <b>RESERVATÓRIO</b>  |   |
| Nível Mínimo Operacional (NMO)                               | 463.0m  |
| Nível Máximo Normal (NMN)                                    | 475.4m  |
| Nível Máximo <i>Maximorum</i> (NMM)                          | 476.9m  |
| Capacidade total   | 2.497.300 m <sup>3</sup>  |
| Área inundada (NMN)  | 70.4 km <sup>2</sup>  |
| <b>EXTRAVASOR DE CHEIAS</b>                                  |   |
| Localização  | Est.27+2.94 a 28  |
| Tipo   | Livre em "L". Soleira fixa em perfil Creager  |
| Descrição da entrada   | Canal de aproximação sem revestimento, canal de restituição de piso de concreto armado ancorado   |
| Descrição do canal   | Canal de aproximação sem revestimento, canal de restituição de piso de concreto armado ancorado   |
| Comprimento  | 39.5m   |
| Largura (na seção constante)                                 | 30m   |
| Modalidade de dissipação de energia                          | Bacia de amortecimento de enrocamento $\phi \geq 1,50$ m.   |
| <b>DESCARREGADOR DE FUNDO</b>                                |   |
| Solução  | Vertedor Tubular  |
| Localização  | Est. 20.  |
| Vazão  | 1,327m <sup>3</sup> /s (descarga máxima)<br>0,311m <sup>3</sup> /s (descarga mínima)  |
| Cota da soleira à entrada                                    | 462,2m  |
| Comprimento da conduta                                       | 102,0m  |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Tipos de comporta                   | Inexiste.   |
| Comprimento da bacia de dissipação  | Inexiste.   |
| Fonte alternativa de energia        | Não se aplica.  |
| Possibilidade de manobra manual     | Sim   |
| Comando a distância                 | Não possui.   |
| <b>TOMADA DE ÁGUA</b>               |   |
| Solução                             | Captação flutuante a partir de estrutura metálica composta por 01 conjunto motor-bomba. |
| Localização - Latitude              | 09°16'25.60"S   |
| Localização - Longitude             | 36°23'26.28"O   |
| Comprimento                         | 2590m   |
| Cotas das tomadas de água à entrada | Não se aplica.  |
| Fonte alternativa de energia        | Não possui.   |
| Possibilidade de manobra manual     | Não possui.   |
| Comando a distância                 | Não possui  |

Fonte: Autor.

### 1.4.3 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICA

Os estudos hidrológicos referentes a Barragem Caçamba estão contidos no documento intitulado "VOLUME 1 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA E DE CÁLCULO" do Projeto Executivo elaborado pelas empresas GAMA Engenharia de Recursos Hídricos Ltda. e GEOTECH Engenharia em novembro de 2005. Nessa seção, será feita uma descrição dos estudos contidos no referido projeto, detalhando os parâmetros relevantes para a segurança de barragens do ponto de vista hidrológico.

#### a) Caracterização da Área de Estudo

A Barragem Caçamba recebe contribuição dos rios Paquevira e Caçamba e situa-se na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio. Essa bacia hidrográfica está localizada entre as coordenadas extremas 09° 11' e 09°41' de latitude sul, e 36°42' e 35°56' de longitude Oeste (segundo o datum WGS84).

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba dividiu a bacia hidrográfica em 3 unidades de análise que totalizam uma área de 3157.61 km<sup>2</sup>: UA1, UA2 e UA3.

O município de Quebrangulo está contido na UA 2 que possui 1.364,99 km<sup>2</sup> e está situada nas Mesorregiões do Agreste e do Leste alagoano. Essa unidade encontra-se

numa zona de transição entre as regiões fisiográficas do Agreste e da Mata, iniciando-se na primeira e terminando na segunda e estende-se desde o limite entre os estados de Pernambuco e Alagoas até as proximidades dos municípios de Capela e Viçosa.

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Meio ainda avalia as condições climatológicas da região, utilizando dados da estação meteorológica de Palmeira dos Índios para a UA2. Em resumo, esses dados estão dispostos na Tabela 3 e, em seguida, os dados de evapotranspiração, umidade, precipitação e temperatura são melhor descritos.

**Tabela 4 - Dados meteorológicos da unidade de análise 2 da Bacia do rio Paraíba.**

|                      | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temp. Média (°C)     | 26,6  | 25,9  | 25,8  | 24,8  | 23,8  | 22,5  | 21,8  | 22,0  | 23,1  | 24,5  | 25,8  | 26,4  |
| Temp. Máx (°C)       | 33,3  | 32,1  | 31,8  | 30,1  | 28,5  | 26,9  | 26,4  | 27,1  | 28,5  | 31,1  | 33,0  | 33,2  |
| Temp. Mín (°C)       | 21,3  | 21,4  | 21,3  | 20,9  | 20,2  | 19,1  | 18,4  | 18,2  | 18,9  | 19,7  | 20,6  | 21,3  |
| Precipitação (mm)    | 32,0  | 65,2  | 77,9  | 108,1 | 151,5 | 141,7 | 134,6 | 62,4  | 49,0  | 19,7  | 8,0   | 19,1  |
| Prec.Máx.Diária (mm) | 50,2  | 56,5  | 54,8  | 71,6  | 110,8 | 77,0  | 61,5  | 42,8  | 37,9  | 30,0  | 19,5  | 47,5  |
| Evaporação (mm)      | 217,5 | 159,7 | 154,2 | 103,1 | 76,9  | 63,4  | 66,7  | 87,0  | 112,1 | 179,9 | 221,1 | 232,6 |
| Umid. Relat. (%)     | 66,1  | 70,4  | 73,2  | 79,5  | 83,6  | 85,6  | 85,8  | 83,0  | 79,0  | 69,9  | 65,5  | 65,9  |
| Insolação (horas)    | 239,1 | 186,1 | 218,8 | 183,6 | 170,4 | 149,8 | 147,8 | 185,3 | 213,6 | 266,6 | 275,9 | 253,5 |
| ETP (mm)             | 178,0 | 154,0 | 161,0 | 141,0 | 125,0 | 109,0 | 113,0 | 124,0 | 139,0 | 164,0 | 167,0 | 173,0 |

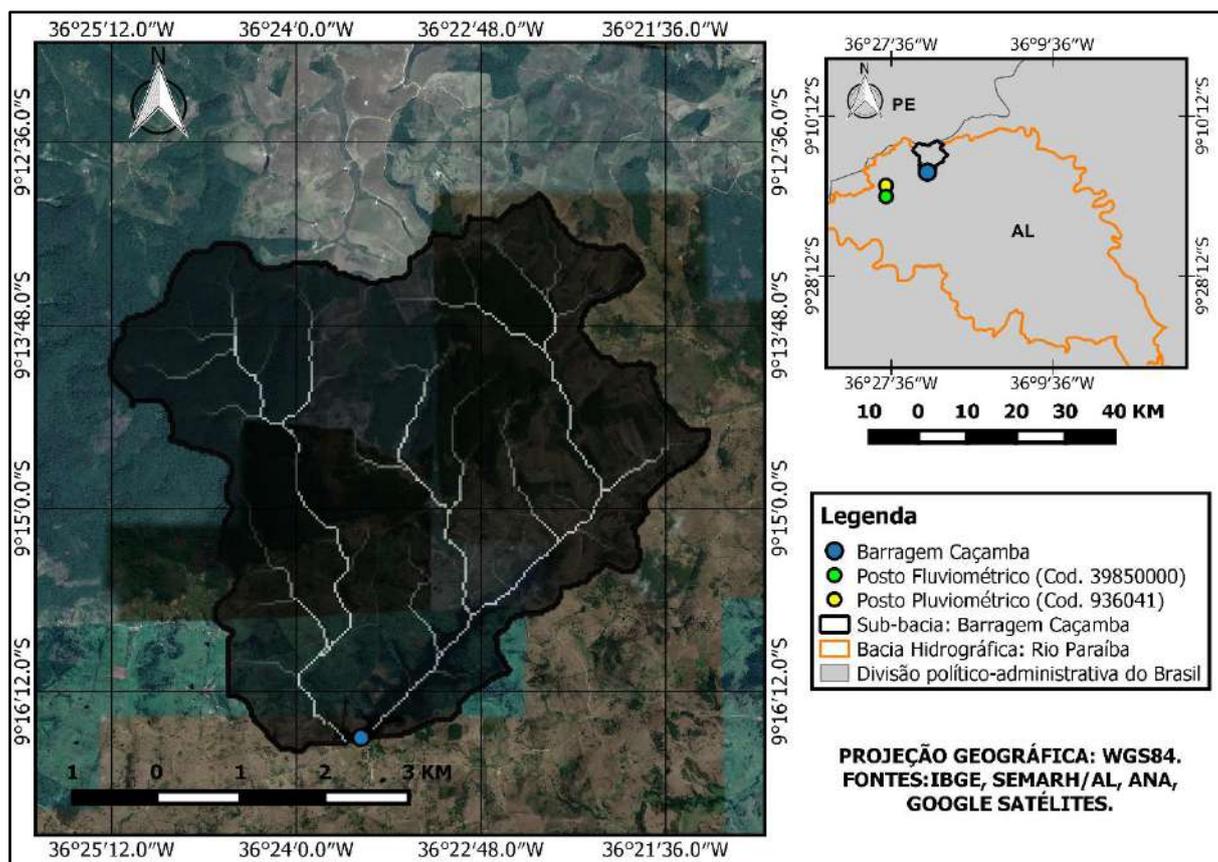
Fonte: Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba.

- Temperatura: Constata-se que as temperaturas médias mensais da região apresentam uma amplitude de apenas 4,8°C. As menores temperaturas são observadas no trimestre julho a setembro, em torno de 19°C.

- Evaporação: Essa característica acompanha as tendências de variação das temperaturas e das precipitações. Assim, observam-se os menores valores no mês de junho.

- Umidade Relativa: A umidade relativa se mantém alta na região nos meses chuvosos, em torno de 80%, enquanto no período de estiagem fica acima de 65%.

A Figura 7 apresenta a delimitação da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio a partir do shapefile da SEMARH/AL, a delimitação da sub-bacia da Barragem Caçamba e os postos fluviométrico e pluviométrico situados no município de Quebrangulo.



**Figura 7 – Delimitação da Bacia Hidrográfica.**

Fonte: Autor/IBGE/SEMARH/ANA/Google Satélites.

Os dados hidrológicos da bacia hidrográfica delimitada pela Barragem Caçamba estão contidos na Tabela 5.

**Tabela 5 - Dados hidrológicos bacia hidrográfica da Barragem Caçamba.**

| Parâmetro             | Valor  | Unidade         |
|-----------------------|--------|-----------------|
| Área de Contribuição  | 29,50  | Km <sup>2</sup> |
| Perímetro             | 23,30  | Km              |
| Linha de Fundo        | 8,75   | Km              |
| Declividade           | 0,04   | m/m             |
| Diferença de nível    | 330,00 | m               |
| Tempo de concentração | 1,25   | horas           |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

Do ponto de vista de monitoramento hidrológico, existe uma série de postos na região. No entanto, a maioria dos postos encontra-se inoperantes ou com início de monitoramento recente. Assim, destacam-se a série histórica de dados pluviométricos do posto Cód. 936041 operado pelo DNOCS que possui dados de 1912 a 1994 e a série de dados fluviométricos do posto Cód. 39850000 operado pela CPRM com dados de 1990 a 2011.

#### b) Aspectos Fisiográficos

Com relação aos aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica, foi realizada a seguinte caracterização:

- Relevo: Na área da bacia hidrográfica domina um relevo jovem com interflúvios relativamente estreitos ondulados com vertentes íngremes e com vales em forma de "U". São frequentes à presença de cachoeiras e rápidos ao longo do curso do Caçamba denotando seu estágio jovem.

- Cobertura Vegetal: Domínio de pastagens e testemunhos da mata atlântica.

- Solos: Dominam 3 (três) grupos de solos:

Grupo-A: Ocorrem em áreas elevadas, são solos de textura areno siltosa com pouca argila e de espessura < 1,0 m, sem impedimentos.

Grupo-B: São solos de textura areno siltosa e areno argilosa que ocorrem nos taludes

Grupo-C: São solos predominantemente argilosos que ocupam o fundo dos vales e possuem nível d'água sazonal elevado, sua espessura é extremamente variável (0,0 a 1,50 m).

- Rede de Drenagem: A rede de drenagem é do sistema dendrítico retangular e encontra-se em estágio jovem ou matura precoce, caracterizando-se por: - interflúvios estreitos e ondulados, vertentes íngremes, rápidos e pequenas cachoeiras, grande incidência de rochas na calha menor.]

- Forma da Bacia:

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é uma característica importante por sua relação com o tempo de concentração. Assim, vários índices são utilizados para caracterizar a forma da bacia com base em relações com figuras geométricas conhecidas como o círculo e o retângulo. (VILLELA E MATOS, 1975).

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O coeficiente de compacidade é calculado a partir da seguinte equação:

$$K_c = 0,208 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

$K_c$  = Coeficiente de Compacidade, adimensional;

$P$  = Perímetro da bacia hidrográfica (km);

$A$  = Área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>);

Quanto mais próximo de 1 for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo, e maior será a tendência para maiores enchentes. Para a bacia da barragem Caçamba, o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) encontrado é igual a 1,2.

O fator de forma ( $K_f$ ) é outro índice usado para caracterizar a forma da bacia e representa a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. O fator de forma é calculado a partir da seguinte equação:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

$L$  = Comprimento da desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia (km);

O fator de forma também é relacionado com a tendência para enchentes em uma bacia. Uma bacia com fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes, pois numa bacia estreita e longa há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão. Para a bacia da barragem Caçamba, o fator de forma ( $K_f$ ) encontrado é igual a 0,385.

### c) Parâmetros Estatísticos

A Tabela 6 apresenta os valores da variável reduzida ( $Y$ ) para diferentes períodos de retorno.

**Tabela 6 - Variável reduzida e probabilidade para diferentes tempos de retorno.**

| Período de Retorno | Probabilidade (P) | Variável reduzida (Y) |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| 100                | 0,99              | 4600                  |
| 500                | 0,998             | 6214                  |
| 1000               | 0,999             | 6907                  |
| 10000              | 0,9999            | 9210                  |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

A partir disso, obteve-se a média da variável reduzida (Yn) considerando uma série de 65 anos de dados observados, obtendo-se um valor de desvio padrão de 1,16 e média da variável reduzida de 0,55 com base na Tabela 7.

**Tabela 7 - Média da variável reduzida e desvio padrão para diferentes anos de observação.**

| N  | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 150  | 200  | ∞    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Yn | 0,52 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,55 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| Sn | 1,06 | 1,11 | 1,14 | 1,16 | 1,17 | 1,19 | 1,19 | 1,2  | 1,21 | 1,23 | 1,24 | 1,28 |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

A moda dos valores extremos (Xf) foi determinada considerando a série de 65 anos de dados observados, os valores de média e desvio padrão da precipitação máxima diária anual que foram de 87,5mm e 23,6 respectivamente. Assim, determinou-se Xf equivalente a 76,46.

Por fim, para determinar as precipitações máximas diárias referente a cada um dos períodos de retorno utilizou-se os valores da variável reduzida (Yn) da Tabela 2, a moda dos valores extremos (Xf) calculada anteriormente, o desvio padrão adotado (Sn) e aplicou-se a seguinte equação:

$$X = \frac{(Y \cdot Sn + Sn \cdot Xf)}{Sn}$$

Onde:

X = Precipitação máxima diária (mm)

Y = Variável reduzida

Xf = Moda dos valores extremos

Sn = Desvio padrão

A chuva de projeto foi determinada considerando fator de correção ( $P_a/P_o$ ) igual a 0,78 e a fórmula de Paulhus:

$$P_a = P_o \left(1 - \frac{W \log A}{A_b}\right)$$

Onde:

$P_a$  = Precipitação médio (mm);

$P_o$  = Precipitação pontual (km<sup>2</sup>);

$W$  = tangente da curva que relaciona altura de chuva/área da bacia/tempo de duração;

$A$  = Área da bacia contribuinte (km<sup>2</sup>);

$A_b$  = Área da bacia padrão.

