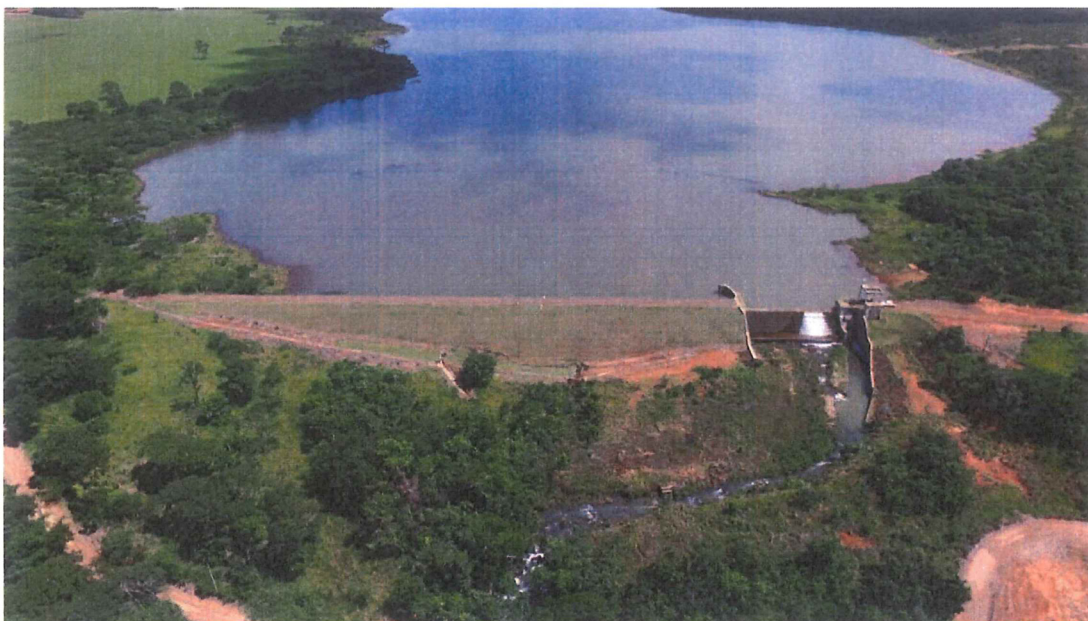




**BRENNAND**  
energia

## PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH PLANALTO




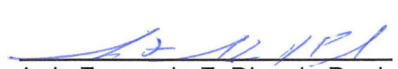
**PROSENGE**  
projetos e engenharia

### VOLUME II – PAE

MARÇO DE 2021

  
Mozart de Siqueira Campos Araújo  
Planalto Energética S/A

  
Paulo de Farsó Costa  
Planalto Energética S/A

  
Luiz Fernando F. Dias do Prado  
Responsável Técnico

|                |                 |                          |                  |                  |
|----------------|-----------------|--------------------------|------------------|------------------|
| 03             | Março / 2021    | Atualização              | Luiz Prado       | Brennand Energia |
| 02             | Dezembro / 2020 | Atualização              | Luiz Prado       | Brennand Energia |
| 01             | Abril / 2019    | Atualização              | Luiz Prado       | Brennand Energia |
| 00             | Outubro / 2017  | Emissão Inicial          | Henrique Yabrudi | Prosenge         |
| <b>REVISÃO</b> | <b>DATA</b>     | <b>OBJETO DA REVISÃO</b> | <b>REDAÇÃO</b>   | <b>EMPRESA</b>   |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>APRESENTAÇÃO.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2</b> | <b>HISTÓRICO.....</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1      | Identificação do Responsável Técnico.....                               | 9         |
| 2.1.1    | Empresa Executora.....  | 9         |
| 2.1.2    | Responsável Técnico.....  | 9         |
| 2.2      | Objetivo do PAE.....  | 9         |
| 2.3      | Organização do Relatório.....   | 9         |
| <b>3</b> | <b>INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM.....</b>                              | <b>11</b> |
| 3.1      | Localização e Acesso.....   | 11        |
| 3.2      | Estruturas da usina.....  | 12        |
| 3.2.1    | Reservatório.....   | 12        |
| 3.2.2    | Barragem.....   | 12        |
| 3.2.3    | Desvio do Rio.....  | 12        |
| 3.2.4    | Vertedouro.....   | 13        |
| 3.2.5    | Circuito Hidráulico de Adução.....                                      | 13        |
| 3.3      | Níveis Operacionais e Ficha Técnica.....                                | 14        |
| <b>4</b> | <b>DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA.....</b> | <b>33</b> |
| 4.1      | Avaliação do Risco.....   | 33        |
| 4.1.1    | Risco Hidrológico.....  | 33        |
| 4.1.2    | Risco de Colapso Estrutural.....  | 34        |
| 4.2      | Identificação das Emergências Potenciais.....                           | 36        |
| 4.2.1    | Classificação das Situações.....  | 37        |
| <b>5</b> | <b>ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM.....</b>                            | <b>38</b> |
| 5.1      | Metodologia.....  | 38        |
| 5.1.1    | Geografia da Região e Geometria do Rio.....                             | 38        |
| 5.1.2    | Tipo e Geometria da Barragem.....                                       | 38        |
| 5.1.3    | Causas de Rompimento.....   | 39        |
| 5.1.4    | Formação da Brecha.....   | 41        |
| 5.1.5    | Trecho do Cálculo.....  | 44        |
| 5.1.6    | Modelagem Matemática.....   | 45        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.1.7    | Identificação das áreas atingidas .....                               | 46        |
| 5.1.8    | Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo.....             | 46        |
| 5.1.9    | Comparativo de altura x velocidade .....                              | 47        |
| 5.2      | Dados de entrada utilizados.....                                      | 49        |
| 5.2.1    | Trecho da análise .....   | 49        |
| 5.2.2    | Geografia da região e geometria do rio.....                           | 49        |
| 5.2.3    | Geometria das barragens .....   | 51        |
| 5.2.4    | Hidrograma de Cheias .....  | 52        |
| 5.2.5    | Calibração do modelo matemático.....                                  | 64        |
| 5.3      | Causa considerada para o rompimento .....                             | 66        |
| 5.3.1    | Dados utilizados para formação da brecha.....                         | 66        |
| 5.4      | Simulações Realizadas.....  | 66        |
| 5.4.1    | Resultados Básicos Simulação 1 .....                                  | 67        |
| 5.4.2    | Resultados Básicos Simulação 2.....                                   | 67        |
| 5.5      | Altura Máxima da Onda .....   | 68        |
| 5.6      | Limite Físico a Jusante da PCH Planalto .....                         | 74        |
| 5.7      | Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse .....           | 74        |
| 5.7.1    | SL-88 – Ponte Acesso a PCH Planalto .....                             | 75        |
| 5.7.2    | SL-81 – Casa de Força PCH Planalto.....                               | 76        |
| 5.7.3    | SL-69 – Limite do ZAS.....  | 77        |
| 5.7.4    | SL-43 – Ponte Jusante .....   | 78        |
| 5.7.5    | Resumo Geral das Seções de Interesse.....                             | 79        |
| <b>6</b> | <b>AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS .....</b>                          | <b>81</b> |
| 6.1      | Identificação do Empreendedor .....                                   | 81        |
| 6.2      | Agentes Externos .....  | 83        |
| 6.2.1    | Outros Órgãos .....   | 84        |
| <b>7</b> | <b>CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....</b> | <b>85</b> |
| 7.1      | Condição Hidrológica.....   | 85        |
| 7.2      | Condição Estrutural .....   | 85        |
| 7.2.1    | Monitoramento das Estruturas .....                                    | 85        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 7.2.2     | Revisão Periódica de Segurança.....  | 87         |