Assim, os valores de precipitação calculados são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8 - Chuva de projeto para diferentes períodos de retorno.**

| Período de retorno (anos) | Chuva real 1 dia distr. na bacia - $A_b$ (mm) | Virtual de 24 horas - P24H (mm) | Valores de R para Isozona (F) | Altura de Chuva P1H (mm) |
|---------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 100                       | 132,63  | 145,89                          | 0,385                         | 56,02                    |
| 500                       | 158,24  | 174,06                          | 0,38                          | 65,96                    |
| 1000                      | 169,12  | 186,03                          | 0,372                         | 69,2                     |
| 10000                     | 205,78  | 226,36                          | 0,362                         | 81,94                    |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

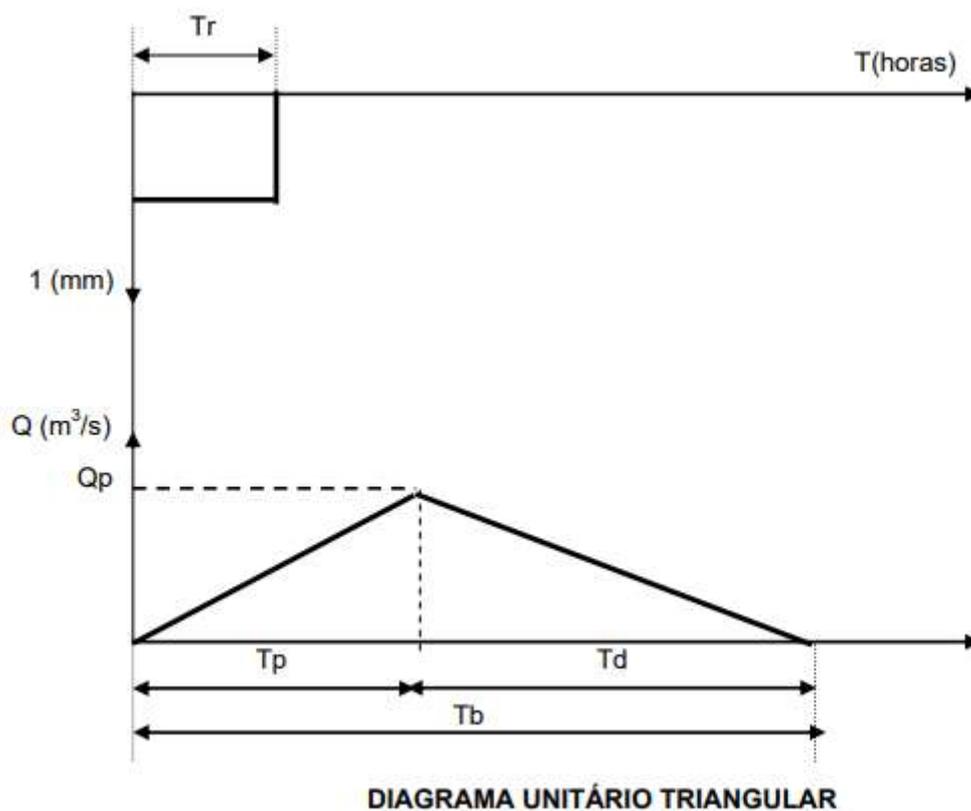


**Figura 8 - Curva PDF.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

d) Determinação do Hidrograma Afluente de Cheias

Para determinar o Hidrograma afluente de cheias, inicialmente determinou-se o Hidrograma Triangular Unitário que, em seguida, foi aplicado com os valores e precipitação efetiva calculadas. A Figura 9 apresenta o comportamento típico de um Hidrograma Triangular Unitário.



**Figura 9 - Hidrograma Triangular Unitário característico.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

Para o Hidrograma Triangular Unitário, torna-se necessário calcular alguns valores de tempo. A seguir, são definidos cada um dos tempos calculados conforme Tucci (2009) bem como as equações usadas para calculá-los.

- Tempo de concentração

Tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia, deslocar-se até a seção principal. Esse tempo é definido também como o tempo entre o fim da precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma.

$$T_c = 57 \cdot \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

Tc = Tempo de concentração (min);

L = Comprimento do rio (Km);

H = Diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e a seção principal.

- Tempo de Base

Tempo entre o início da precipitação e aquele em que a precipitação ocorrida já escoou através da seção principal, ou que o rio volta às condições anteriores a da ocorrência da precipitação.

$$Tb = 2,67 . Tp$$

Onde:

Tb = Tempo de base

- Tempo de Pico

É definido como o intervalo entre o centro de massa da precipitação e o tempo da vazão máxima.

$$Tp = 0,6 . Tc + 0,5 . Tr$$

Onde:

Tp = Tempo de pico (min);

- Tempo de duração unitária

$$Tr = \frac{1}{5} * Tc$$

Onde:

Tr = Tempo de duração unitária da chuva (min);

Com as variáveis acima calculadas, a seguinte equação pode ser aplicada para calcular a vazão de pico considerando a precipitação unitária igual a 1mm.

$$Qp = \frac{(2 . Pc . Ab)}{Tb}$$

Onde:

Qp = Vazão de pico (m<sup>3</sup>/s);

Pc = Precipitação Unitária ();

Ab = Área da bacia hidrográfica.

Os parâmetros calculados para o Hidrograma Triangular Unitário estão dispostos a seguir:

**Tabela 9 - Parâmetros do Hidrograma Triangular Unitário utilizado.**

| Parâmetro                 | Sigla | Valor | Unidade           |
|---------------------------|-------|-------|-------------------|
| Tempo de Concentração     | Tc    | 1,24  | horas             |
| Tempo de duração unitária | Tr    | 0,25  | hora              |
| Tempo de pico             | Tp    | 0,868 | hora              |
| Tempo de base             | Tb    | 2,31  | horas             |
| Vazão de pico             | Qp    | 7,1   | m <sup>3</sup> /s |
| Precipitação Unitária     | Pc    | 0,001 | m                 |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

Para determinar a precipitação efetiva, utilizou-se a equação proposta pelo U.S Soil Conservation Service (SCS), considerando um coeficiente N igual a 68 devido as características do solo e da vegetação.

$$Pc = \frac{\left(P - \frac{5080}{N} + 50,80\right)^2}{\left(P + \frac{20320}{N} - 203,2\right)}$$

Onde:

Pc = Precipitação Excessiva (mm);

P = Precipitação Total (mm);

N = Número de defluxo.

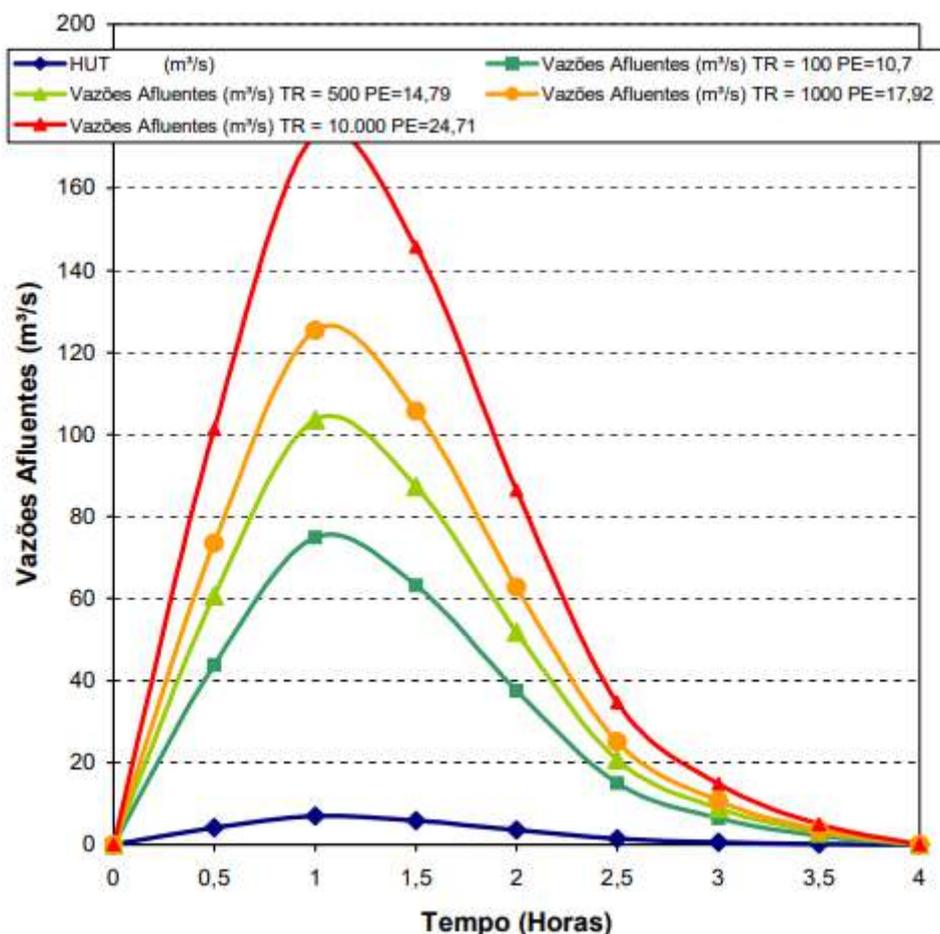
Por fim, o Hidrograma Triangular Unitário foi aplicado com os valores de precipitação efetiva para tempos de retorno de 100, 500, 1000 e 10.000 anos para determinar as vazões afluentes. A Tabela 10 e a Figura 10 mostram os resultados obtidos.

**Tabela 10 - Dados do hidrograma afluente de cheias para diferentes tempos de retorno.**

| HUT (m <sup>3</sup> /s) | Vazões Afluentes (m <sup>3</sup> /s) |                               |                               |                                |
|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|                         | TR = 100 anos<br>PE= 10,7mm          | TR = 500 anos<br>PE= 14,79 mm | TR = 1000 anos<br>PE= 17,92mm | TR = 10000 anos<br>PE= 24,71mm |
| 0                       | 0,00                                 | 0,00                          | 0,00                          | 0,00                           |
| 4,1                     | 43,87                                | 60,64                         | 73,47                         | 101,31                         |
| 7                       | 74,90                                | 103,53                        | 125,44                        | 172,97                         |
| 5,9                     | 63,13                                | 87,26                         | 105,73                        | 145,79                         |
| 3,5                     | 37,45                                | 51,77                         | 62,72                         | 86,49                          |
| 1,4                     | 14,98                                | 20,71                         | 25,09                         | 34,59                          |
| 0,6                     | 6,42                                 | 8,87                          | 10,75                         | 14,83                          |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 0,2 | 2,14 | 2,96 | 3,58 | 4,94 |
| 0   | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.



**Figura 10 - Hidrograma afluente de cheias em tempos de retorno.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

#### 1.4.4 RESERVATÓRIO

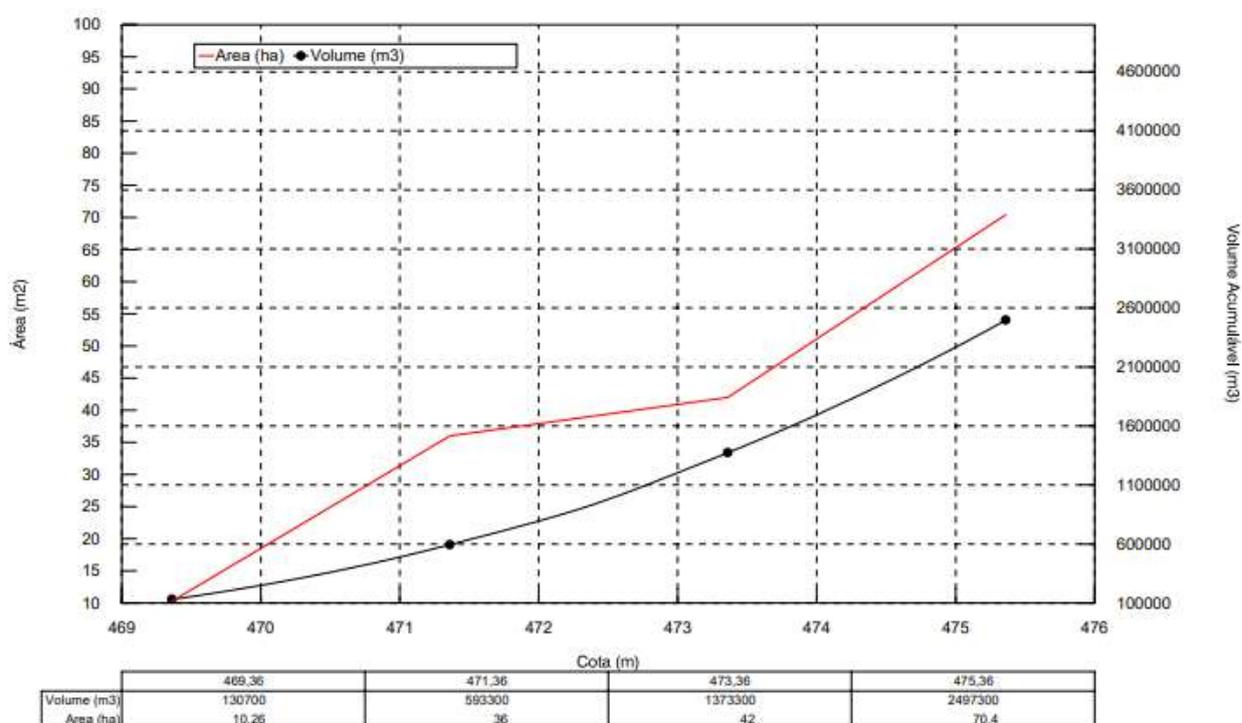
O reservatório foi dimensionado de acordo com os estudos da SERVEAL – Serviços de Engenharia do Estado de Alagoas – Ampliação do Abastecimento de Água de Palmeira dos Índios pela Transposição das Águas do Riacho Caçamba – Junho/2004; o reservatório acumulará um volume de 2.497.300 m<sup>3</sup> na cota 475,36 com um volume afluente e 8,35 hm<sup>3</sup> /ano o que garantirá o atendimento a uma demanda de 132 l/s (475,2 m<sup>3</sup>/h), que representa 50% da regularização da bacia Caçamba/Paquevira em Dois Braços.

As cotas características de exploração são apresentadas na Tabela 11 e as curvas cota x área x volume estão dispostas na Figura 11.

**Tabela 11 - Cotas características do reservatório.**

| Cotas Características          |        |
|--------------------------------|--------|
| Nível Mínimo                   | 463,5m |
| Nível Máximo Normal (NMN)      | 475,4m |
| Nível Máximo Maximorum (NMM)   | 476,9m |
| Nível Máximo Operacional (NMO) | 463,0m |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.



**Figura 11 - Curva cota x área x volume.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

#### 1.4.5 ÓRGÃOS EXTRAVASSORES

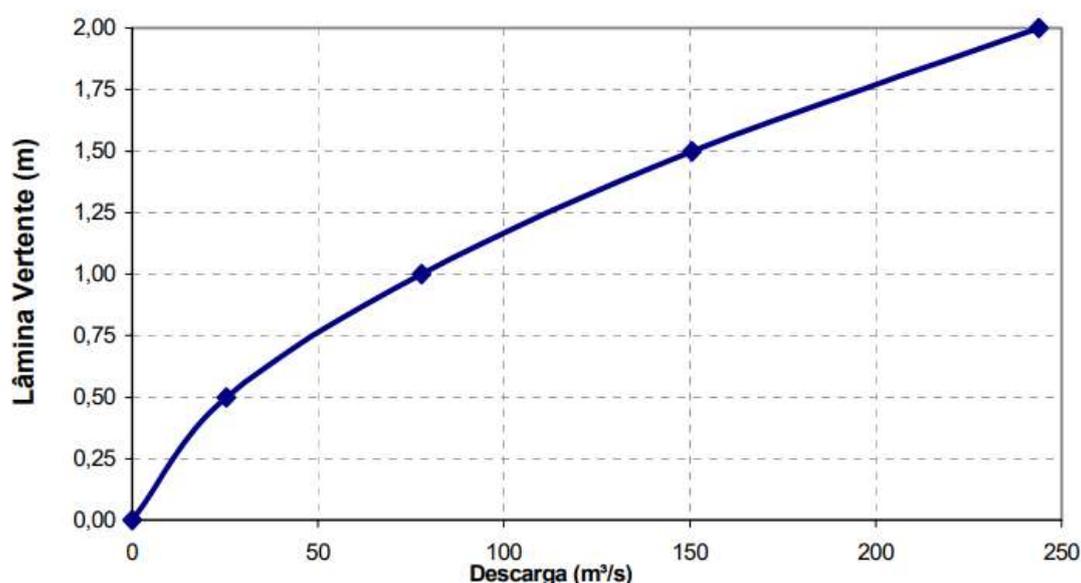
Os órgãos extravassores da Barragem Caçamba são compostos por um vertedouro de superfície em perfil creager, com soleira fixa em forma de L, uma descarga de fundo e a tomada d'água é realizada por captação superficial flutuante.

O vertedouro projetado é do tipo gravidade e consiste em um maciço de concreto simples em perfil creager e soleira fixa em forma de "L". A seguir, é apresentada a curva de vazão do vertedouro.

**Tabela 12 - Dados da curva do vertedouro.**

| H(m) | H/Ho   | C/Co   | C      | L(ft)  | Q (cfs) | Q(m <sup>3</sup> /s) |
|------|--------|--------|--------|--------|---------|----------------------|
| 0,5  | 0,4389 | 0,9088 | 3,4211 | 124,64 | 895,54  | 25,3600              |
| 1    | 0,8778 | 0,9854 | 3,7095 |        | 2746,56 | 77,7800              |
| 1,5  | 1,3167 | 1,0387 | 3,9101 |        | 5318,57 | 150,6100             |
| 2    | 1,7556 | 1,0927 | 4,1137 |        | 8614,73 | 243,9500             |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.



**Figura 12 - Curva de vazão do vertedouro.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

Compondo o sangradouro tem-se um canal de aproximação sem revestimento, canal de restituição de piso de concreto armado ancorado e muros laterais de proteção em concreto simples, que libera o fluxo em uma bacia de amortecimento de enrocamento  $\phi \geq 1,50$  m. A cota da soleira do Sangradouro é 475,5m e a localização dele é entre as estacas 27+2,94 a 28.

A descarga de fundo da Barragem Caçamba é feita por meio de uma tubulação de ferro fundido com diâmetro de 400mm, extensão de 102m, cota do eixo de 462,2m e localização na estaca 20. A vazão mínima desse dispositivo é de 0,311m<sup>3</sup>/s para uma

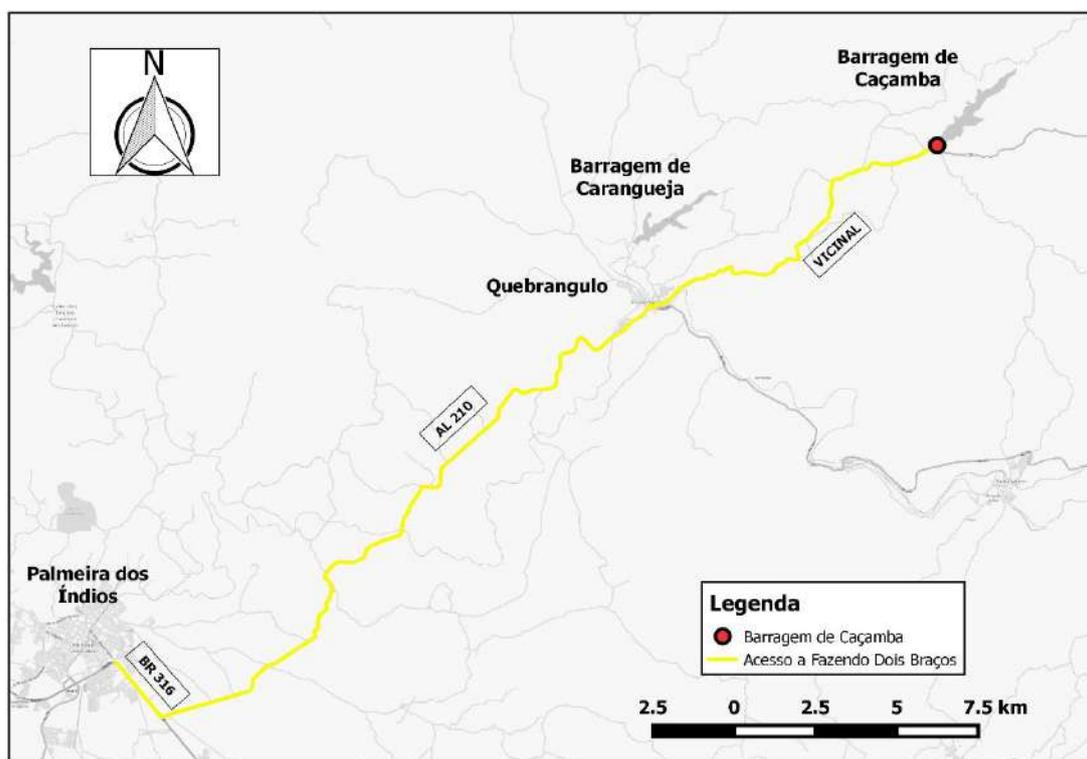
altura d'água de 1,0m e a vazão máxima é de 1,327m<sup>3</sup>/s para uma altura d'água de 14,4m.

A vazão dimensionada por projeto condiz a 100 l/s (360 m<sup>3</sup>/h). Atualmente, a captação é realizada por meio de uma estrutura metálica flutuante, composta por 01 (uma) moto bomba, com vazão de 94,8 l/s (341,28 m<sup>3</sup>/h).

#### 1.4.6 ACESSO A BARRAGEM

O Barragem Caçamba se localiza na Fazenda Dois Braços a cerca de 12 km do município de Quebrangulo. O acesso ao local se dá através da rodovia BR 316 (asfaltada) no sentido Palmeira dos Índios/Maceió até o entroncamento com a rodovia AL 210 (asfaltada) e por ela segue-se até Quebrangulo. Em seguida, toma-se uma estrada vicinal do município (de barro e piçarra) até alcançar a Fazenda Dois Braço.

A Figura 13 apresenta um mapa de acesso ao local do Barramento.



**Figura 13 - Planta de acesso a Barragem Caçamba.**

Fonte: Autor/ Waze.

#### 1.4.7 VISTORIAS POSTERIORES A OPERAÇÃO

No ano de 2009 a obra foi construída. Em 2010, foram detectadas o surgimento de fissuras longitudinais no coroamento da barragem, paralelas ao eixo, com abertura variável (1-8cm), verticais e planas de pequena profundidade.

Em 2011, foi realizado relatório de Inspeção Técnica por consultoria externa (GEOTECH Engenharia), o qual recomendou que as fendas que porventura venham surgir no coroamento, de imediato, sejam preenchidas com calda de água/cimento, na proporção 3:1.

Em 2013, fora realizada nova inspeção técnica por consultoria externa (GEOTECH Engenharia), onde recomendou que o preenchimento das fendas seja feito com calda de água/cimento/betonita, com pressão máxima de  $0,1\text{kgf/cm}^2$ , em furos espaçados a cada 3,0m ao longo da extensão da fenda.

Em janeiro de 2014, a empresa contratada REITEC deu início aos trabalhos de recuperação das fendas e concluiu em junho do mesmo ano. Em março de 2017, foi constatada a reabertura das fendas como novas surgiram.

Assim, face ao caráter recorrente da anomalia, foi realizado um estudo detalhado por parte da empresa contratada GEOTECH Engenharia, no sentido de identificar as causas e fazer as correções para garantir a manutenção das premissas básicas do projeto: Estabilidade, Estanqueidade e Erodibilidade. Este relatório técnico consta: reabilitação e monitoramento do barramento, respostas aos tratamentos realizados no período 2010-2019, conclusão da anomalia que resulta no surgimento das fendas e fissuras recorrentes no maciço terroso. O mesmo, encontra-se nos arquivos da Supervisão de Monitoramento de Barragens – SUPMOB, e uma cópia vai anexo ao presente PSB Caçamba.

### 1.4.8 ESTUDOS SÍSMICOS

Conforme o item 4.2.3.1.1.b.2.1.1. SÍSMICA (ESTUDOS BÁSICOS 2005) do Relatório Técnico elaborado pela empresa GEOTECH Engenharia, segue abaixo tabela dos Estudos Sísmicos no entorno da Barragem Caçamba.

**Tabela 13 – Estudos Sísmicos.**

#### 4.2.3.1.1.b.2. PARAMETRIZAÇÃO

##### 4.2.3.1.1.b.2.1. GEOMECÂNICA

##### 4.2.3.1.1.b.2.1.1. SÍSMICA (ESTUDOS BÁSICOS 2005)

| SONDAGEM | CAMADA | GAMA  | VP   | VS   |
|----------|--------|-------|------|------|
| SS-01    | 1      | 12,70 | 380  | 200  |
|          | 2      | 23,80 | 2800 | 1480 |
|          | 3      | 26,70 | 4700 | 2600 |
| SS-02    | 1      | 12,70 | 470  | 245  |
|          | 2      | 23,80 | 3950 | 2100 |
| SS-03    | 1      | 12,70 | 390  | 220  |
|          | 2      | 23,80 | 2100 | 1180 |
|          | 3      | 26,70 | 3300 | 1760 |

GEOTECH – Estudos Básicos (2005)

##### 4.2.3.1.1.b.2.1.2. MÓDULOS ELÁSTICOS DINÂMICOS/COEF. DE POISSON

| E      | K      | G      | POISSON | UNIDADES |
|--------|--------|--------|---------|----------|
| 136    | 118    | 52     | 0,31    | MPa      |
| 13.896 | 11.947 | 5.320  | 0,31    | MPa      |
| 47.131 | 35.627 | 18.418 | 0,28    | MPa      |
| 204    | 183    | 78     | 0,31    | MPa      |
| 27.910 | 23.612 | 10.710 | 0,30    | MPa      |
| 159    | 113    | 63     | 0,27    | MPa      |
| 8.584  | 6.201  | 3.382  | 0,27    | MPa      |
| 21.963 | 18.417 | 8.439  | 0,30    | MPa      |

E – Elasticidade; K – Incompressibilidade; G – Rigidez ou Cisalhamento,  $\mu$  - Coef. de Poisson (ad)

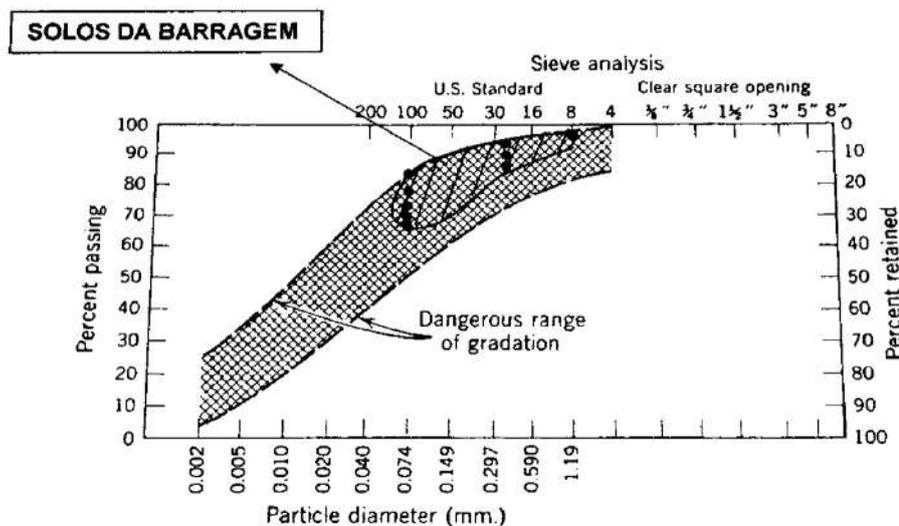
GEOTECH – Estudos Básicos (2005)

### 1.4.9 SUSCETIBILIDADE AO FRATURAMENTO DOS SOLOS DA BARRAGEM

O item 4.2.3.2.2.5, presente no relatório técnico elaborado pela empresa contratada GEOTECH Engenharia, conforme visto na figura abaixo, demonstra a suscetibilidade da estrutura quanto ao fraturamento do solo.

**GEOTECH**  
Engenharia

#### 4.2.3.2.2.5. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO FRATURAMENTO



*Range of gradation of soils suspected to be most critical embankment materials from standpoint of cracking*

**Figura 14 – Classificação quanto ao Fraturamento.**

## 1.5 DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO

**Tabela 14 - Documentação da Barragem.**

|   |   |   |
|---|---|---|
| Tem relatório de estudos hidrológicos?                            | <input checked="" type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não            |
| Tem relatório de projeto do dimensionamento hidráulico?           | <input checked="" type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não            |
| Tem relatório do projeto estrutural?                              | <input checked="" type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não            |
| Tem relatório "como construído" (as built)?                       | <input type="checkbox"/> Sim            | <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| Tem curva cota x área x volume?                                   | <input checked="" type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não            |
| Tem manuais de instrução dos equipamentos hidromecânicos?         | <input type="checkbox"/> Sim            | <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| Tem manuais de procedimentos de operação?                         | <input type="checkbox"/> Sim            | <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| Tem manuais de procedimentos de manutenção?                       | <input type="checkbox"/> Sim            | <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| Há regra de operação do reservatório estabelecida?                | <input type="checkbox"/> Sim            | <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| Há procedimento escrito de teste das comportas do vertedouro?     | <input type="checkbox"/> Sim            | <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| Há procedimento escrito de teste das comportas da tomada de água? | <input checked="" type="checkbox"/> Sim | <input checked="" type="checkbox"/> Não |

Fonte: Autor.

## 1.6 USOS DA BARRAGEM

**Tabela 15 - Uso da Barragem.**

|   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Regularização de vazões    | <input type="checkbox"/> Navegação                        |   |
| <input type="checkbox"/> Combate às secas           | <input type="checkbox"/> Contenção de rejeitos            |   |
| <input type="checkbox"/> Defesa contra inundações   | <input type="checkbox"/> Recreação                        |   |
| <input type="checkbox"/> Hidrelétrica               | <input checked="" type="checkbox"/> Abastecimento de água |   |
| <input type="checkbox"/> Irrigação                  | <input type="checkbox"/> Piscicultura                     |   |
| <input type="checkbox"/> Proteção do meio ambiente  | <input type="checkbox"/> Outros:                          |   |
| Tem geração de energia?<br>Potência instalada (MW): | <input type="checkbox"/> Sim<br>_____(MW)                 | <input checked="" type="checkbox"/> Não |

Fonte: Autor.

## 1.7 REGRA OPERACIONAL DO RESERVATÓRIO

A Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL, utiliza a Barragem Caçamba para captação de água. O reservatório da Barragem Caçamba opera alimentando a ETA Caçamba, em sistema de captação por estrutura metálica flutuante, através de 01 Conjunto Moto Bomba, funcionando 24h/dia, com vazão de 341,28 m<sup>3</sup>/h. Onde, a partir de seu devido tratamento, abastece a Cidade de Palmeira dos Índios/AL.

## 1.8 DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem Caçamba foi classificada com base na categoria de risco médio e de dano potencial associado (DPA) alto, como classe A. Assim, o presente PSB é um documento formal em que estão estabelecidas as ações a serem executadas visando à manutenção da integridade física da barragem, bem como em caso de situação de emergência. (Conforme Figura 01, devidamente Preenchida na pág. 07).

## 1.9 FORMULÁRIO TÉCNICO DA BARRAGEM

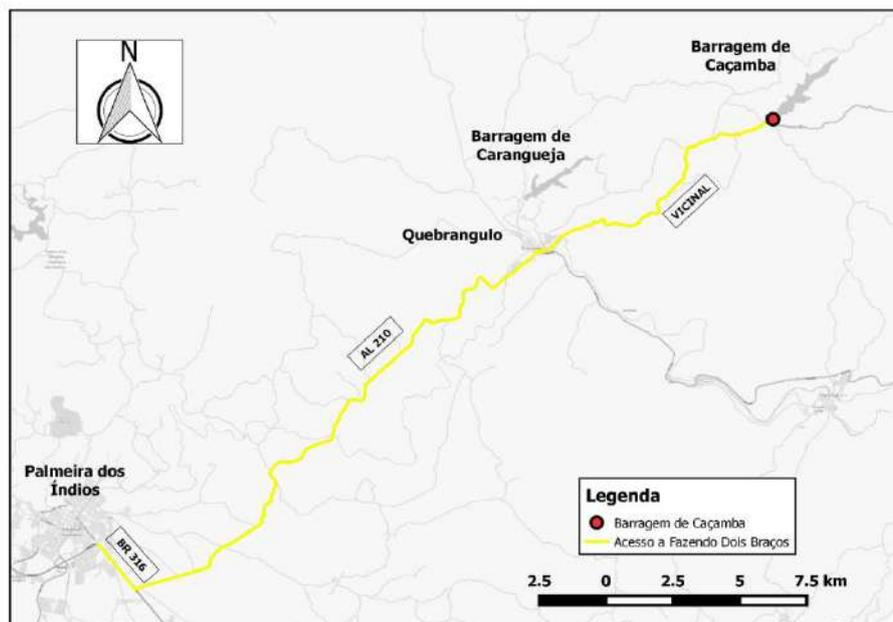
Conforme solicita o artigo 16, da Portaria nº 492, de 09 de Setembro de 2015, da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH/AL, o formulário técnico da barragem segue em anexo devidamente preenchido.

## 2. PLANOS E PROCEDIMENTOS:

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

A Barragem Caçamba é operada pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) e está localizada nos riachos Paquevira e Caçamba, pertencentes a bacia hidrográfica do rio Paraíba, na cidade de Quebrangulo/AL. O Barramento do reservatório está localizado no entorno das coordenadas 9°16'30.69" Sul e 36°23'34.52"Oeste (DATUM WGS 84), possuindo área de contribuição de 29,50 km<sup>2</sup>.

Atualmente a Barragem possui uma capacidade de acumulação de água de 2.497.300m<sup>3</sup>, uma extensão de 542,94m, coroamento com 6m de largura, inundando uma área de 70,4ha, com uma altura da fundação até a sua crista de 16,4m, todavia utiliza-se de uma altura útil de 14,4m. Detém uma captação de água flutuante por estrutura metálica, com 01 conjunto moto bomba, com uma vazão de 94,8 L/s (341,28 m<sup>3</sup>/h), 24h / dia, para abastecimento da cidade de Palmeira dos Índios/AL. Localização conforme a figura a seguir.



**Figura 15 - Planta de acesso a Barragem Caçamba.**

Fonte: Autor/ Waze.

O Regime de operação do reservatório é feito por controle manual. As principais características do reservatório estão contidas na Tabela Abaixo.

**Tabela 16 - Principais características do reservatório.**

| Índice                         | Valor  | Unidade         |
|--------------------------------|--------|-----------------|
| Nível Mínimo                   | 463,5m | m               |
| Nível Máximo Normal (NMN)      | 475,4m | m               |
| Nível Máximo Maximorum (NMM)   | 476,9m | m               |
| Nível Máximo Operacional (NMO) | 463,0m | m               |
| Área de contribuição           | 29,50  | km <sup>2</sup> |
| Capacidade total               | 2,4973 | hm <sup>3</sup> |

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

## 2.2 PLANO DE OPERAÇÃO

O Plano de Operação da barragem Caçamba estabelece os procedimentos a adotar na operação do reservatório, em especial na operação dos órgãos extravasores ou de descarga, de modo a garantir as condições de segurança das estruturas.

Deve ser mantido um Registro de Operação, contendo, entre outros elementos:

- Dados de níveis no reservatório e fluxos afluentes e efluentes, bem como manobras dos órgãos extravasores;
- Ocorrências significativas do ponto de vista da operação dos órgãos extravasores;
- Relatórios de operação, incluindo, principalmente, a análise dos aspectos referidos nos itens anteriores.