| 7.2.3     | Tramitação das Informações.....  | 87         |
| <b>8</b>  | <b>RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS.....</b>   | <b>92</b>  |
| 8.1       | Agente Interno – PLANALTO ENERGÉTICA S.A. ....   | 92         |
| 8.2       | Agentes Externos .....   | 93         |
| 8.3       | Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos .....   | 95         |
| <b>9</b>  | <b>PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....</b>   | <b>96</b>  |
| 9.1       | Situação normal (Azul).....  | 96         |
| 9.2       | Situação atenção (Verde) .....   | 96         |
| 9.3       | Situação de alerta (Amarelo) .....   | 97         |
| 9.4       | Situação de emergência 1 (Rosa).....   | 97         |
| 9.5       | Situação de emergência 2 (Vermelha).....   | 98         |
| <b>10</b> | <b>ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS .....</b>  | <b>99</b>  |
| 10.1      | Acessos.....   | 99         |
| 10.2      | Propriedades Atingidas.....  | 99         |
| 10.3      | Zona de Autossalvamento – ZAS.....   | 101        |
| <b>11</b> | <b>FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO .....</b>   | <b>102</b> |
| 11.1      | Meios de Comunicação .....   | 102        |
| 11.2      | Acionamento em Caso de Emergências .....   | 102        |
| <b>12</b> | <b>MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA EM POTENCIAL .....</b>                                  | <b>104</b> |
| <b>13</b> | <b>FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO .....</b> | <b>105</b> |
| <b>14</b> | <b>RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO .....</b>           | <b>108</b> |
| <b>15</b> | <b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>   | <b>109</b> |
| <b>16</b> | <b>EQUIPE TÉCNICA .....</b>  | <b>110</b> |
| <b>17</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>111</b> |
| <b>18</b> | <b>ANEXOS .....</b>  | <b>113</b> |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Estrada de Acesso para a PCH Planalto .....                      | 11 |
| Figura 2 – Curva Cota x Área x Volume – Reservatório .....                  | 12 |
| Figura 3 – Ficha Técnica da PCH Planalto .....                              | 15 |
| Figura 4 – Arranjo Geral da PCH Planalto .....                              | 16 |
| Figura 5 – Vista das estruturas do barramento da PCH Planalto .....         | 17 |
| Figura 6 – Vista Geral das estruturas de jusante da PCH Planalto .....      | 18 |
| Figura 7 – Arranjo Geral .....  | 19 |
| Figura 8 – Arranjo Geral Barramento .....                                   | 20 |
| Figura 9 – Barragem Margem Direita – Planta Geral.....                      | 21 |
| Figura 10 – Barragem Margem Direita – Seções 1 a 3.....                     | 22 |
| Figura 11 – Barragem Margem Direita – Seções 4 a 6.....                     | 23 |
| Figura 12 – Barragem Margem Esquerda – Planta .....                         | 24 |
| Figura 13 – Barragem Margem Esquerda – Seções.....                          | 25 |
| Figura 14 – Vertedouro – Planta e Seções .....                              | 26 |
| Figura 15 – Barragem Margem Direita – Instrumentação Planta.....            | 27 |
| Figura 16 – Barragem Margem Direita – Instrumentação Seções .....           | 28 |
| Figura 17 – Barragem Margem Esquerda – Instrumentação Planta.....           | 29 |
| Figura 18 – Barragem Margem Esquerda – Instrumentação Seções.....           | 30 |
| Figura 19 – Casa de Força – Planta .....                                    | 31 |
| Figura 20 – Casa de Força – Seção .....                                     | 32 |
| Figura 21 – Vista Geral do barramento .....                                 | 34 |
| Figura 22 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude montante..... | 35 |
| Figura 23 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude jusante ..... | 35 |
| Figura 24 – Vista Geral do Vertedouro e margem esquerda da Barragem .....   | 36 |
| Figura 25 – Formação de brecha por galgamento .....                         | 39 |
| Figura 26 – Formação da brecha por infiltração .....                        | 40 |
| Figura 27 – Brechas resultantes de falhas nas fundações .....               | 41 |
| Figura 28 – Tamanhos e tempo para formação da brecha.....                   | 42 |
| Figura 29 – Tempo de formação da brecha .....                               | 43 |
| Figura 30 – Nível de perigo relacionado a residências .....                 | 47 |
| Figura 31 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.....      | 48 |
| Figura 32 – Nível de perigo relacionado a adultos.....                      | 48 |
| Figura 33 – Nível de perigo relacionado a crianças .....                    | 48 |
| Figura 34 – Seções lançadas no Hec-Ras.....                                 | 64 |
| Figura 35 – Perfil do Rio Aporé com Barramento – TR=10.000 anos .....       | 65 |
| Figura 36 – Dados do Barramento terra – Hec-Ras .....                       | 66 |
| Figura 37 – Legenda dos Cotagramas.....                                     | 75 |
| Figura 38 – Ponte Acesso Planalto - SL-88 .....                             | 75 |
| Figura 39 – Cotograma - SL-88 – Ponte Acesso Planalto .....                 | 76 |
| Figura 40 – Localização Casa de Força Planalto - SL-81.....                 | 76 |
| Figura 41 – Cotograma - SL-81 – Casa de Força Planalto.....                 | 77 |
| Figura 42 – Limite do ZAS na seção SL-69 .....                              | 77 |
| Figura 43 – Cotograma - SL-69 – Limite do ZAS.....                          | 78 |
| Figura 44 – Ponte de Jusante - SL-43 .....                                  | 78 |
| Figura 45 – Cotograma - SL-43 – Ponte de Jusante .....                      | 79 |
| Figura 46 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura .....                    | 88 |

**ÍNDICE DE TABELAS**

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Aporé em operação, próximos a PCH Planalto .....                     | 11  |
| Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%) .....                                | 33  |
| Tabela 3 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I – Documentos De Referência) .....                                | 51  |
| Tabela 4 – Vazões Máximas Mensais – 1980 a 2015 – Barragem Planalto – 883 km <sup>2</sup> .....                      | 53  |
| Tabela 5 – Maiores Cheias Anuais e mês de ocorrência.....  | 54  |
| Tabela 6 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR) .....   | 55  |
| Tabela 7 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR .....  | 55  |
| Tabela 8 – 18 maiores cheias no local da PCH Planalto .....  | 56  |
| Tabela 9 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma .....  | 57  |
| Tabela 10 – Distribuição adimensional de vazões .....  | 57  |
| Tabela 11 – Hidrograma de Cheias PCH Planalto.....   | 58  |
| Tabela 12 – Hidrograma para PCH Planalto.....  | 67  |
| Tabela 13 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Planalto sem rompimento da Barragem .....                         | 67  |
| Tabela 14 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Planalto com rompimento da Barragem .....                         | 68  |
| Tabela 15 – Níveis obtidos nas Casa de Força – Natural e com rompimento Barragem Planalto.....                       | 68  |
| Tabela 16 – Níveis de Água Máximos - Sem e Com o Dam Break - Rompimento da PCH Planalto.....                         | 69  |
| Tabela 17 – Localização das Seções de Interesse.....   | 74  |
| Tabela 18 – Detalhe das simulações - SL-88 – Ponte Acesso Planalto .....   | 75  |
| Tabela 19 – Detalhe das simulações - SL-81 – Casa de Força Planalto .....  | 76  |
| Tabela 20 – Detalhe das simulações - SL-69 – Limite do ZAS.....  | 77  |
| Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-43 – Ponte de Jusante .....  | 78  |
| Tabela 22 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção .....  | 80  |
| Tabela 23 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres .....                                      | 83  |
| Tabela 24 – Órgãos do Estado de Goiás que possuem atribuições em casos de desastres .....                            | 83  |
| Tabela 25 – Órgãos do Estado de Mato Grosso do Sul que possuem atribuições em casos de desastres .....               | 84  |
| Tabela 26 – Níveis de Segurança e risco Ruptura .....  | 89  |
| Tabela 27 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Planalto ..... | 100 |
| Tabela 28 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem .....                     | 101 |
| Tabela 29 – Entidades que recebem Cópia PAE.....   | 108 |

## ÍNDICE DE FLUXOGRAMAS

|  |     |
|--|-----|
| Fluxograma 1 – Equipe interna da Segurança da Barragem Planalto..... | 82  |
| Fluxograma 2 – Fluxograma de Inspeções – n = mês.....                | 90  |
| Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações - manutenção das estruturas ..... | 91  |
| Fluxograma 4 – Acionamento emergências.....                          | 102 |

## 1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Planalto, no rio Aporé, pertencente à Planalto Energética S.A., localizada no estado do Goiás, Fazenda Planalto, S/N - Zona Rural - Aporé - GO - CEP: 75.825-000

Para a elaboração do Plano de Ação de Emergências foi contratada a empresa Prosenge Projetos e Engenharia Ltda – ME com sede na rua Ímola 140 ap 101, Passa Vinte, Palhoça – SC.

O presente Plano de Ação de Emergências (PAE) atende à Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015 e Ofício Circular nº 2 /2019-SFG/ANEEL de 01 de fevereiro de 2019, onde a barragem da PCH Planalto foi classificada como Barragem de **Classe C - Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Médio**.

Conforme a lei citada uma barragem com classificação de Dano Potencial Médio (Classe C) não necessitaria de um Plano de Ação de Emergências – PAE, porém o agente fiscalizar (ANEEL) solicitou a elaboração do mesmo conforme ofício 02/2019. Para obtenção dos dados inicialmente foi realizada uma Inspeção Civil Regular, no dia 12/03/2019, por uma equipe técnica multidisciplinar, com o objetivo de verificar todas as estruturas civis da usina, e percorrer o trecho de jusante do barramento para identificação dos pontos de risco. Da visita resultou o Relatório de Inspeção Civil PLA-C-RIC-001-00-19 – Relatório de Inspeção Civil PCH Planalto que se encontra no Anexo I onde se constatou que as estruturas da usina estão em ótimas condições de operação e manutenção.



## 2 HISTÓRICO

Devido a classificação da Barragem, Classe C, não seria necessário elaboração do Plano de Ação de Emergências de acordo com resolução normativa 696/2015, logo em 30/11/2017 foi elaborado Plano de Segurança da Barragem.

Em 01 de fevereiro/2019 foi solicitado pelo agente fiscalizador ANEEL a elaboração do Plano de Ação de Emergências para PCH Planalto, documento em questão.

### 2.1 Identificação do Responsável Técnico

#### 2.1.1 Empresa Executora

PROSENGE Projetos e Engenharia Ltda – ME – CNPJ 21.082.963/0001-51

Endereço Escritório: Rua Lauro Linhares 2123 sala 207 Bloco A – Trindade Shopping Florianópolis – SC – Cep: 88036-003

Telefone (48) 3307-1187 ou 98407-2613

[www.prosenge.com](http://www.prosenge.com)

#### 2.1.2 Responsável Técnico

Engenheiro Civil Henrique Yabrudi Vieira

Email: [henrique@prosenge.com](mailto:henrique@prosenge.com)

CREA SC 057323-9

ART 6929334-9

### 2.2 Objetivo do PAE

O Plano de Ação de Emergência (PAE) contempla procedimentos tanto em situações de normalidade como de anormalidade, que deverão ser revistos continuamente, de modo a possibilitar uma ação rápida e segura quando da eminência de um desastre ou da efetivação do mesmo. Deverá ser dada ampla divulgação aos órgãos e instituições envolvidas, principalmente as prefeituras das cidades que possivelmente poderão ser atingidas.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) visa ainda estabelecer os procedimentos que contribuam para minimizar os danos causados nas áreas de jusante, decorrentes de situações críticas que possam vir a acontecer em virtude de riscos hidrológicos ou da ruptura da barragem. A atenção deste trabalho deverá ser voltada, principalmente, com as consequências à jusante com hipotética ruptura da barragem.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) define as responsabilidades, conforme as atribuições de cada órgão de Governo e Organizações de suporte, sendo que para o agente operador deve caber a tarefa de alertar os órgãos públicos sobre a possibilidade de ocorrências de eventos extremos, independente da origem dos mesmos, visando à minimização de danos causados por um eventual desastre.