Também são apresentados o plano de Manutenção, o Plano de Monitoramento e Instrumentação, O planejamento das Inspeções de Segurança da Barragem e o Cronograma de Testes de Equipamentos Hidráulicos, Elétricos e Mecânicos.

### 2.2.1. ÓRGÃOS EXTRAVASORES

A Barragem Caçamba possui como órgãos extravasores: descarregador de fundo, extravasor de cheias (vertedouro superficial) e uma tomada d'água por captação flutuante.

### 2.2.1.1 DESCARREGADOR DE FUNDO

Para o cálculo da vazão da descarga de fundo usamos a fórmula de orifício na parede ou fundo do reservatório, através do qual sai a água contida no mesmo, mantendo-se o contorno completamente submerso, isto é, abaixo da superfície livre. Determinada pela equação:

$$Q = K_0 A_0 (2gh)^{0,5}$$

Onde:

- Q: Vazão da descarga (m<sup>3</sup>/s);
  - A<sub>0</sub>: Área da seção transversal do orifício (m<sup>2</sup>);
  - g: Aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);
  - h: Altura da água sobre a geratriz superior da tubulação (m);
  - K<sub>0</sub>: Coeficiente de descarga do orifício (adimensional).
- O coeficiente de descarga médio de um orifício é K<sub>0</sub> = 0,62

O Descarregador de fundo da Barragem Caçamba, consiste de um Vertedor Tubular, localizado na estaca 20, produzido em ferro fundido (fofo) com diâmetro de 400mm, extensão de 102m, na cota do eixo de 462,2m. A vazão mínima desse dispositivo é de 0,311m<sup>3</sup>/s para uma altura d'água de 1,0m e a vazão máxima desse dispositivo é de 1,327m<sup>3</sup>/s para uma altura d'água de 14,4m. Conforme Tabela 15.

**Tabela 15 – Vazões da Descarga de Fundo.**

|   |          |
|---|----------|
| Comprimento da Tubulação - L (m) =        | 110      |
| μ =                                       | 1,00E-06 |
| Diâmetro da Tubulação (m) =               | 0,4      |
| Area da Seção do Tubo (m <sup>2</sup> ) = | 0,126    |

| Diferença de Nível (m) | RE(f) <sup>0,5</sup> | f      | Q (m <sup>3</sup> /s) | Q (m <sup>3</sup> /h) | V (m/s) |
|------------------------|----------------------|--------|-----------------------|-----------------------|---------|
| 14,4                   | 4,05E+05             | 0,0092 | 1,327                 | 4.776,38              | 10,56   |
| 14,0                   | 4,00E+05             | 0,0092 | 1,307                 | 4.704,04              | 10,40   |
| 12,0                   | 3,70E+05             | 0,0094 | 1,202                 | 4.327,07              | 9,56    |
| 10,0                   | 3,38E+05             | 0,0095 | 1,089                 | 3.919,80              | 8,66    |
| 8,0                    | 3,02E+05             | 0,0097 | 0,965                 | 3.472,86              | 7,68    |
| 7,0                    | 2,83E+05             | 0,0098 | 0,897                 | 3.230,02              | 7,14    |
| 6,0                    | 2,62E+05             | 0,0099 | 0,825                 | 2.970,60              | 6,57    |
| 5,0                    | 2,39E+05             | 0,0101 | 0,747                 | 2.690,38              | 5,95    |
| 4,0                    | 2,14E+05             | 0,0103 | 0,662                 | 2.382,93              | 5,27    |
| 3,0                    | 1,85E+05             | 0,0106 | 0,566                 | 2.037,53              | 4,50    |
| 2,0                    | 1,51E+05             | 0,0109 | 0,454                 | 1.633,54              | 3,61    |
| 1,0                    | 1,07E+05             | 0,0117 | 0,311                 | 1.118,71              | 2,47    |

Onde:

$$R_E (f)^{0,5} = D/\mu (2gD\Delta H/L)^{0,50}$$

$$f = (-2 \cdot \log(2,51/Re(f)^{0,5}))^{-2}$$

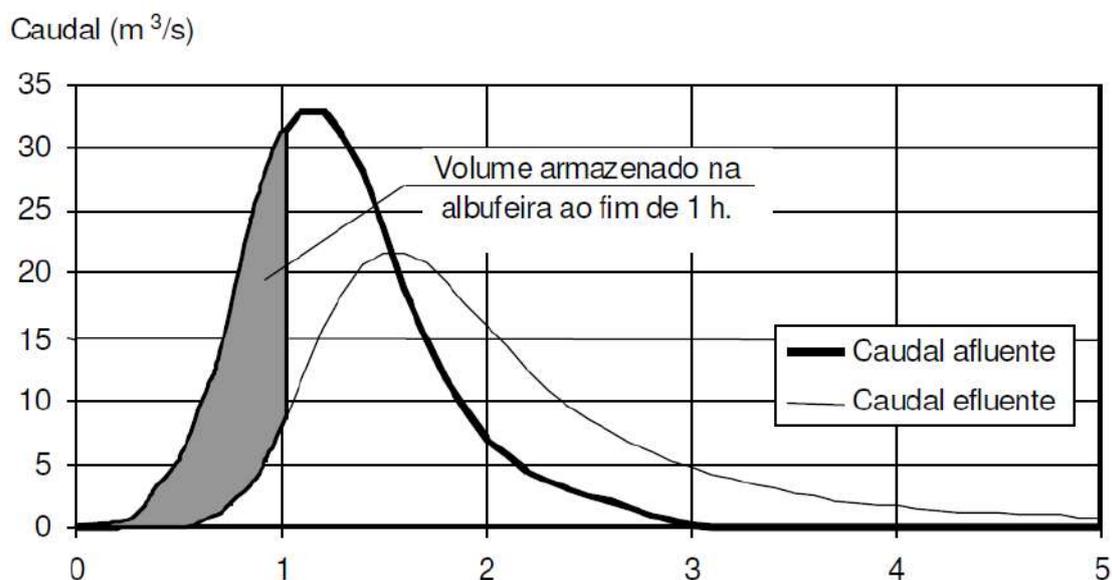
$$Q = (\pi^2 D^5 g \Delta H / (8 f L))^{0,50}$$

### 2.2.1.2 O EXTRAVASOR DE CHEIAS (VERTEDOR DE SUPERFÍCIE)

- Vertedouro de Superfície – Sistemas de Drenagem das Estruturas

Se o objetivo da análise de cheias for à concepção do descarregador de cheias de uma barragem que promova o amortecimento de ondas de cheias, será necessário conhecer, não só o caudal de ponta da cheia afluente, mas também o volume da respectiva onda de cheia. De fato, o amortecimento de ondas de cheia numa barragem tem por objetivo diminuir o máximo caudal efluente através do descarregador de cheias relativamente ao máximo caudal afluente à barragem.

Tal diminuição só é possível se parte do volume afluente à barragem for armazenado nesta e descarregado para jusante de um modo mais gradual do que aquele como aflui, ou seja, com diferimento no tempo. No caso de uma barragem munida de um descarregador de superfície com descarga livre, isto é, não controlada por comportas, o amortecimento de ondas de cheia conduz a hidrogramas afluentes e efluentes do tipo esquematizado na figura 16 a seguir.

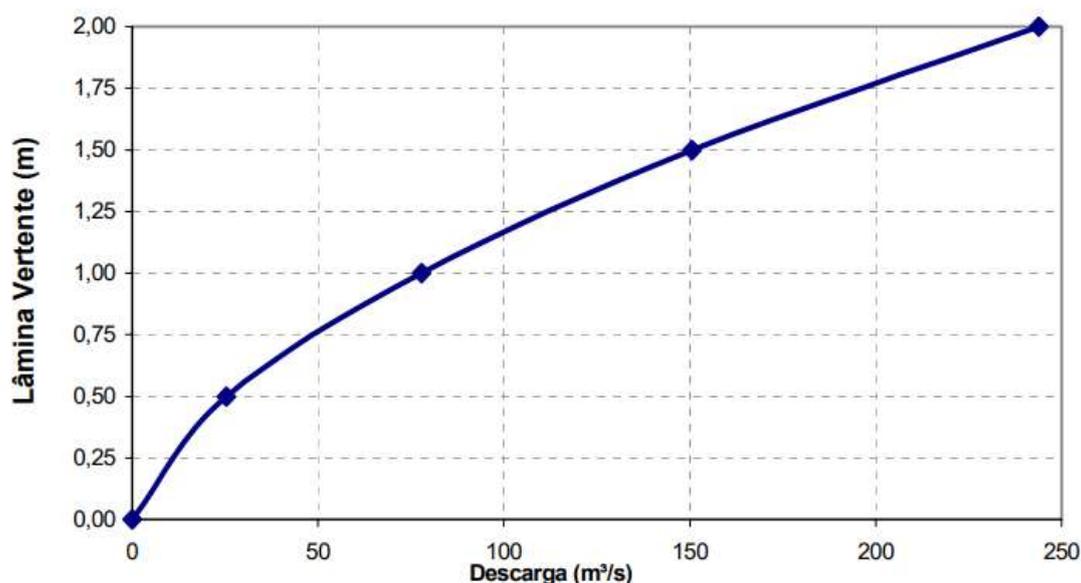


**Figura 16 – Hidrogramas de cheia de afluente e efluente**

Fonte: Modelação Hidrológica – Maria Manoela Portela, 2007-2008.

O extravasor de cheias da Barragem Caçamba está localizado no corpo da mesma, mais especificamente entre as estacas 27+2,94 a 28. É do tipo gravidade e consiste em um maciço de concreto simples em perfil Creager e soleira fixa em forma de "L" e largura de 30m. Composto tem um canal de aproximação sem revestimento, canal de restituição de piso de concreto armado ancorado e muros laterais de proteção em concreto simples, que libera o fluxo em uma bacia de amortecimento de enrocamento  $\phi \geq 1,50$  m. Com uma vazão máxima de afluente de  $125 \text{ m}^3/\text{s}$ , para  $Tr = 1000$ .

Levando-se em consideração as premissas relatadas anteriormente, para a barragem da Caçamba, o Volume Afluente total para a mesma é de  $2.497.300 \text{ m}^3$ , com uma vazão máxima afluente de  $125 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Tr: 1000$ ). Conforme os dados na figura 17 a seguir.



**Figura 17 - Curva de vazão do vertedouro.**

Fonte: GAMA ENGENHARIA/GEOTECH ENGENHARIA.

**Tabela 17 - Dados da curva do vertedouro.**

Largura do Sangradouro -  $L = 30,0 \text{ m}$  Carga de Dimensionamento:  $1,5 \text{ m}$   $C_o = 3,76$   $H_o = 1,14 \text{ m}$

| H(m) | H/Ho   | C/Co   | C      | L(ft)  | Q (cfs) | Q( $\text{m}^3/\text{s}$ ) |
|------|--------|--------|--------|--------|---------|----------------------------|
| 0,5  | 0,4389 | 0,9088 | 3,4211 | 124,64 | 895,54  | 25,3600                    |
| 1    | 0,8778 | 0,9854 | 3,7095 |        | 2746,56 | 77,7800                    |
| 1,5  | 1,3167 | 1,0387 | 3,9101 |        | 5318,57 | 150,6100                   |
| 2    | 1,7556 | 1,0927 | 4,1137 |        | 8614,73 | 243,9500                   |

### 2.2.1.3 TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água da barragem Caçamba é feita por uma estrutura metálica flutuante, composta por 01 moto bomba que capta cerca de 94,8 L/s (341,28 m<sup>3</sup>/h), no regime de 24h/dia.

### 2.2.2 EQUIPAMENTOS DE EMERGÊNCIA

Não foi identificada iluminação no paramento de jusante, no vertedouro, no registro de descarga, nem nos encontros laterais da barragem, de tal sorte, que se recomenda à instalação de iluminação em todas às áreas citadas e no acesso principal da barragem. Deve ser previsto no ponto de entrada de energia elétrica, dispositivo que permita a ligação do gerador de emergência. O quadro auxiliar deve possuir sistema de comutação normal/recurso, permitindo selecionar a alimentação elétrica a partir da rede ou do gerador de emergência. Prever base de concreto ou em chapas metálicas para serem utilizadas como bases para os grupos geradores.

### 2.2.3 MEDIDAS DE PROTEÇÃO PÚBLICA

A Casal deve delimitar e sinalizar as áreas que possam ser influenciadas pelo funcionamento das tomadas de água, dos vertedouros e órgãos extravasores, nas quais não devem ser permitidas atividades, tais como pesca, banhos ou outras, além das relativas à operação do aproveitamento. Além disso, devem ser instalados dispositivos que impeçam o acesso de pessoas alheias ao serviço em todas as áreas da barragem, da área de entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos em que se considere aconselhável, seja por razões de operação, de segurança pessoal ou de precaução contra atos de vandalismo. As placas de medidas de proteção pública necessitam ser verificadas todos os meses.

## 2.3 PLANO DE MANUTENÇÃO

Segundo Slack et. al. (2008) a literatura enfatiza que o termo manutenção “é usado para abordar a forma pela qual, as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas”. Por isso, é primordial em todas as atividades de operação e produção, por estar vinculada diretamente a todos os tipos de máquina, equipamentos, veículos e instalações físicas, além de prezar pela integridade física de seus usuários.



**Figura 18 – Plano de Manutenção**

### 2.3.1. MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS E DOS EQUIPAMENTOS

A Agência Nacional de Águas (ANA), regulamenta a manutenção das estruturas e equipamentos, incluindo regras, procedimentos, registros e responsabilidades, com o objetivo de assegurar que a barragem, suas estruturas e equipamentos sejam mantidos em condições totalmente operacionais e seguras. Com isso, devem ser organizados planos de manutenção, procurando-se, minimizar condicionamentos a operação.

Os equipamentos devem ser inspecionados e verificados a intervalos regulares, devendo ser adotado um tipo de manutenção adequado à sua quantidade e complexidade, bem como à sua importância operacional.

A manutenção dos equipamentos pode ser do tipo preventivo, com as vistorias e operações de rotina, ou em intervenções após diagnóstico, do tipo melhorativo ou do tipo corretivo.

O Plano de Manutenção inclui:

- Procedimentos e requisitos de manutenção das diversas estruturas, incluindo a barragem, órgãos extravasores e de operação, casa de força e outras estruturas, inclusive em madeira e condutos;
- Procedimentos de manutenção dos equipamentos, incluindo a respectiva instrumentação;
- Regras de manutenção das estruturas e dos equipamentos.

Os Registros de Manutenção das estruturas e dos equipamentos incluem:

- Relatórios das ações de manutenção das estruturas;
- Relatórios sucintos das modificações efetuadas no âmbito de ações de manutenção;
- Relatórios de comportamento dos equipamentos, incluindo relato de avarias;
- Relatórios de alterações e modernização de equipamentos;
- Registros dos testes de equipamentos

No quadro abaixo, resume-se o conteúdo dos Planos e Registros de Manutenção das Estruturas e Equipamentos.

**Tabela 18 – Manutenção das estruturas e dos equipamentos**

| <b>Planos de Manutenção:</b>   |
|--|
| Procedimentos e requisitos de manutenção da barragem, órgãos extravasores e de operação, outras estruturas e condutos. |
| Procedimentos de manutenção dos equipamentos, incluindo a respectiva instrumentação.                                   |
| Regras de manutenção das estruturas e dos equipamentos.  |
| <b>Registros de Manutenção:</b>  |
| Relatórios das ações de manutenção das estruturas.   |
| Relatórios sucintos das modificações efetuadas no âmbito de ações de manutenção.                                       |
| Relatórios de comportamento dos equipamentos, incluindo relato de avarias.   |
| Relatórios de alterações e modernização de equipamentos.   |
| Registros dos testes de equipamentos.  |

As equipes de manutenção, inspeção e reparação são responsáveis por conhecer às instruções de manutenção e propor melhorias dos procedimentos e instruções de trabalho. Assim, devem ter acesso, em meio físico, aos manuais das máquinas e equipamentos, fichas de registro de manutenção, aos livros de registros, instruções de trabalho e normativos de segurança no trabalho. É dever da equipe de manutenção estudar as instruções de trabalho e colaborar com o calendário das manutenções das tubulações, máquinas e equipamentos.

### 2.3.2 MANUTENÇÃO DAS BARRAGENS DE ATERRO

Tratando-se de barragens de aterro, como se enquadra a Caçamba, deve ser observado preventivamente para ser feita manutenção corrente, as seguintes estruturas da barragem:

- Crista do Barramento (Coroamento);
- Talude de Montante (Rip-Rap);
- Talude de Jusante e áreas adjacentes;
- Drenagem das Ombreiras (Escoamento Superficial);
- Órgãos Extravassores (vertedouro, descarga de fundo, bacia de dissipação);
- Reservatório (Presença de materiais flutuantes, plantas aquáticas, etc.)

Destaca-se a importância de se manter o controle do assoreamento junto às entradas dos órgãos extravassores, assim como, o controle de materiais flutuantes no reservatório e a retirada da vegetação excessiva no entorno do barramento. Isto se dá, em virtude dos períodos de cheias, onde podem ocorrer sérios problemas quanto à percolação dos fluidos e a força de arrasto nos setores de escoamento das águas.

A tabela 19 do Item 2.3.2.3, demonstra um cronograma com as estruturas importantes e seus principais tópicos os quais devem ser analisados, juntamente com o período (meses) que cada item deve ter sua manutenção realizada, se necessário.

### 2.3.2.1 PRINCIPAIS ANOMALIAS BARRAGEM CAÇAMBA

Tratando-se da Barragem Caçamba desde seu primeiro enchimento em 2010, até a presente data, foram identificadas fendas e fissuras no topo de seu coroamento. Em abril de 2013, após inspeção realizada, foi sugerido que o preenchimento dessas fendas seja feito com calda de água/cimento/betonita, com pressão máxima de 0,1kgf/cm<sup>2</sup> em furos espaçados a cada 3,0m ao longo da extensão da fenda. Com isso, em junho de 2014, foi contratada empresa especializada e os trabalhos recomendados foram executados. Todavia, em março de 2017, as fendas reabriram bem como novas surgiram. Assim, foi contratada empresa especializada para detectar através de sondas, sondagens e estudos específicos, quais as reais causas das fissuras e fendas. Em Fevereiro de 2020, foi entregue relatório técnico elaborado pela empresa contratada GEOTECH Engenharia, onde foi concluído que:

*" Item 6.0 Conclusões:*

*– A remoção da camada de proteção (cascalhinho) induz e acelera o aparecimento de fendas e fissuras por perda de umidade.*

*- Combinação dos fatores clima quente e seco x rebaixamento do nível d'água do reservatório (consumo e evaporação), material de construção do aterro – silte argiloso com areia fina, e compactação com umidade abaixo da ótima (ramo seco), em nosso entendimento são as causas da anomalia em estudo.*

*– As tensões induzidas no topo do talude, podem contribuir no alargamento da abertura das fendas.*

*– Recalque do maciço terroso e/ou fundação, bem como a ruptura de taludes, em nosso entendimento não originam as fendas ocorrentes."*

Dessa forma, com base na conclusão do relatório técnico da empresa contratada supracitada, foi constatado que não há recalque do maciço terroso e/ou fundação, nem a ruptura de taludes, onde os problemas das fissuras e fendas no topo de seu coroamento se dar pelo furto da camada de proteção (cascalhinho) do solo existente em seu coroamento. Assim, a CASAL tomará as devidas providências no sentido de combater tal furto e zelar pela boa conservação do local.

### 2.3.2.2 ANOMALIAS FREQUENTEMENTE PRESENTES EM BARRAGENS DE ATERRO

Entre as anomalias que mais frequentemente se verificam, quer na fundação quer no corpo das barragens de aterro, que poderão exigir trabalhos de reparação (ICOLD, 1994), podem referir-se a:

- a) Erosão interna ou superficial, originando surgências, galgamentos, etc.;
- b) Perda de resistência dos solos e das rochas, com o desenvolvimento de fissuras;
- c) Instabilidade dos taludes dos paramentos;
- d) Deformação excessiva produzindo depressões, nomeadamente, recalques e afundamentos;
- e) Deficiências nas proteções dos taludes de montante e de jusante;
- f) Crescimento excessivo da vegetação;
- g) Buracos abertos por animais.

De salientar que muitas anomalias verificadas nas barragens de aterro e sua fundação são consequências de fenômenos de erosão interna, que são uma das causas principais de incidentes e rupturas, em especial, nas barragens mais antigas (ICOLD, 2013).

Deverá ser necessário **intervenções de emergência** em situações, tais como:

- O aterro está prestes a ser galgado ou está galgando;
- O aterro está prestes a abrir uma brecha por erosão progressiva, por ruptura do talude, ou por outras circunstâncias;
- O aterro mostra sinais de "piping" evidenciados por águas de infiltração cada vez mais turvas ou outros sintomas;
- O aterro apresenta evidências de percolação excessiva, aparecendo água, ou o aterro está cada vez mais saturado, a água começa a sair cada vez em maior quantidade no talude de jusante;
- O vertedouro está bloqueado, existem restrições ao escoamento ou está inoperante.

Para o **reservatório**, os principais cenários de deterioração estão associados a problemas geológicos e geotécnicos e a problemas hidráulicos, nomeadamente:

- A estabilidade dos taludes, a sedimentação e assoreamento, a queda de grandes massas de rochas, a sismicidade induzida e, em alguns casos, a permeabilidade;
- O assoreamento e a qualidade da água, designadamente, associada a problemas de eutrofização e de salinização.

**Tabela 19 – Manutenção do Reservatório**

| 1. Principais anomalias:  |
|---|
| Instabilidade dos taludes, quedas de grandes massas de rochas das margens                             |
| Perda excessiva de água do reservatório   |
| Assoreamento e má qualidade da água   |
| 2. Ações de manutenção corrente:  |
| Controle do assoreamento junto às entradas dos órgãos de operação (extravadores)                      |
| Controle de materiais flutuantes, em especial junto às entradas dos órgãos extravadores e de operação |
| Medidas de controle do uso do solo nos casos de risco de salinização                                  |
| Revegetação ou corte de vegetação excessiva no entorno do reservatório                                |

### 2.3.2.3 CRONOGRAMA E AÇÕES DE MANUTENÇÃO CORRENTE EM BARRAGENS DE TERRA

**Tabela 20 – Cronograma de Manutenção Preventiva**

| Atividade de Manutenção Preventiva                                | Mês |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| <b>A – Crista da barragem</b>                                     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| A.1 - Reparação corrente de trincas devido à secagem              |     |   | X |   |   |   |   |   | X |    |    |    |
| A.2 - Regularização geométrica (correção do nivelamento).         |     |   | X |   |   |   |   |   | X |    |    |    |
| A.3 - Garantia da integridade da vedação (cercas)                 |     |   | X |   |   | X |   |   | X |    |    | X  |
| A.4 - Preenchimento de sulcos ligeiros e buracos pequenos         |     |   | X |   |   | X |   |   | X |    |    | X  |
| A.5 - Reparação do pavimento                                      |     |   | X |   |   |   |   |   | X |    |    |    |
| A.6 - Reparação do sistema de drenagem                            | X   | X | X | X | X | X | X | X | X | X  | X  | X  |
| A.7 - Corte de Vegetação  | X   |   | X |   | X |   | X |   | X |    | X  |    |
| <b>B – Talude de montante (rip-rap)</b>                           |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| B.1 - Arranque ou remoção de vegetação                            | X   |   | X |   | X |   | X |   | X |    | X  |    |
| B.2 - Recargas e regularização de material de proteção            |     |   |   |   |   |   |   |   | X |    |    |    |
| B.3 - Substituição de material degradado                          |     |   |   |   |   |   |   |   | X |    |    |    |
| B.4 - Manutenção da proteção vegetal (se existente) ou do rip rap |     |   |   |   |   |   |   |   | X |    |    |    |
| B.5 - Garantia da integridade da vedação (cercas)                 |     |   | X |   |   | X |   |   | X |    |    | X  |

| C – Talude de jusante e área adjacente                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C.1 - Corte de vegetação excessiva  |   |   | X |   |   |   |   |   | X |   |   |   |
| C.2 – Reparação do sistema de drenagem                                      | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C.3 – Colmatação de tocas e túneis de animais                               | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| C.4 – Vedação à passagem ou pastagem de animais                             |   | X |   |   | X |   |   | X |   |   | X |   |
| C.5 – Reparação dos acessos aos equipamentos e à instrumentação da barragem | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| D – Inserção do aterro nas ombreiras  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D.1 – Drenagem de escoamento superficial nas ombreiras                      | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| E – Contato do aterro com estruturas rígidas                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| E.1 – Reparação de sulcos e aberturas                                       |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |   | X |
| F – Canal de Aproximação  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F.1 – Limpeza de detritos e outros obstáculos                               | X |   | X |   |   |   |   |   | X |   | X |   |
| F.2 – Regularização geométrica  |   |   | X |   |   |   |   |   | X |   |   |   |
| F.3 – Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade              | X |   | X |   |   |   |   |   | X |   | X |   |
| G – Canal do Vertedouro   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| G.1 – Limpeza de detritos e outros obstáculos                               | X |   | X |   |   |   |   |   |   | X | X |   |
| G.2 – Regularização geométrica (soleira e taludes)                          |   |   | X |   |   |   |   |   |   | X |   |   |
| G.3 – Reparação de trincas e ravinamentos (soleira e taludes)               |   |   | X |   |   |   |   |   |   | X |   | X |
| G.4 – Reparação de trincas e deformações no contato com o terreno natural   |   |   | X |   |   |   |   |   |   | X |   |   |

|  |  |   |   |  |   |   |  |   |   |   |   |   |
|--|--|---|---|--|---|---|--|---|---|---|---|---|
| G.5 – Corte de vegetação arbustiva e de árvores na proximidade                           |  |   | X |  |   |   |  |   |   | X |   | X |
| <b>H – Bacia de Dissipação</b>   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |   |   |   |
| H.1 – Reparação de deterioração no concreto  |  | X |   |  |   |   |  |   |   | X |   |   |
| H.2 – Garantia de integridade da vedação (cerca)   |  | X |   |  | X |   |  | X |   |   | X |   |
| <b>I – Descarga de fundo e tomada d'água</b>   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |   |   |   |
| I.1 – Manuseio da comporta ou válvula de jusante   |  | X |   |  |   |   |  |   | X |   |   |   |
| I.2 – Reparo e/ou Manutenção das estruturas civis existentes (Válvulas, registros, etc.) |  |   | X |  |   |   |  |   |   | X |   |   |
| I.3 – Reparo e/ou recuperação das estruturas civis existentes                            |  |   | X |  |   |   |  |   |   | X |   |   |
| <b>J – Reservatório</b>  |  |   |   |  |   |   |  |   |   |   |   |   |
| J.1 – Remoção das plantas aquáticas  |  |   | X |  |   | X |  |   | X |   |   | X |

### 2.3.3 MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A manutenção dos equipamentos hidromecânicos destina-se a garantir as suas condições de operacionalidade e segurança. Esta garantia é essencial para a segurança da barragem, nomeadamente, no que respeita ao equipamento dos seus órgãos de segurança, como é o caso dos órgãos extravasores (vertedouros).

#### 2.3.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA:

É a correção da falha de maneira aleatória, afirma Pinto & Xavier (2001:37), ou seja, é a manutenção atuando no momento da falha do equipamento, agindo de forma impulsiva. Caracteriza-se pela ação, sempre após a ocorrência da falha, que é aleatória, e sua adoção leva em conta fatores técnicos e econômicos.

### 2.3.3.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA:

É a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função do acompanhamento da manutenção preditiva ou pela decisão de operar até a quebra da máquina, afirma Pinto & Xavier (2001:38). A manutenção corretiva planejada possibilita o planejamento dos recursos necessários para a operação, uma vez que a falha é esperada.

### 2.3.3.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA:

É a atividade que atua antecipadamente para que NÃO haja a reparação. Ela possui a intenção de reduzir a probabilidade de falha de uma máquina ou equipamento, ou ainda a degradação de um serviço prestado. É uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha, ou seja, é o conjunto de serviços de inspeções sistemáticas, ajustes, conservação e eliminação de defeitos, visando evitar falhas.

### 2.3.3.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA:

É a atividade que visa ao estudo de sistemas e equipamentos com análises de desempenho, a fim de PREDIZER e apontar eventuais anomalias, além de direcionar e implementar a manutenção preventiva. Esta manutenção prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições necessárias para que este tempo seja aproveitado. As técnicas mais utilizadas para manutenção preditiva são: Análise de vibração; Ultrassom; Inspeção Visual; Técnicas de análise não destrutivas (termografia, etc.).

### 2.3.4 MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS E ELETROMECÂNICOS

- Equipamentos Hidromecânicos:

Os Equipamentos hidromecânicos são aqueles utilizados em barragens como elementos de fechamento para controle de passagem de água, em nosso caso, é utilizado para a Manutenção do nível de água.

Os Equipamentos hidromecânicos podem realizar as seguintes operações:

- a) Abrir e fechar em condições normais ou em emergência;
- b) Regular Vazão.

Podemos dividir esses equipamentos em grupos:

- a) Comportas;
- b) Grades;
- c) Válvulas;
- d) Bombas.

- Manutenção de bombas:

Nas barragens, de maneira similar às turbinas, as bombas têm função operativa, ou seja, não tem relação com a segurança da estrutura. Normalmente, seu emprego está ligado ao abastecimento de água advindo do reservatório, ou no esgotamento de estrutura como casa de força e galerias. Na barragem da Caçamba seu fito é de abastecimento de água.

Sua falha pode ocasionar transtornos severos como o desabastecimento de populações.

- Manutenção de Comportas e Válvulas

Em comportas e válvulas, deve-se procurar por superfícies danificadas, incluindo:

- a) Fissuras;
- b) Soldas quebradas;
- c) Peças faltando, com folgas ou quebradas;
- d) Perde de revestimento de proteção;
- e) Corrosão e ferrugem de metais;
- f) Cavitação



## 2.3.6 FICHA PARA AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES CIVIS

Abaixo, segue modelo de Ficha para Avaliação das instalações civis presentes no entorno da Barragem.

**Tabela 22 – Ficha de Avaliação das Instalações Civis**

| FICHA PARA AVALIAÇÃO – INSTALAÇÕES CIVIS |                             | Data:      |   |   |   |   |
|--|-----------------------------|------------|---|---|---|---|
| GERÊNCIA REGIONAL:                       |                             |            |   |   |   |   |
| BARRAGEM:                                |                             |            |   |   |   |   |
| ESTRUTURA / PRÉDIO:                      |                             |            |   |   |   |   |
| ITEM:                                    | DESCRIÇÃO:                  | PONTUAÇÃO: |   |   |   |   |
|  |                             | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1  | PINTURA                     |            |   |   |   |   |
| 2  | COBERTA                     |            |   |   |   |   |
| 3  | PISO                        |            |   |   |   |   |
| 4  | INSTALAÇÃO HIDRO-SANITÁRIA  |            |   |   |   |   |
| 5  | INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL |            |   |   |   |   |
| 6  | ESQUADRIAS                  |            |   |   |   |   |
| 7  | ÁREA BRITADA                |            |   |   |   |   |
| 8  | ACESSOS                     |            |   |   |   |   |
| 9  | CERCA                       |            |   |   |   |   |
| 10                                       | ALAMBRADO                   |            |   |   |   |   |
| 11                                       | DRENAGEM                    |            |   |   |   |   |
| 12                                       | BASE DE EQUIPAMENTOS        |            |   |   |   |   |
| 13                                       | ILUMINAÇÃO                  |            |   |   |   |   |
| 14                                       | CANALETAS                   |            |   |   |   |   |
| PARECER:                                 |                             |            |   |   |   |   |

**Legenda:**

- Grau 05 – Perfeito Estado de Conservação (76 - 100%)
- Grau 04 – Bom Estado de Conservação (51 - 75%)
- Grau 03 – Mediano Estado de Conservação (26 - 50%)
- Grau 02 – Baixo Estado de Conservação (11 - 25%)
- Grau 01 – Péssimo Estado de Conservação (0 - 10%).

### 2.3.7 CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS

Segue abaixo, Cronograma de Testes nos equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos da barragem Caçamba.

**Tabela 23 – Cronograma de Testes de Equipamentos**

| Programação Básica de Segurança  |   |   |  |
|----------------------------------|---|---|--|
| Método Utilizado                 | Equipamentos Vigeados   | Equipamentos Necessários  | Periodicidade da Verificação             |
| Método de Vibração               | Motores   | Medidor de Vibração e/ou Analisador e/ou Sistema de Vigilância Permanente | 3000 a 5000 horas e/ou duas vezes ao ano |
|                                  | Redutores   |   |  |
|                                  | Compressores  |   |  |
|                                  | Bombas  |   |  |
|                                  | Ventiladores  |   |  |
| Medição das falhas de rolamentos | Todos os rolamentos   | Medidor especial ou analisador  | 500 horas e/ou duas vezes ao ano         |
| Análise Estreoscópica            | Todos os lugares onde se quiser estudar um movimento, controlar a velocidade ou medir os planos | Estreoscópio Especial ou analisador                                       | Segundo a necessidade                    |
| Análise dos óleos                | Redutores e circuitos hidráulicos   | Feita pelo fabricante   | 6 meses                                  |
|                                  | Motores   |   |  |
| Termografia                      | Equipamentos de alta tensão   | Subcontratação  | 12 meses                                 |
|                                  | Distribuição de baixa tensão  |   |  |
|                                  | Componentes Eletrônicos   |   |  |
|                                  | Equipamentos com componentes refratários  |   |  |
|                                  | Válvulas, registros e tubulações  |   |  |
| Exame Endoscópico                | Cilindros de Compressores   | Endoscopia + fotos  | Segundo a necessidade                    |
|                                  | Aletas  |   |  |
|                                  | Engrenagem danificadas  |   |  |

### 2.3.8 SEGURANÇA NO TRABALHO

A área de Segurança do Trabalho é de extrema importância no dia a dia das empresas e dos trabalhadores. Medidas preventivas essenciais para a redução, controle e eliminação de riscos de acidentes e de doenças ocupacionais.

Trabalhadores seguros, sadios e bem informados, contribuem para o alcance de um ambiente de trabalho seguro e agradável. Conseqüentemente há maior motivação, crescente desenvolvimento pessoal e organizacional, maior produtividade e qualidade das atividades exercidas. Cabe ao empregado e ao empregador cumprir às normas regulamentadoras (NR). Para os serviços de manutenção deve-se atender a **NR-06 – Equipamento de Proteção Individual (EPI)**, a **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**, a **NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**, a **NR-24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho**, e a **NR-26 – Sinalização de Segurança**.

Destaque-se, os seguintes itens da NR-06:

“6.3 – A empresa é obrigada a fornecer, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- a) Sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho;
- b) Enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e,
- c) Para atender as situações de emergência.”