### 2.3 Organização do Relatório

O estudo está dividido segundo a seguinte estrutura:

**Texto**

- Cap.1 – Introdução
- Cap.2 – Histórico
- Cap.3 – Informações Gerais da Barragem
- Cap.4 – Detecção, Avaliação e Classificação das Situações de Emergência
- Cap.5 – Estudo do Rompimento da Barragem
- Cap.6 – Agências e Entidades Envolvidas
- Cap.7 – Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura
- Cap.8 – Responsabilidades de todos os Agentes Envolvidos
- Cap.9 – Programa de Ações Preventivas, tão logo Identificadas Situações Emergências
- Cap.10 – Acessos, Mapas de Áreas Sujeitas a Inundações Potenciais
- Cap.11 – Fluxo de Informação e Acionamento
- Cap.12 – Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação
- Cap.13 – Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do PAE com os respectivos protocolos de recebimento
- Cap.14 – Conclusões e Recomendações
- Cap.15 – Equipe Técnica
- Cap.16 – Bibliografia
- Cap.17 – Anexos
  - Anexo I – Documentos de Referência
  - Anexo II – Apresentação PAE
  - Anexo III – Formulários
  - Anexo IV – ARTs

**Desenhos**

- Anexo I – Área Resguardada e Acessos
- Anexo II – Seções Restituição
- Anexo III – Mapas de Inundação
- Anexo IV – Zona de Autossalvamento
- Anexo V – Fluxograma de Acionamento

### 3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

#### 3.1 Localização e Acesso

A PCH Planalto possui potência instalada de 17 MW e está localizada no rio Aporé na bacia hidrográfica do Paraná sub-bacia Paranaíba. As coordenadas geográficas da barragem da Usina são 18°47'16,21"S de Latitude Sul e 52°22'33,48"O de Longitude Oeste.

A montante da PCH Planalto está localizada a CGH Aporé, única usina em operação a montante. A jusante se encontra a CGH Cassilândia, logo a jusante da cidade de mesmo nome. Ambas as usinas estão fora do trecho estudado.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Aporé em operação, próximos a PCH Planalto

| Posição em relação à     | Aproveitamento  | Potência | Proprietário                                |
|--------------------------|-----------------|----------|---|
| Montante                 | CGH Aporé       | 1,00     | Reichert Agropecuária Ltda.                 |
| PCH Planalto             |                 | 17,00    | Brennand Energia – Planalto Energética S.A. |
| Jusante (fora do trecho) | CGH Cassilândia | 0,50     | Pantanal Energética Ltda                    |

Fonte (Aneel, 2018)

O aproveitamento localiza-se nos municípios de Aporé - Goiás e Cassilândia – Mato Grosso do Sul. No barramento o rio Aporé possui área de drenagem de 883 km<sup>2</sup> e vazão média mensal de 19,40 m<sup>3</sup>/s, conforme ficha da ANEEL.

O acesso a usina faz-se através da cidade Chapadão do Sul – MS, na direção sul pela rodovia MS-306 por cerca de 17 km, após no sentido leste percorre-se por estrada vicinal 17,30 km até Usina de Planalto.



Figura 1 – Estrada de Acesso para a PCH Planalto

No caderno de desenhos se encontra o mapa de localização da usina, desenho PLA-C-AGE-001-00-19 – Mapa de Localização e Acesso à Usina, e o mapa da área a ser resguardada da Usina, desenho PLA-C-PRE-002-00-19 – Propriedades e Área Resguardada.

### 3.2 Estruturas da usina

A Usina entrou em operação em 2009 e possui todos os documentos de projeto como construído. As estruturas da Usina serão detalhadas abaixo.

#### 3.2.1 Reservatório

O nível de água máximo normal no reservatório da PCH Planalto está fixado na El 638,00 m. Nesta elevação, o reservatório acumula um volume na ordem de 5,90 hm<sup>3</sup> e ocupa uma área de 230,60 ha.