“6.6 – Responsabilidades do empregador. 6.6.1 Cabe ao empregador quanto ao EPI:

- a) Adquirir o adequado ao risco de cada atividade;
- b) Exigir seu uso;
- c) Fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
- d) Orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;
- e) Substituir imediatamente quando danificado ou extraviado;

- f) Responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica; e,
- g) Comunicar ao TEM qualquer irregularidade observada;
- h) Registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico.”

“6.7.1 Cabe ao empregado quanto ao EPI:

- a) Usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- b) Responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- c) Comunicar ao empregador qualquer alteração que torne impróprio para uso; e,
- d) Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.”

Ainda na NR-06, os EPIs importantes consistem em: Capacete, Capuz ou Balaclava, Óculos, Protetor Auditivo, Respirador purificador de ar não motorizado, Vestimentas, Luvas, Calçado, Calça, Macacão, Cinturão de segurança com talabarte.

Tratando-se da NR-10, que regulamenta a segurança em instalações e serviços em eletricidade, estabelece as medidas de controle que devem ser adotadas como forma de prevenir o risco elétrico e outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, como forma de garantir a segurança e a saúde no local de trabalho.

Também, importante conhecer A NR-12, que define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos.

A NR-24 estabelece as condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho, onde determina ser satisfatória a metragem de 1m<sup>2</sup> para cada sanitário, por 20 operários em atividade. Assim como, deverá ter 01 chuveiro para cada 10 operários em atividade ou operações insalubres, ou nos trabalhos com exposição a substâncias tóxicas, ou nos casos em que estejam expostos a calor intenso. Entre outros itens.

A importância da NR-26 se dar por determina as cores que devem ser usadas nos locais de trabalho para prevenção de acidentes, identificando os equipamentos de segurança, delimitando áreas, identificando as canalizações empregadas nas indústrias para a condução de líquidos e gases e advertindo contra riscos.

## 2.4 PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

O monitoramento dos deslocamentos ocorridos ao longo de seções críticas do conjunto barragem/fundação é particularmente importante em termos da quantificação e distinção dos recalques oriundos do próprio maciço compactado e da fundação, da locação de superfícies críticas de ruptura em profundidade e da avaliação do potencial de desenvolvimento de trincas de tração na barragem por recalques diferenciais ou de trincas de cisalhamento induzidas por deslocamentos horizontais diferenciais.

Os deslocamentos verticais são verificados ao longo de uma seção paralela ou longitudinal ao eixo da barragem, uma vez que a variação da forma destas curvas de recalques, após a construção da barragem, permite a extrapolação do comportamento observado, em termos da definição da magnitude dos recalques finais e dos tempos de estabilização.

As grandezas, cuja medição é recomendada para qualquer tipo de barragem, são:

- Os níveis da água no reservatório, a montante e a jusante;
- As temperaturas do ar e da água do reservatório;
- As precipitações.

As duas principais causas de ruptura de barragens de terra são:

- Erosão interna ou entubamento (em inglês, *piping*) e
- Galgamento (em inglês, *overtopping*).

A ruptura por piping ocorre quando há uma erosão interna de jusante para montante, formando um tubo (em inglês, *pipe*), com carreamento de partículas de solo pelo maciço, devido ao fluxo de água excessivo de montante para jusante. O deslocamento de partículas do barramento desestabiliza o equilíbrio de forças na matriz do solo e o estado de tensões no maciço por onde ocorre esse fluxo. O fenômeno é progressivo até a formação de uma brecha e o colapso da estrutura. O piping ocorre com mais frequência no primeiro enchimento e nos cinco primeiros anos de operação. É mais comum de ocorrer no barramento, mas ocorre também na fundação.

### Grandezas a se monitorar nas barragens de aterro:

- Deslocamentos superficiais, por métodos geodésicos;
- Recalques, na barragem e na fundação, por intermédio de medidores e placas;
- Deslocamentos da barragem e na fundação, por intermédio de inclinômetros;
- Pressões da água, na barragem e fundação, por intermédio de piezômetros de tubo aberto ou hidráulicos com ponteira, piezômetros pneumáticos e células piezométricas;
- Tensões totais, na barragem, por intermédio de células de pressão total.

### Tipos de Equipamentos:

#### Medidores de Deslocamentos Verticais:

- Marcos de Deslocamento Superficial;
- Placas de Recalque com Tubos Telescópicos;
- Medidores de Recalque tipo KM;
- Medidores de Recalque Magnéticos;
- Medidores de Recalque tipo USBR;
- Medidores de Recalques Tipo Caixa Sueca;
- Medidores Pneumáticos Tipo Hall;
- Perfilômetro de Recalques;
- Inclinômetros de Recalques;
- Eletrônicos.

#### Medidores de Deslocamentos Horizontais:

- Extensômetros de Hastes;
- Medidores Magnéticos;
- Inclinômetros Horizontais.

#### Outros Instrumentos Necessários:

- Instrumentos para a Medição do Nível D'água;
- Instrumentos para a Medição de Tensões;
- Piezômetros de Tubo Aberto (Tipo Casagrande);
- Piezômetros Pneumáticos;
- Piezômetros Hidráulicos;
- Piezômetros Elétricos.

### 2.4.1 ATUALIZAÇÕES

Deve-se realizar as atualizações dos planos de monitoramento e instrumentação pelo menos nas revisões nos planos de segurança de barragens, na execução de *as built* ou quando houver necessidade.

### 2.4.2 LEITURAS E PROCESSAMENTO DOS DADOS

As leituras dos instrumentos de uma barragem deverão ser realizadas por equipes de bom nível técnico e treinada para tal, visto que a precisão dos dados obtidos estará diretamente condicionada à qualidade e cuidado dos leituristas. Estes deverão receber treinamento apropriado, e serem periodicamente motivados através de palestras e conferências; além disso, é importante que as medições sejam realizadas sempre pelos mesmos leituristas, para manter-se os erros sistemáticos sob controle e, também, para que os mesmos atuem como os primeiros inspetores visuais, informando imediatamente aos seus superiores quaisquer observações encontradas que possam ser indícios de comportamento anômalo das estruturas.

A seguir, têm-se a tabela com as **frequências mínimas de leitura** recomendadas para instrumentação de barragens de terra.

**Tabela 24 – Frequências Mínimas de Leitura**

| GRANDEZA<br>MEDIDA            | PERÍODO DE OBSERVAÇÃO |                        |                       |                    |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
|                               | CONSTRUTIVO           | PRIMEIRO<br>ENCHIMENTO | INÍCIO DE<br>OPERAÇÃO | OPERAÇÃO<br>NORMAL |
| Deslocamentos<br>Superficiais | Mensal                | Semanal                | Mensal                | Semestral          |
| Deslocamentos<br>Internos     | Semanal               | Semanal                | Quinzenal             | Mensal             |
| Deformação                    | Semanal               | Semanal                | Quinzenal             | Mensal             |
| Pressão total /<br>efetiva    | Semanal               | 2x Semana              | Semanal               | Mensal             |
| Poró-pressão                  | Semanal               | 2x Semana              | Semanal               | Quinzenal          |
| Subpressão                    | Semanal               | 3x Semana              | 2x Semana             | Quinzenal          |
| Nível d'água                  | Semanal               | 3x Semana              | 2x Semana             | Quinzenal          |
| Vazão de<br>infiltração       | Semanal               | Diárias                | 3x Semana             | Semanal            |

Fonte: Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas

A seguir, têm-se às recomendações de **manutenção de instrumentação** de barragens de aterro, segundo a Agência Nacional de Águas.

**Tabela 25 – Recomendações de Manutenção de Instrumentação em Barragens de Aterro**

|   |  |
|---|--|
| MARCOS TOPOGRÁFICOS E DE REFERÊNCIA                             | Pintura e identificação periódica  |
|   | Limpeza da vegetação em torno do equipamento   |
|   | Conservação dos acessos  |
| PLACAS DE RECALQUE  | Verificação do estado de conservação das tampas após cada leitura  |
|   | Pintura e identificação periódica  |
|   | Identificação e pintura  |
|   | Pintura e identificação periódica  |
| PIEZÔMETROS DE TUBO ABERTO                                      | Pintura e identificação periódica da cabeça exterior   |
| PIEZÔMETROS PNEUMÁTICOS E ELÉTRICOS, E CÉLULAS DE PRESSÃO TOTAL | Ações de conservação das estruturas das centrais de leitura (drenagem, desumidificação, pinturas) e do acesso. |
|   | Verificação ou identificação dos cabos ou tubos  |
| MEDIDORES DE VAZÃO  | Limpeza de sedimentos e de vegetação   |
|   | Identificação e pintura  |

#### 2.4.3 REGISTROS DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

As leituras dos vários instrumentos de auscultação de uma barragem, após devidamente processadas e representadas em tabelas e gráficos, deverão ser reunidas em um relatório completo de dados, cuja frequência de emissão poderá ser a seguinte:

- Período construtivo: mensal
- Fase de enchimento: semanal
- Primeiro ano de operação: trimestral
- **Operação: Semestral.**

A CASAL, quando da implantação dos instrumentos de auscultação na barragem, terá às leituras armazenadas e acompanhadas em seus centros de controle operacionais existentes.

#### 2.4.4 INSTRUÇÕES DE SERVIÇO – Instalação, Operação, Aferição e Manutenção da INSTRUMENTAÇÃO.

- **Objetivo:**  
Estabelecer critérios e procedimentos para a instalação, operação, aferição e manutenção dos instrumentos de auscultação civil em Barragens da CASAL.
- **Conceituação:**  
Entende-se pôr instrumento de auscultação civil, todo e qualquer aparelho, eletrônico ou não, que venha a acompanhar e informar as anomalias das estruturas civis, durante a construção e operação das mesmas.
- **Abrangência:**  
Este instrumento normativo abrangerá a execução dos serviços de instalação, operação, aferição e manutenção da instrumentação no processo de manutenção das instalações civis das barragens da CASAL.
- **Periodicidade:**  
Semestralmente

##### 2.4.4.1 PIEZÔMETROS DE TUBO ABERTO

Empregado na observação de subpressão em maciços rochosos e pressões neutras em solos. Constitui-se de tubulação de PVC, instalada no interior de um furo de sondagem, até o local onde se deseja medir a subpressão.

- **Grandeza de medida:**  
Pressão

- **Sensibilidade:**

0,01m (depende da graduação da trena acoplada ao cabo ou a do próprio cabo).
- **Equipamentos de leituras:**
  - a) Cabo elétrico, graduado de metro em metro;
  - b) Ponteira também conhecida por sonda ou pio elétrico;
  - c) Micro-amperímetro;
  - d) Escala métrica constituída por régua de um metro ou trena;
  - e) Lanterna, prancheta com material apropriado para anotações, etc.
- **Roteiro de operação/leitura:**
  - a) Ligar o cabo elétrico ao amperímetro (caso em que o pio seja elétrico).  
Verificar o seu funcionamento antes de executar a leitura.
  - b) Introduzir a ponteira(pio) no interior do tubo piezométrico lentamente até que o ponteiro do micro-amperímetro se mova.
  - c) Erguer, lentamente o cabo até que o micro-amperímetro indique não haver corrente elétrica e em seguida descer lentamente até restabelecer novamente a corrente elétrica, segurando firmemente o cabo junto à boca do tubo.
  - d) O número de marcas, constantes no cabo elétrico, que foi introduzido no tubo, mais os centímetros lidos com a escala, que foram medidos entre a última marca enfiada no tubo e aquele ponto segurado pela mão do operador, representa a leitura no nível d'água dentro do piezômetro.
  - e) No caso de transbordamento d'água pela boca do piezômetro, instala-se uma mangueira transparente no terminal, acoplada a uma régua graduada, coincidindo o zero com o nível da boca do tubo. Desse modo a leitura é feita diretamente pela posição do menisco na régua.
  - f) No caso de leitura efetuada com micro amperímetro, cabo elétrico o ponteiro, o cálculo da cota piezométrica será efetuado pela seguinte fórmula:  $Cota\ piezométrica = cota\ do\ topo - leitura$ .
  - g) No caso de leitura efetuada com régua e mangueira, acopladas ao piezômetro, o cálculo da cota piezométrica será da seguinte forma:  $Cota\ piezométrica = cota\ do\ topo + leitura$ .

- h) Quando o piezômetro for instalado formando ângulo com a vertical, usa-se a fórmula:  $Cota\ piezométrica = cota\ do\ topo - leitura \times \cos(\theta)$ .
- i) Quando as cotas piezométricas obtidas forem iguais ou superiores àquelas estabelecidas como limites pela projetista da obra, as leituras deverão ser refeitas. Permanecendo a mesma leitura, comunicar imediatamente ao órgão normativo.
- j) Quando o piezômetro se apresentar obstruído não deve ser suspensa a leitura pois a pressão aumentando pode ocorrer que o nível d'água ultrapasse a obstrução, passando a fornecer leituras.
- k) O piezômetro pode não registrar nível d'água tendo porém, no seu fundo, lama ou lodo que, em contato com a ponteira, feche o circuito e erroneamente forneça leitura. Nesse caso, o leitorista percebe a existência de lama na ponteira e anota na coluna para observações como "seco".
- l) Ao introduzir o cabo no tubo, contar corretamente, o número de marcas que penetraram. Recontar as marcas na subida do cabo para efeito de confirmação de quantidades.

- **INSTALAÇÃO**

- a) Executa-se um furo de sondagem, até a cota onde se deseja medir a pressão.
- b) Instala-se um tubo de PVC rígido com o diâmetro de 1" perfurado na extremidade numa extensão de 1,00 (4 linhas de 3/16 com espaçamento entre eles de 20mm).
- c) Envolve-se a parte perfurada com manta de bedim ou filtro de areia e/ou pedriscos, sendo o restante do furo de sondagem preenchido com calda de cimento, bentonita ou argila plástica.
- d) A extremidade inferior do tubo deve ser vedada deixando-se, porém, um orifício para saída da água no caso de um rebaixamento do N.A.
- e) Para a proteção, colocar um tampão rosqueável na boca do tubo e construir uma caixa protetora em concreto simples com tampa metálica e cadeado.

- **MANUTENÇÃO**

- a) Limpeza e roço da área em torno do aparelho.
- b) Ensaio de perda d'água.

- c) Pintura da tampa da caixa de proteção e dos elementos de visualização do aparelho.

- **AFERIÇÃO**

- a) Considerando que o cabo elétrico se alonga com o uso, sua aferição deve ser feita, pelo menos, uma vez por mês. Quando o estiramento ultrapassar 20cm, o cabo deverá ser substituído.

#### 2.4.4.2 EXTENSÔMETROS DE HASTES

O instrumento é composto de hastes, chumbadores, mangueiras plásticas, cabeça de medição e relógio comparador. Destina-se a medir deformações em maciços rochosos e estruturas de concreto.

- **Grandeza Medida**

Variação de distância entre dois pontos, de uma massa de concreto ou rocha, alinhados em uma mesma direção.

- **Sensibilidade**

0,01mm (Centésimo de milímetros)

- **Tipos de Extensômetros**

- a) Extensômetro Simples de Hastes
- b) Extensômetro Múltiplo de Hastes

- **Equipamento de leitura**

- a) Relógio comparador
- b) Aferidor para o relógio

- **Roteiro de operação/aferição**

- a) Remover os elementos de proteção da cabeça das hastes ou a cabeça de leitura;
- b) Limpar cuidadosamente, com pincel de pelo macio, antes da leitura, os pontos de apoios do relógio comparador;

- c) Aplicar o relógio comparador no ponto de referência correspondente a haste que se quer medir;
  - d) Anotar os valores, lidos no relógio para cada haste, no boletim de leitura;
  - e) Repor os elementos de proteção da cabeça das hastes.
- **Instalação**
    - a) Executar furo no diâmetro de 2" para os extensômetros simples de haste, e de 3" para os extensômetros múltiplos de hastes, sendo estas envolvidas por mangueiras de 3/4" de diâmetro;
    - b) Executar a ancoragem com vergalhão de aço especial com ranhura e comprimento aproximado de 30cm, tendo a extremidade livre rosqueada para acoplamento das hastes devendo ser fixadas cientificando-se de que o rosqueamento foi até o último curso, aplicando-se, antes, cola epóxi;
    - c) Entre uma ancoragem e outra (caso de extensômetros múltiplos), deverá ser preenchido com pedriscos;
    - d) Efetuar a fixação da cabeça do extensômetro, através de chumbadores;
    - e) Colocar sistema de drenagem da cabeça do extensômetro;
    - f) Forjar na cabeça do extensômetro a numeração das hastes, partindo da mais profunda (no1), para a menos profunda;
    - g) Colocar tampa de proteção da cabeça;
    - h) Executar pintura de identificação conforme instrução específica.
  - **Manutenção**
    - a) Combater infiltrações na região da cabeça de leitura;
    - b) Combater a carbonatação;
    - c) Desobstrução do sistema de drenagem;
    - d) Recuperar, quando necessário, a pintura de visualização e identificação do instrumento.

### 2.4.4.3 BASES DE ALONGÂMETRO

Pinos ou pastilhas de referência que, aplicados às estruturas de concreto ou rocha, servem de base ao alongâmetro para medir deslocamentos relativos de juntas de contração, de fissuras e deformações em um plano.