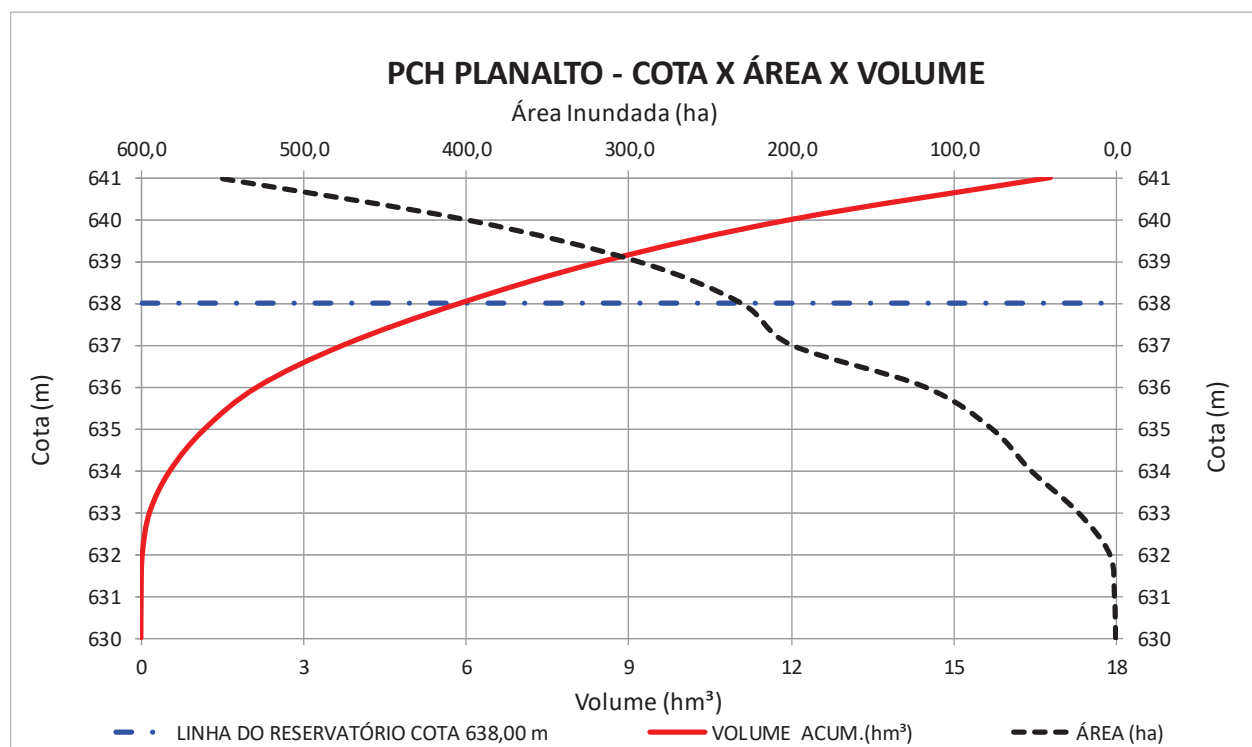


Figura 2 – Curva Cota x Área x Volume – Reservatório

#### 3.2.2 Barragem

A barragem é constituída por um maciço de terra. Possui altura máxima de 13 m e 218 m de comprimento.

Sua cota de proteção está na El. 641,00 m, os taludes do aterro são de 1V:1,75 H a montante e a jusante. A montante da Barragem foi incorporada um rip rap acima da elevação 636,00 de modo proteger talude contra erosões.

#### 3.2.3 Desvio do Rio

A estrutura de desvio do rio se encontra entre a tomada de água e o vertedouro, localizada na margem esquerda do rio Aporé. A estrutura possuía dois vãos para o escoamento do rio durante as obras sendo que um dos vãos foi tamponado após o enchimento do lago. No segundo vão se

encontra uma comporta vagão com acionamento hidráulico que pode trabalhar como descarregador de fundo na necessidade de esvaziamento do reservatório.

### 3.2.4 Vertedouro

O vertedouro situa-se no leito do rio, a superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta-se com perfil tipo USBR (perfil *creager*) com 35,50 m de comprimento, com talude de montante com inclinação de 1 V: 1 H. O talude de jusante possui escadas de inclinação 1 V: 1 H e calha em degraus. A capacidade de vazão do vertedouro é de 268 m<sup>3</sup>/s, correspondente à cheia decamilenar (NA máx max = 640,40 m) conforme a Ficha técnica – Anexo I. A soleira da ogiva encontra-se na EL. 638,00 m executado em concreto convencional e junto à sua fundação em rocha sã.

### 3.2.5 Circuito Hidráulico de Adução

O circuito hidráulico de adução e geração, localizado na margem esquerda é composto de tomada de água, trecho de conduto em baixa pressão enterrado, chaminé de equilíbrio e trecho em conduto forçado sendo parte enterrado que se bifurca para a adução em cada uma das duas turbinas. A descrição dos componentes do circuito de adução se encontra abaixo.

#### 3.2.5.1 Tomada de Água

A tomada de água, constituída por uma estrutura em concreto, tipo gravidade, apoiada parcialmente no maciço rochoso, com 13,00 m de altura máxima, 6,00 m de largura e cerca de 13,07 m de comprimento. Possui comporta grade na entrada e comporta vazão de dimensões de 4,00 x 2,90 m (L x A), com cota de proteção na El. 641,00 m.

#### 3.2.5.2 Condutos e Chaminé de Equilíbrio

A partir da tomada segue conduto de adução em baixa pressão em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) enterrado com diâmetro variável de 3,00 a 2,90 m até a chegada na chaminé de equilíbrio com um total de 1069 m em baixa pressão.

A chaminé de equilíbrio executada em concreto possui formato circular com diâmetro de 17,00 m e altura 19,20 m.

Após a chaminé de equilíbrio o conduto forçado segue com diâmetro 3 m, ainda em PRFV por 760 m até o bloco de ancoragem onde inicia o trecho exposto que foi executado em aço mantendo o diâmetro de 3,00 m até a bifurcação na entrada das duas unidades geradoras da Casa de Força onde o diâmetro se reduz para 1,74 m em cada máquina.

O comprimento total do trecho em PRFV é de 1829 m e do trecho em aço de 114 m.

#### 3.2.5.3 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força é do tipo abrigada, com 23,45 m de extensão na direção do fluxo e 34,70 m na direção transversal ao fluxo, composta por estruturas em concreto armado.

A área de montagem fica na El. 548,50 m, anexo à casa de força. Na superestrutura se encontra a ponte rolante da usina utilizada na montagem das unidades geradoras sendo agora utilizada para manutenção das mesmas.

O pátio da casa de força se encontra na elevação 548,60 m. Esta cota foi estabelecida para assegurar a estanqueidade da casa de força na ocorrência das cheias.

O canal de fuga, escavado em rocha e revestido em concreto é destinado à restituição das vazões turbinadas para o leito do rio.

### **3.3 Níveis Operacionais e Ficha Técnica**

Os níveis da PCH Planalto são:

- NA Normal Montante = 638,00 m;
- NA Máximo Maximorum Montante (\*) = 640,40 m (TR=10.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 641,00 m;
- NA Normal Jusante = 541,61 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante (\*) = 542,00 m (TR=10.000 anos);
- Cota de Proteção Casa de Força = 548,50 m.

(\*) níveis obtidos na elaboração do estudo de Dam break – item 5.4.

A ficha técnica da Usina está apresentada no Anexo I e abaixo. Diferente da ficha técnica de projeto básico essa ficha apresentada possui enfoque na segurança da barragem com os principais dados do arranjo geral e aqueles relativos as vazões e ao reservatório.

As figuras abaixo apresentam a ficha técnica, arranjo geral e estruturas civis da Usina, bem como alguns desenhos. Todos documentos da Usina estão apresentados no Anexo I.



## FICHA TÉCNICA

| FOTO                                 |                           | ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOIRO  |                              |        |
|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------|
|                                      |                           | Tipo:                             | Soleira Livre                |        |
|                                      |                           | Comprimento (m):                  | 35,50                        |        |
|                                      |                           | Capacidade (m <sup>3</sup> /s):   | 268,00 TR=10.000 anos        |        |
|                                      |                           | Elevação da Crista (m):           | 638,00                       |        |
|                                      |                           | Fundação:                         | Basalto                      |        |
| IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR        |                           | TOMADA D'ÁGUA                     |                              |        |
| Nome:                                | PCH Planalto              | Tipo:                             | Gravidade                    |        |
| Municípios:                          | Aporé-GO e Cassilândia-MS | Comprimento (m):                  | 13,07                        |        |
| Proprietário:                        | Planalto Energética S.A.  | Comportas                         | Número: 1                    |        |
|                                      |                           |                                   | Altura (m): 2,90             |        |
|                                      |                           |                                   | Largura (m): 4,00            |        |
| DATAS                                |                           | ADUÇÃO                            |                              |        |
| Conclusão Barramento:                | mar/09                    | Tipo:                             | Conduto Baixa Pressão - PRFV |        |
| Início Operação:                     | jul/09                    | Comprimento (m):                  | 1829,00                      |        |
| Manutenção Barragem:                 | -----                     | Diâmetro (m)                      | 3,00 a 2,90 m                |        |
|                                      |                           | Fundação:                         | Basalto                      |        |
| BACIA HIDROGRÁFICA                   |                           | CHAMINÉ                           |                              |        |
| Curso d'Água:                        | Rio Aporé                 | Altura (m):                       | 19,20                        |        |
| Bacia (ANEEL):                       | Paraná - 6                | Diâmetro (m):                     | 17,00                        |        |
| Sub-Bacia (ANEEL):                   | Paranaíba - 61            | Fundação                          | Basalto                      |        |
| RESERVATÓRIO                         |                           | CONDUTOS FORÇADO                  |                              |        |
| Área NA Normal - (km <sup>2</sup> ): | 2,31                      | Unidades:                         | 1 (Trecho 1) 2 (Bifurcação)  |        |
| Volume NA Normal (hm <sup>3</sup> ): | 5,89                      | Diâmetro (m):                     | 3,00 1,74                    |        |
| Níveis de Água (m):                  | Máx. Max.:                | 640,40                            | Comprimento (m):             | 114,00 |
|                                      | Normal:                   | 638,00                            |                              |        |
|                                      | Minimo:                   | 637,00                            |                              |        |
| BARRAGEM                             |                           | CASA DE FORÇA                     |                              |        |
| Tipo:                                | Homogênea em Terra        | Tipo:                             | Abrigada                     |        |
| Comprimento (m):                     | 218,00                    | Potência Instalada (MW)           | 17,00                        |        |
| Altura Máxima (m):                   | 13,00                     | Unidades Geradoras:               | 2 Francis Horizontal         |        |
| Largura Crista (m):                  | 6,00                      | Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s): | 20,36                        |        |
| Elevação da Crista (m):              | 641,00                    | Queda Bruta (m)                   | 96,39                        |        |
| Fundação:                            | Basalto                   | Nível de água jusante (m):        | Máx. Max.: 542,00            |        |
|                                      |                           |                                   | Normal: 541,61               |        |
|                                      |                           |                                   | Minimo: 541,49               |        |
| CASCATA                              |                           | TURBINA                           |                              |        |
| Usina Montante:                      | CGH Aporé-Operação        | Potência Nominal [MW]             | 8,5 Unitária                 |        |
| Usina Jusante:                       | -                         | Vazão Nominal [m <sup>3</sup> /s] | 10,18 Unitária               |        |
|                                      |                           | GERADOR                           |                              |        |
|                                      |                           | Potência Nominal [MW]             | 9,17 Unitária                |        |
|                                      |                           | Tensão Nominal [kV]               | 13,8                         |        |
|                                      |                           | Rotação Nominal [rpm]             | 600                          |        |
|                                      |                           | Fator de Potência                 | 0,90                         |        |