- **Grandeza medida**  
Variação da distância entre dois pontos.
- **Tipos de bases de alongâmetro**
  - a) Base de Alongâmetro Simples - quando os pinos ou pastilhas são em números de dois;
  - b) Base de Alongâmetro Dupla - quando os pinos ou pastilhas são em números de três, dispostos segundo duas retas que formam um ângulo de 90°;
  - c) Base de Alongâmetro Tripla - quando os pinos ou pastilhas são em números de três e dispostos segundo um triângulo equilátero (lados iguais).
- **Instalação**
  - a) Os pinos são chumbados à estrutura através de pasta de cimento ou massa epóxica, em um furo feito com broca de videa.
  - b) Para aplicação dos pinos ou pastilhas, deverá ser usado um gabarito compatível com o comprimento ou faixa de trabalho do alongâmetro.
- **Aparelho de Leitura**  
É constituído de uma base metálica articulada, acoplada a um relógio comparador.
- **Sensibilidade**  
0,01mm
- **Roteiro de Operação/Leitura**
  - a) Após remoção dos dispositivos de proteção, aplicar o Alongâmetro nos encaixes dos pinos ou pastilhas de cada base e proceder a leitura no relógio comparador (micrômetro);

- b) Repetir a leitura e confrontar com os valores de leituras anteriores e, caso constatada variação significativa (ex: 1,00mm), repetir a leitura. Caso persista a mesma leitura, pesquisar o motivo e registrar;
  - c) Anotar a medida em boletim apropriado;
  - d) Terminada a leitura, repor os dispositivos de proteção dos pinos ou pastilhas.
- **Manutenção**
    - a) O Alongâmetro deverá estar sempre limpo e lubrificado e colocado em seu estojo, após cada uso;
    - b) Limpar frequentemente os pinos ou pastilhas com flanela ou pincel, e lubrificá-los com óleo anti-ferrugem;
    - c) Combater/eliminar infiltrações na área dos pinos ou pastilhas.
  - **Calibração**
    - a) A calibração do Alongâmetro é efetuada com a utilização de barra de invar onde contém as medidas de ajuste da base do alongâmetro;
    - b) Deve ser realizada antes de cada campanha de leitura.

## 2.5 PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

### 2.5.1 PERIODICIDADE

Em virtude da Barragem Caçamba ser classificada na categoria de risco MÉDIO e de Dano Potencial Associado ALTO, em instância federal, a Resolução nº 236/2017 da Agência Nacional de Águas (ANA), em seu Art. 13º, **determina** que suas inspeções de segurança regular sejam **realizadas, no mínimo, uma vez a cada 12 meses**.

Em instância estadual, a Portaria nº 491/2015 da Secretária Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH/AL), em seu Art. 4º, I, **determina** que suas inspeções de segurança regular sejam **realizadas a cada 06 meses**.

### 2.5.1.1 DETECÇÃO DE ANOMALIA

Na ocasião de uma inspeção regular, se for constatada alguma anomalia ou ainda se houver alguma informação de anomalia, a equipe de segurança do empreendedor deve ser informada e analisar do ponto de vista técnico qual o grau de risco da ocorrência.

Compete a equipe classificar o nível de perigo da barragem em quatro instâncias à saber:

**Normal** – Não há anormalidade ou deformação, ou quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem;

**Atenção** – As anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem em curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas ao longo do tempo;

**Alerta 01** – As anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema. Comunicar às autoridades de Defesa Civil.

**Emergência 01** – As anomalias encontradas representam risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para a prevenção e redução dos danos materiais e a humanos decorrentes de uma eventual ruptura da barragem. Comunicar às autoridades de Defesa Civil.

### 2.5.2 RECURSOS NECESSÁRIOS (EQUIPAMENTOS)

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) em seu Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, no item 3.2 do Volume II (Planos e Procedimentos), a equipe deve ser portadora dos seguintes equipamentos na inspeção de segurança regular:

- Nível;
- Martelo de Geólogo;
- Canivete;
- Corda;

- Binóculo;
- Lanterna;
- Trado para colher amostras;
- Sacos para amostras;
- Medidor de nível de água nos piezômetros;
- Câmara de vídeo;
- Trena (2 a 5 metros);
- Máquina Fotográfica;
- Caderno de apontamentos e caneta;
- Aparelho de Global Positioning System (GPS);
- Caixa de primeiros socorros;
- Fissurômetro (inserção: contribuição 53);
- Equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletivo (EPCs);
- Ficha de todos os componentes da barragem para preenchimento em campo.

### 2.5.3 ANOMALIAS A VERIFICAR NAS INSPEÇÕES

Objetiva, por itens que compõem a barragem, identificar as situações que podem afetar sua segurança.

#### 2.5.3.1 BARRAGEM (BARRAMENTO):

- **Talude de montante:** erosão, escorregamento, Rachaduras/afundamento, Rip-Rap incompleto, destruído ou deslocado, afundamentos e buracos, árvores e arbustos, erosão nos encontros das ombreiras, canaletas quebradas ou obstruídas, formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais, sinais de movimento

- **Coroamento:** erosão, rachaduras, falta de revestimento, falha no revestimento, afundamento e buracos, árvores e arbustos, defeitos na drenagem,

defeitos no meio-fio, formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais, sinais de movimento, desalinhamento de meio-fio, ameaça de transbordamento da barragem

- **Talude de jusante:** erosões, escorregamentos, rachaduras/afundamentos, falha na proteção granular, falha na proteção vegetal, afundamento e buracos, árvores e arbustos, erosão nos encontros das ombreiras, cavernas e buracos nas ombreiras, canaletas quebradas ou obstruídas, formigueiros cupinzeiros ou tocas de animais, sinais de movimento, sinais de fuga d'água ou áreas úmidas, carreamento de material na água dos drenos;

- **Região a jusante da barragem:** construções irregulares próximas ao leito do rio, fuga d'água, erosão nas ombreiras, cavernas e buracos nas ombreiras, árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem;

- **Instrumentação:** acesso precário aos instrumentos, piezômetros entupidos ou defeituosos, marcos de recalque defeituosos, medidores de vazão de percolação defeituosos, falta de instrumentação, falta de registro de leituras da instrumentação

#### 2.5.3.2 SANGRADOURO/VERTEDOIRO

- **Canais de aproximação e restituição:** árvores e arbustos, obstrução ou entulhos, desalinhamento dos taludes e muros laterais, erosão ou escorregamento nos taludes, erosão na base dos canais escavados, erosão na área à jusante (erosão regressiva), construções irregulares (aterro, casa, cerca);

- **Estrutura de fixação da soleira:** rachaduras ou trincas no concreto, ferragem do concreto exposta, deterioração da superfície do concreto, descalçamento da estrutura, juntas danificadas, sinais de deslocamentos das estruturas;

- **Rápido/Bacia amortecedora:** rachaduras ou trincas no concreto, ferragem do concreto exposta, deterioração da superfície de concreto, ocorrência de buracos na soleira, erosão, presença de entulhos na bacia, presença de vegetação na bacia, falha no enrocamento da proteção;

- **Muros laterais:** erosão na fundação, erosão nos contatos dos muros, rachaduras ou trincas no concreto, ferragem do concreto exposta, deterioração da superfície do concreto;

- **Comportas do vertedouro (Se possuir):** peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura), estrutura (corrosão, amassamento e falha na pintura), defeito das vedações (vazamento), defeito das rodas (comporta vagão), defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores, defeito no ponto de içamento.

#### 2.5.3.3 RESERVATÓRIO

- Réguas danificadas ou faltando, construções em áreas de proteção, poluição por esgoto, lixo, entulho e entre outros, indícios de má qualidade da água, erosão, assoreamento, desmoronamento das margens, existência de vegetação aquática excessiva, desmatamento na área de proteção, presença de animais e peixes mortos, animais pastando.

#### 2.5.3.4 TOMADA D'ÁGUA

- **Entrada:** assoreamento, obstrução e entulhos, tubulação danificada, registros defeituosos, falta de grade de proteção, defeitos na grade;
- **Acionamento:** hastes (travada no mancal, corrosão e empenamento), base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores), falta de mancais, falhas nos chumbadores, lubrificação e pintura de pedestal, falta de indicador de abertura, falta de volante;
- **Comportas:** peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura), estrutura (corrosão, amassamento e falha na pintura), defeito das vedações (vazamento), defeito das rodas (comporta vagão), defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores, defeito no ponto de içamento;
- **Estrutura (Se houver):** Ferragem exposta da torre, falta de guarda corpo na escada de acesso, deterioração do guarda corpo na escada de acesso, ferragem exposta na plataforma (passadiço), falta de guarda corpo no passadiço, deterioração do guarda corpo no passadiço, deterioração do portão do abrigo de manobra, deterioração do tubo de aeração de "by-pass", deterioração da instalação de controle.

#### 2.5.3.5 CAIXA DE MONTANTE (boca de entrada e "stop-log")

- Assoreamento, obstrução e entulhos, ferragem exposta na estrutura de concreto, deterioração no concreto, falta de grade de proteção, defeito na grade, peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura), estrutura do "stop-

log” (Corrosão, amassamento e falha na pintura), defeito no acionamento do “stop-log”, defeito no ponto de içamento.

#### 2.5.3.6 GALERIA DE DRENAGEM

- Corrosão e vazamento na tubulação, sinais de abrasão ou cavitação, sinais de fadiga ou perda de resistência, defeitos nas juntas, deformação do conduto, desalinhamento do conduto, surgências de água no concreto, precariedade de acesso, vazamento nos dispositivos de controle, surgências de água junto à galeria, falta de manutenção, presença de pedras e lixo dentro da galeria, defeito no concreto.

#### 2.5.3.7 ESTRUTURA DE SAÍDA

- Corrosão e vazamento na tubulação, sinais de abrasão ou cavitação, sinais de fadiga ou perda de resistência, ruídos estranhos, defeitos no dispositivos de controle, falta ou deficiência nas instruções de operação, surgências de água no concreto, precariedade de acesso (árvores e arbustos), vazamento nos dispositivos de controle, falta de manutenção, construções irregulares, falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas, presença de pedras e lixo dentro da caixa de válvula, defeitos no concreto, defeitos na cerca de proteção.

#### 2.5.3.8 MEDIDOR DE VAZÃO

- Ausência de placa medidora de vazão, corrosão de placa, defeitos no concreto, falta de escada de leitura de vazão, assoreamento da câmara de medição, erosão à jusante do medidor.

## 2.5.4 FICHA DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM

Segue abaixo, primeira página da ficha de inspeção de segurança da Barragem. Seu modelo completo encontra-se no item 4.4.

**Tabela 26 – Ficha de Inspeção de Segurança da Barragem**

| FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA   |                      |           |                                       |                      |            |
|--|----------------------|-----------|---------------------------------------|----------------------|------------|
| Barragem:<br>_____   |                      |           | Município:<br>_____                   |                      |            |
| Coordenadas:<br>_____  |                      |           | Vistoriado por:<br>_____              |                      |            |
| Data da Inspeção:<br>____/____/____  |                      |           | _____                                 |                      |            |
| Vistoria nº:<br>____/____  |                      |           | Cargo / Matrícula:<br>_____           |                      |            |
| Cota atual do Nível d'água:<br>_____ m   |                      |           | Instituição:<br>_____                 |                      |            |
| Rio:<br>_____  |                      |           | Proprietário / Adm Regional:<br>_____ |                      |            |
| <b>TIPO DE INSPEÇÃO:</b>   |                      |           |                                       |                      |            |
| ( ) Primeira Inspeção ( ) Inspeção Rotina ( ) Inspeção Regular ( ) Inspeção Especial                         |                      |           |                                       |                      |            |
| <b>LEGENDA</b>   |                      |           |                                       |                      |            |
| SITUAÇÃO   |                      | MAGNITUDE |                                       | NÍVEL DE PERIGO (NP) |            |
| NA   | Não Aplicável        | I         | Insignificante                        | 0                    | Nenhum     |
| NE   | Não Existe           | P         | Pequena                               | 1                    | Atenção    |
| PV   | Primeira Vez         | M         | Média                                 | 2                    | Alerta     |
| DS   | Desapareceu          | G         | Grande                                | 3                    | Emergência |
| DI   | Diminiu              |           |                                       |                      |            |
| PC   | Permaneceu Constante |           |                                       |                      |            |
| AU   | Aumentou             |           |                                       |                      |            |
| NI   | Não foi Inspecionado |           |                                       |                      |            |
| <b>MAGNITUDE:</b>  |                      |           |                                       |                      |            |
| I – Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela Administração Regional.   |                      |           |                                       |                      |            |
| P – Pequena: Quando a anomalia pode ser resolvida pela própria Administração Regional.                       |                      |           |                                       |                      |            |
| M – Média: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Regional com apoio da Administração Central |                      |           |                                       |                      |            |
| G – Grande: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Central.                                   |                      |           |                                       |                      |            |
| <b>NÍVEL DE PERIGO:</b>  |                      |           |                                       |                      |            |
| 0 – Nenhum: Não compromete a segurança da barragem, mas pode ser entendida como descaso e má conservação.    |                      |           |                                       |                      |            |
| 1 – Atenção: Não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada.     |                      |           |                                       |                      |            |
| 2 – Alerta: Risco a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.   |                      |           |                                       |                      |            |
| 3 – Emergência: Risco de ruptura iminente, situação fora de controle.  |                      |           |                                       |                      |            |

## 2.6 CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS

Segue abaixo, cronograma de testes dos equipamentos:

**Tabela 27 – Cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e Mecânicos.**

| Programação Básica de Segurança  |   |   |  |
|----------------------------------|---|---|--|
| Método Utilizado                 | Equipamentos Vigíados   | Equipamentos Necessários  | Periodicidade da Verificação             |
| Método de Vibração               | Motores   | Medidor de Vibração e/ou Analisador e/ou Sistema de Vigilância Permanente | 3000 a 5000 horas e/ou duas vezes ao ano |
|                                  | Redutores   |   |  |
|                                  | Compressores  |   |  |
|                                  | Bombas  |   |  |
|                                  | Ventiladores  |   |  |
| Medição das falhas de rolamentos | Todos os rolamentos   | Medidor especial ou analisador  | 500 horas e/ou duas vezes ao ano         |
| Análise Estreoscópica            | Todos os lugares onde se quiser estudar um movimento, controlar a velocidade ou medir os planos | Estreoscópio Especial ou analisador                                       | Segundo a necessidade                    |
| Análise dos óleos                | Redutores e circuitos hidráulicos   | Feita pelo fabricante   | 6 meses                                  |
|                                  | Motores   |   |  |
| Termografia                      | Equipamentos de alta tensão   | Subcontratação  | 12 meses                                 |
|                                  | Distribuição de baixa tensão  |   |  |
|                                  | Componentes Eletrônicos   |   |  |
|                                  | Equipamentos com componentes refratários  |   |  |
|                                  | Válvulas, registros e tubulações  |   |  |
| Exame Endoscópico                | Cilindros de Compressores   | Endoscopia + fotos  | Segundo a necessidade                    |
|                                  | Aletas  |   |  |
|                                  | Engrenagem danificadas  |   |  |

### 3. RELAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO

#### 3.1 PROJETOS

##### 3.1.1 PROJETO BÁSICO

Todos os Projetos referentes à Elaboração e Construção da Barragem Caçamba, encontram-se anexo em um CD.

##### 3.1.2 PROJETO EXECUTIVO

Todos os Projetos referentes à Elaboração e Construção da Barragem Caçamba, encontram-se anexo em um CD.

#### 3.2 PROJETO FINAL (AS BUILT)

Todos os Projetos referentes à Elaboração e Construção da Barragem Caçamba, encontram-se anexo em um CD.

#### 3.3 LICENÇAS AMBIENTAIS E OUTORGAS

Estão sendo devidamente providenciadas as licenças ambientais e consequentemente suas outorgas de uso, após a elaboração deste Plano de Segurança da Barragem da Caçamba.

## 4. REGISTROS E CONTROLES

### 4.1 REGISTROS DE OPERAÇÃO

Segue abaixo registro de horas da utilização de moto bombas na captação de água da referida barragem, para abastecimento da Cidade de Palmeira dos Índios e regiões adjacentes. No dia 19, do mês de abril de 2020.

| BARRAGEM CAÇAMBA |    | ETA CAÇAMBA |    | VÁZIOS |     | AMP (m) |   | PASSADA (Kg/cm <sup>2</sup> ) |   | SISTEMA CAÇAMBA |   | VÁZIOS |     | AMP (m) |     | PASSADA (Kg/cm <sup>2</sup> ) |      | OBSERVAÇÕES  |
|------------------|----|-------------|----|--------|-----|---------|---|-------------------------------|---|-----------------|---|--------|-----|---------|-----|-------------------------------|------|--|
| HR               | HT | HR          | HT | 1      | 2   | 1       | 2 | 1                             | 2 | 1               | 2 | 1      | 2   | 1       | 2   | 1                             | 2    |  |
| 06:00            | P  | P           | M  | 426    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 07:00            | P  | P           | M  | 424    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 356     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 08:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 09:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 10:00            | P  | P           | M  | 424    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 11:00            | P  | P           | M  | 424    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 12:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 13:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 14:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 15:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 16:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 17:00            | F  | P           | M  | 420    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 18:00            | F  | P           | M  | 419    | 404 | 14 kg   | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 | As 18:25 foi ligada a sxta mac cassabim              |
| 19:00            | F  | P           | M  | 423    | 404 | 14 kg   | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 | em 19:15 foi desligada por falta de água da Barragem |
| 20:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 | ligou  |
| 21:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 22:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |
| 23:00            | P  | P           | M  | 425    | -   | -       | - | F                             | F | M               | P | 410    | 415 | 358     | 380 | 17,5                          | 18,0 |  |

| MACRÔMETRO (m) - BARRAGEM CAÇAMBA | NORIMETRO (m) - BARRAGEM CAÇAMBA | NORIMETRO (m) - PIS LAV. PIS 100g | CARANGUEJA | MR. ANFÍBIA  | MACRÔMETROS | OBSERVAÇÕES |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| 01                                | 01                               | 01                                | 01         | 01           |             |             |
| 02                                | 02                               | 02                                | 02         | 02           |             |             |
| LEITURA 1º DIA DO MÊS             |                                  |                                   |            |              |             |             |
|                                   | Leitura às 08:00 h               |                                   |            | SISTEMA NOVO |             |             |

VISTO (COORDENADOR/SUPERVISOR):

## 4.2 REGISTROS DE MANUTENÇÃO

Não foram encontrados registros de manutenção da Barragem até a presente data de conclusão deste Plano de Segurança da Barragem da Caçamba.