Figura 3 – Ficha Técnica da PCH Planalto

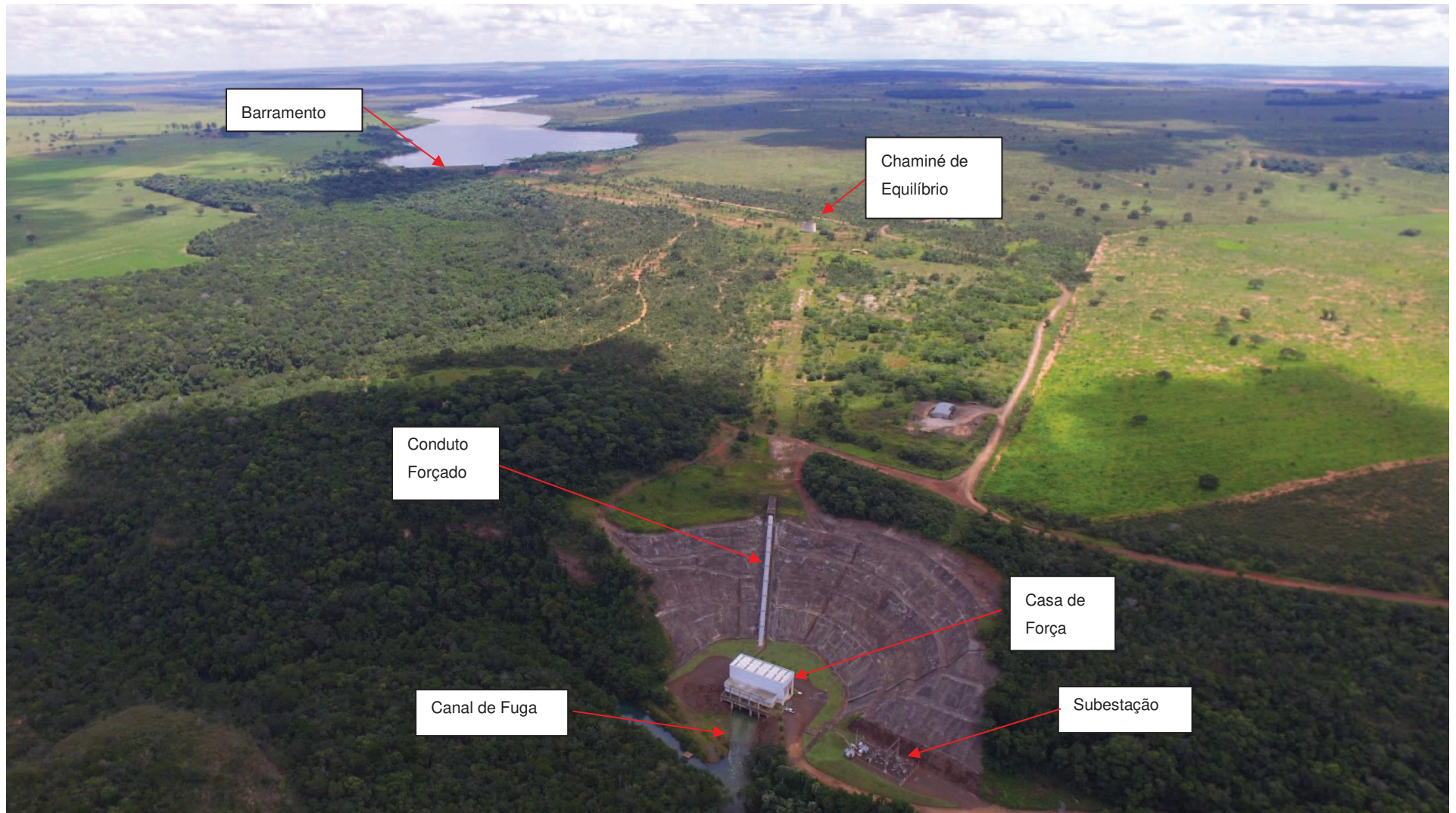


Figura 4 – Arranjo Geral da PCH Planalto





Figura 5 – Vista das estruturas do barramento da PCH Planalto

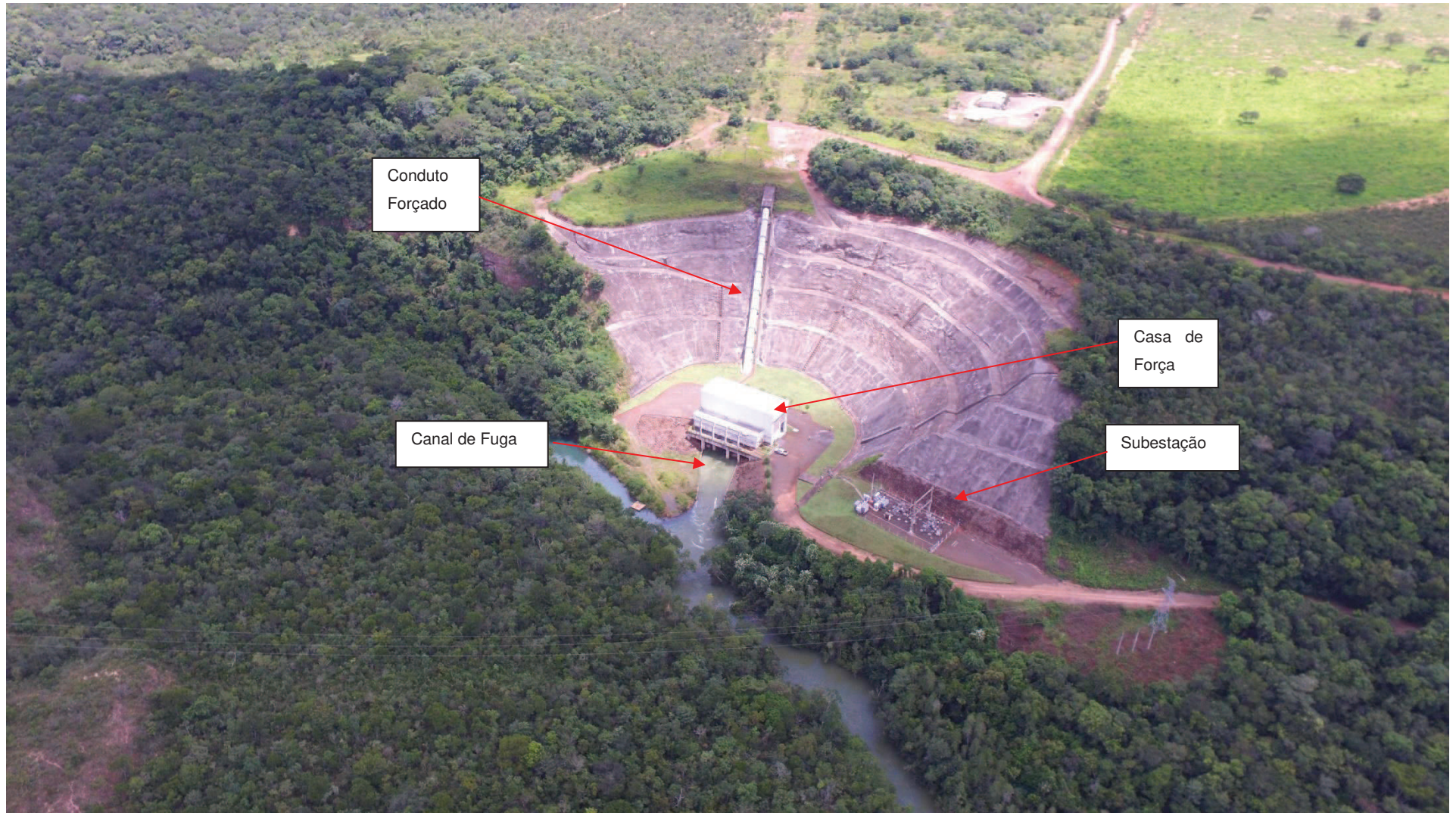