Todavia, os novos registros de Manutenção aqui serão devidamente adicionados ao longo do período de sua vida útil.

## 4.3 REGISTROS DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

Em virtude de a barragem não possuir monitoramento e instrumentação, não há registros de instrumentação. Todavia, a CASAL providenciará a aquisição dos equipamentos, capacitação de servidores para a realização das leituras e instalação dos mesmos no corpo do barramento.

#### 4.4 FICHAS E RELATÓRIOS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

| FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA   |                       |           |                                       |                      |            |
|--|-----------------------|-----------|---------------------------------------|----------------------|------------|
| <b>Barragem:</b><br>_____  |                       |           | <b>Município:</b><br>_____            |                      |            |
| Coordenadas:<br>_____  |                       |           | Vistoriado por:<br>_____              |                      |            |
| Data da Inspeção:<br>_____/_____/_____   |                       |           | _____                                 |                      |            |
| Vistoria nº:<br>_____/_____  |                       |           | Cargo / Matrícula:<br>_____           |                      |            |
| Cota atual do Nível d'água:<br>_____ m   |                       |           | Instituição:<br>_____                 |                      |            |
| Rio:<br>_____  |                       |           | Proprietário / Adm Regional:<br>_____ |                      |            |
| <b>TIPO DE INSPEÇÃO:</b>   |                       |           |                                       |                      |            |
| ( ) Primeira Inspeção ( ) Inspeção Rotina ( ) Inspeção Regular ( ) Inspeção Especial                         |                       |           |                                       |                      |            |
| <b>LEGENDA</b>   |                       |           |                                       |                      |            |
| SITUAÇÃO   |                       | MAGNITUDE |                                       | NÍVEL DE PERIGO (NP) |            |
| NA   | Não Aplicável         | I         | Insignificante                        | 0                    | Nenhum     |
| NE   | Não Existe            | P         | Pequena                               | 1                    | Atenção    |
| PV   | Primeira Vez          | M         | Média                                 | 2                    | Alerta     |
| DS   | Desapareceu           | G         | Grande                                | 3                    | Emergência |
| DI   | Diminuiu              |           |                                       |                      |            |
| PC   | Permaneceu Constante  |           |                                       |                      |            |
| AU   | Aumentou              |           |                                       |                      |            |
| NI   | Não foi Inspeccionado |           |                                       |                      |            |
| <b>MAGNITUDE:</b>  |                       |           |                                       |                      |            |
| I – Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela Administração Regional.   |                       |           |                                       |                      |            |
| P – Pequena: Quando a anomalia pode ser resolvida pela própria Administração Regional.                       |                       |           |                                       |                      |            |
| M – Média: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Regional com apoio da Administração Central |                       |           |                                       |                      |            |
| G – Grande: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Central.                                   |                       |           |                                       |                      |            |
| <b>NÍVEL DE PERIGO:</b>  |                       |           |                                       |                      |            |
| 0 – Nenhum: Não compromete a segurança da barragem, mas pode ser entendida como descaso e má conservação.    |                       |           |                                       |                      |            |
| 1 – Atenção: Não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada.     |                       |           |                                       |                      |            |
| 2 – Alerta: Risco a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.   |                       |           |                                       |                      |            |
| 3 – Emergência: Risco de ruptura iminente, situação fora de controle.  |                       |           |                                       |                      |            |

| <b>A – INFRAESTRUTURA OPERACIONAL</b> |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|---------------------------------------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
|                                       | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:  | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                                     | Falta de documentação da barragem.                                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                                     | Falta de material para manutenção.                                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                                     | Falta de treinamento do pessoal.   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                                     | Precariedade no acesso de veículos.                                      | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                                     | Falta de energia elétrica.   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                                     | Falta de sistema de comunicação eficiente.                               | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 7                                     | Falta ou deficiência de cercas de proteção.                              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 8                                     | Falta ou deficiência nas placas de aviso.                                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 9                                     | Falta de acompanhamento da Administração Regional.                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 10                                    | Falta de manual de operação dos equip. Hidromecânicos e eletromecânicos. | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                          |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| <b>B – BARRAGEM</b>                |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|------------------------------------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
| <b>B.1 – PARAMETRO DE MONTANTE</b> |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|                                    | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                  | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                                  | Presença de vegetação                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                                  | Erosão no encontro das ombreiras       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                                  | Ocorrência de fissuras no concreto     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                                  | Ferrugem do concreto exposta           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                                  | Deterioração da superfície do concreto | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                                  | Abertura de juntas de dilatação        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                       |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| <b>B.2 – CRISTA</b>               |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|-----------------------------------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------|---|---|--|----|
|                                   | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                                 | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                                 | Movimentos diferenciais entre blocos (nas juntas)     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                                 | Ocorrência de fissuras no concreto                    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                                 | Ferragem do concreto exposta                          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                                 | Deterioração da superfície de concreto                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                                 | Juntas de dilatação danificadas                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6                                 | Desalinhamento e corrosão no parapeito (guarda-corpo) | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7                                 | Corrosão nos postes de iluminação                     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 8                                 | Corrosão no pórtico                                   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:                      |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
| <b>B.3 – PARAMETRO DE JUSANTE</b> |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|                                   | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                                 | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                                 | Sinais de movimento                                   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                                 | Ocorrência de fissuras no concreto                    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                                 | Sinais de percolação ou áreas danificadas             | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                                 | Ferragem do concreto exposta                          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                                 | Deterioração da superfície do concreto                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6                                 | Juntas de dilatação danificadas                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7                                 | Carreamento de material na água dos drenos            | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 8                                 | Vazão nos drenos de controle                          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:                      |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |

| B.4 – ESTRUTURA VERTENTE |   |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|--------------------------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
|                          | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                               | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                        | Fissuras no concreto                                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                        | Ferragem do concreto exposta                        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                        | Deterioração da superfície de concreto              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                        | Juntas de dilatação danificadas                     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                        | Descalçamento da estrutura                          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                        | Sinais de deslocamento da estrutura                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 7                        | Sinais de percolação ou áreas úmidas                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 8                        | Carreamento de material na água dos drenos          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 9                        | Vazão nos drenos de controle                        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 10                       | Fissuras (trincas ou rachaduras) nos muros laterais | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 11                       | Erosão nos muros laterais                           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 12                       | Deterioração da superfície do concreto dos muros    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 13                       | Ocorrência de buracos na soleira                    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 14                       | Presença de entulho na bacia de dissipação          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 15                       | Presença de vegetação na bacia de dissipação        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 16                       | Erosão na base dos canais (área de restituição)     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:             |   |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| B.5 – GALERIA DE DRENAGEM E INJEÇÃO |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|-------------------------------------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------|---|---|--|----|
|                                     | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                             | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                                   | Deslocamento diferencial pronunciado entre blocos | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                                   | Desplacamento do concreto                         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                                   | Surgências de água no concreto                    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                                   | Ferragem do concreto exposta                      | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                                   | Fissuras no concreto                              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6                                   | Deterioração do portão de acesso                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7                                   | Drenos obstruídos na fundação                     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 8                                   | Precariedade de acesso à galeria                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 9                                   | Precariedade de acesso à galeria                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 10                                  | Falta de manutenção                               | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 11                                  | Falta de iluminação                               | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 12                                  | Falta de ventilação                               | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 13                                  | Presença de pedras e lixo dentro da galeria       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 14                                  | Sinais de percolação ou áreas úmidas              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 15                                  | Carreamento de material na água dos drenos        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 16                                  | Vazão nos drenos de controle                      | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 17                                  | Vazão elevada nos drenos de alívio                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:                        |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |

| <b>B.6 – INSTRUMENTAÇÃO</b> |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|-----------------------------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------|---|---|--|----|
|                             | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                           | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                           | Acesso precário aos instrumentos                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                           | Piezômetros entupidos ou defeituosos            | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                           | Marcos de Referência danificados                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                           | Medidores de vazão defeituosos                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                           | Outros instrumentos danificados                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6                           | Falta de instrumentação                         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7                           | Falta de registro de leituras de instrumentação | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:                |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |

| <b>C - VERTEDOR</b>                              |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|--|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------|---|---|--|----|
| <b>C.1 – CANAIS DE APROXIMAÇÃO E RESTITUIÇÃO</b> |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|  | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                         | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1  | Presença de vegetação                         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2  | Obstrução ou entulhos                         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3  | Desalinhamento dos taludes e muros laterais   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4  | Ferrugem do concreto exposta                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5  | Erosão ou escorregamento nos taludes laterais | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6  | Erosão na base dos canais escavados           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7  | Erosão na área a jusante do vertedouro        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 8  | Construções irregulares                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:                                     |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |

| C.2 – ESTRUTURA VERTENTE |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|--------------------------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------|---|---|--|----|
|                          | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                               | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                        | Fissuras (trincas ou rachaduras) no concreto        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                        | Ferragem do concreto exposta                        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                        | Deterioração da superfície do concreto              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                        | Descalçamento da estrutura                          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                        | Juntas de dilatação danificadas                     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6                        | Sinais de deslocamento da estrutura                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7                        | Fissuras (trincas ou rachaduras) nos muros laterais | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 8                        | Erosão nos contatos dos muros                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 9                        | Sinais de percolação ou áreas úmidas                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 10                       | Carreamento de material na água dos drenos          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 11                       | Vazão nos drenos de controle                        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 12                       | Deterioração da superfície do concreto dos muros    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:             |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
| C.3 – MUROS LATERAIS     |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|                          | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                               | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                        | Erosão na fundação                                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                        | Erosão nos contatos dos muros                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                        | Fissuras no concreto                                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                        | Ferragem do concreto exposta                        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                        | Deterioração da superfície do concreto              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:             |   |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |

| <b>C.4 – RÁPIDO / BACIA AMORTECEDORA</b> |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|--|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
|  | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                  | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1  | Fissuras no concreto (muro)            | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2  | Ferragem do concreto exposta           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3  | Deterioração da superfície do concreto | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4  | Ocorrência de buracos na soleira       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5  | Erosão                                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6  | Presença de entulho na bacia           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 7  | Falha no enrocamento de proteção       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 8  | Presença de vegetação na bacia         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                             |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| <b>D – TOMADA D'ÁGUA</b> |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|--------------------------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
| <b>D.1 - COMPORTAS</b>   |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|                          | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:  | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                        | Peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura) | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                        | Estrutura da comporta (corrosão, amassamento, pintura)         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                        | Defeito das vedações (vazamento)                               | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                        | Defeito nas rodas (comporta vagão)                             | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                        | Defeito nos rolamentos ou buchas e retentores                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                        | Defeito no ponto de içamento                                   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:             |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| <b>D.2 – ACIONAMENTO DE COMPORTAS</b> |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|---------------------------------------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
|                                       | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                                      | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                                     | Hastes (travada no mancal, corrosão e empenamento)         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                                     | Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                                     | Corrosão nos mancais                                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                                     | Falhas nos chumbadores, lubrificação e pintura do pedestal | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                                     | Falta de indicador de abertura                             | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                                     | Falta de volante   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                          |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
| <b>D.3 – POÇO DE ACIONAMENTO</b>      |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|                                       | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                                      | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                                     | Falta de guarda-corpo na escada de acesso                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                                     | Deterioração do guarda-corpo na escada de acesso           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                                     | Deterioração da tampa de acesso ao abrigo                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                                     | Deterioração da tubulação de aeração e by-pass             | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                                     | Deterioração da instalação de controle (pedestal)          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                          |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| D.4 – BOCA DE ENTRADA E STOP-LOG |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|----------------------------------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
|                                  | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                                  | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                                | Assoreamento   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                                | Obstrução e entulhos                                   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                                | Ferragem exposta                                       | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                                | Deterioração na superfície do concreto                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                                | Falta de grade de proteção                             | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                                | Defeitos na grade                                      | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 7                                | Peças fixas (corrosão, amassamento, pintura)           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 8                                | Estrutura da comporta (corrosão, amassamento, pintura) | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 9                                | Defeito no acionamento da comporta                     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 10                               | Defeito no ponto de içamento                           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                     |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
| D.5 – GALERIA DA TOMADA D'ÁGUA   |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|                                  | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                                  | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                                | Corrosão e vazamentos na tubulação                     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                                | Sinais de abrasão ou cavitação                         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                                | Defeitos nas juntas                                    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                                | Deformação do conduto                                  | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                                | Desalinhamento do conduto                              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                                | Vazamento nos dispositivos de controle                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                     |  |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| <b>D.6 – ESTRUTURA DE SAÍDA</b> |   |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|---------------------------------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
|                                 | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                           | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                               | Corrosão e vazamentos na tubulação              | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                               | Ruídos estranhos                                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                               | Defeitos nos dispositivos de controle           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                               | Fissuras ou surgências de água no concreto      | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                               | Precariedade de acesso (árvores e arbustos)     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                               | Vazamento nos dispositivos de controle          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 7                               | Construções irregulares a jusante               | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 8                               | Falta de drenagem da caixa de válvulas          | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 9                               | Presença de entulho dentro da caixa de válvulas | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 10                              | Defeitos na cerca de proteção                   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                    |   |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| <b>E – MEDIDOR DE VAZÃO</b> |                                     |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |
|-----------------------------|-------------------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
|                             | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:               | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    | MAGNITUDE |   |   |   | NP |
| 1                           | Ausência de placa medidora de vazão | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 2                           | Corrosão da placa                   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 3                           | Defeito no concreto                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 4                           | Falta de escala de leitura de vazão | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 5                           | Assoreamento da câmara de medição   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| 6                           | Erosão a jusante do medidor         | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I         | P | M | G |    |
| Comentários:                |                                     |          |    |    |    |    |    |    |    |           |   |   |   |    |

| F – RESERVATÓRIO |  |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|------------------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------|---|---|--|----|
|                  | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                      | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                | Réguas danificadas ou faltantes            | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                | Construções em áreas de proteção           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                | Poluição por esgoto, lixo, pesticidas, etc | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                | Indícios de má qualidade da água           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                | Erosões                                    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6                | Assoreamento                               | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7                | Desmoronamento nas margens                 | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 8                | Existência de vegetação aquática excessiva | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 9                | Desmatamento na área de proteção           | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 10               | Presença de animais e peixes mortos        | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 11               | Presença de animais pastando               |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
| Comentários:     |  |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |

| G – REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM |  |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |
|----------------------------------|--|----------|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------|---|---|--|----|
|                                  | LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA:                                | SITUAÇÃO |    |    |    |    |    |    |    |   | MAGNITUDE |   |   |  | NP |
| 1                                | Sinais de movimentos na rocha de fundação            | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 2                                | Desintegração / decomposição da rocha                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 3                                | <i>Piping</i> nas juntas rochosas                    | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 4                                | Construções irregulares próximas ao leito do rio     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 5                                | Vazamento (fuga d'água) nas ombreiras                | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 6                                | Arvores e arbustos na faixa de 10m do pé da barragem | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 7                                | Erosão nos encontros das ombreiras                   | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| 8                                | Cavernas e buracos nas ombreiras                     | NA       | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P         | M | G |  |    |
| Comentários:                     |  |          |    |    |    |    |    |    |    |   |           |   |   |  |    |

**É NECESSÁRIA UMA PROGRAMAÇÃO PARA INSPEÇÃO ESPECIAL NESTA BARRAGEM?**

( ) SIM ( ) NÃO

**Sugestões e Recomendações:**

#### 4.4.1 RELATÓRIOS DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM:

Neste item, serão adicionados os novos relatórios de inspeção de segurança da Barragem Caçamba.

## 4.5 REGISTROS DOS TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS

Não foram encontrados registros de Testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos na Barragem, até a presente data de conclusão deste Plano de Segurança da Barragem da Caçamba.

Todavia, os novos realizados, a partir da conclusão deste PSB, aqui serão adicionados até a vida útil da presente barragem.

**EMPREENDEDOR**

Companhia de Saneamento de Alagoas

**RESPONSÁVEL LEGAL**

**Wilde Clécio Falcão de Alencar**

Diretor Presidente

**RESPONSÁVEL TÉCNICO**

**Geraldo Faustino de Barros Leão**

Vice-presidente de Gestão e Serviços de Engenharia – VGE

**RESPONSÁVEIS PELA ELABORAÇÃO**

Valeska Cavalcante de Costa – SUMAQ

Lucas Sarmento de Souza - SUPMOB

SUENG

Assessor VGE

GEOBS

Unidade Serrana