Figura 6 – Vista Geral das estruturas de jusante da PCH Planalto

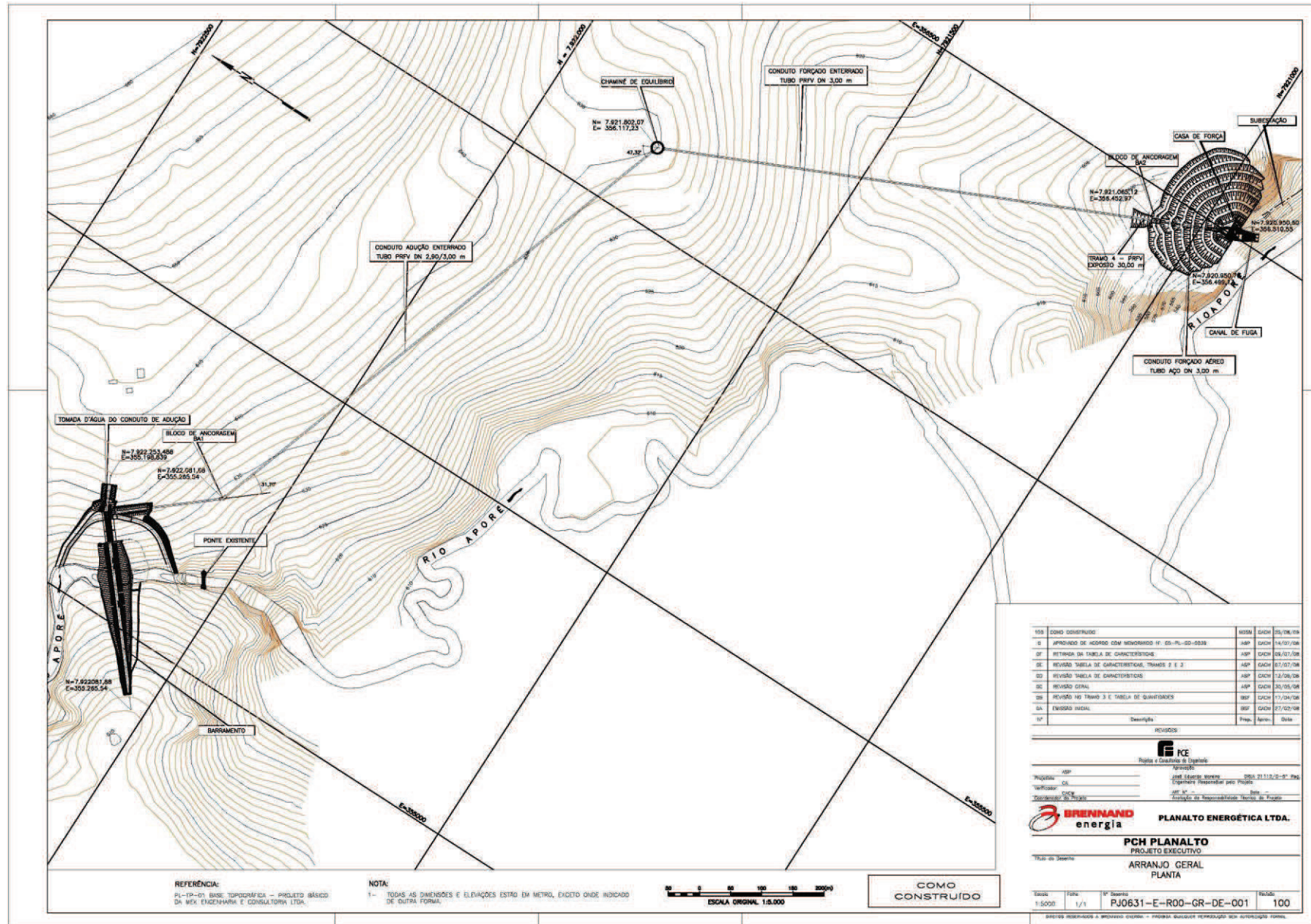


Figura 7 – Arranjo Geral



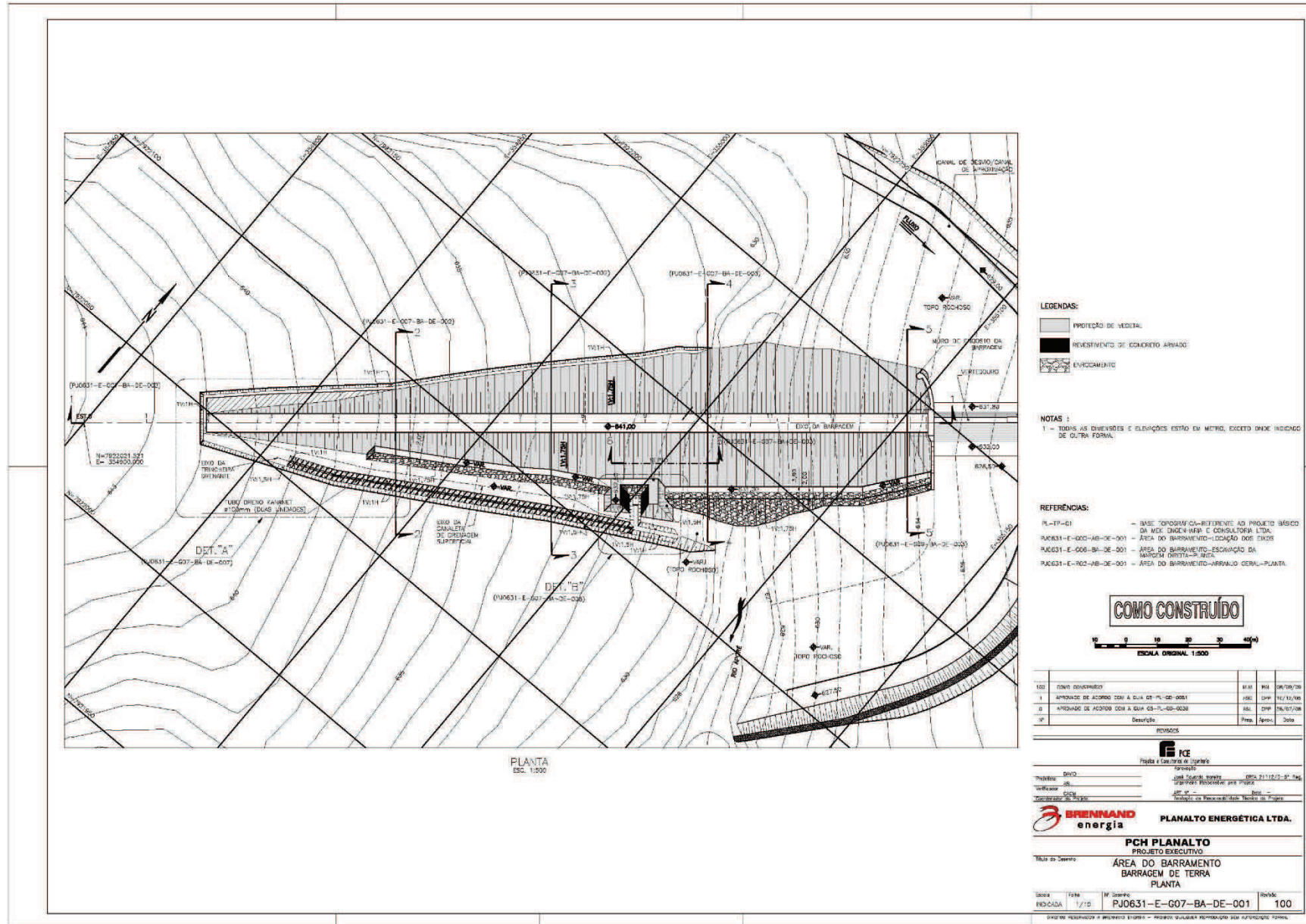


Figura 9 – Barragem Margem Direita – Planta Geral

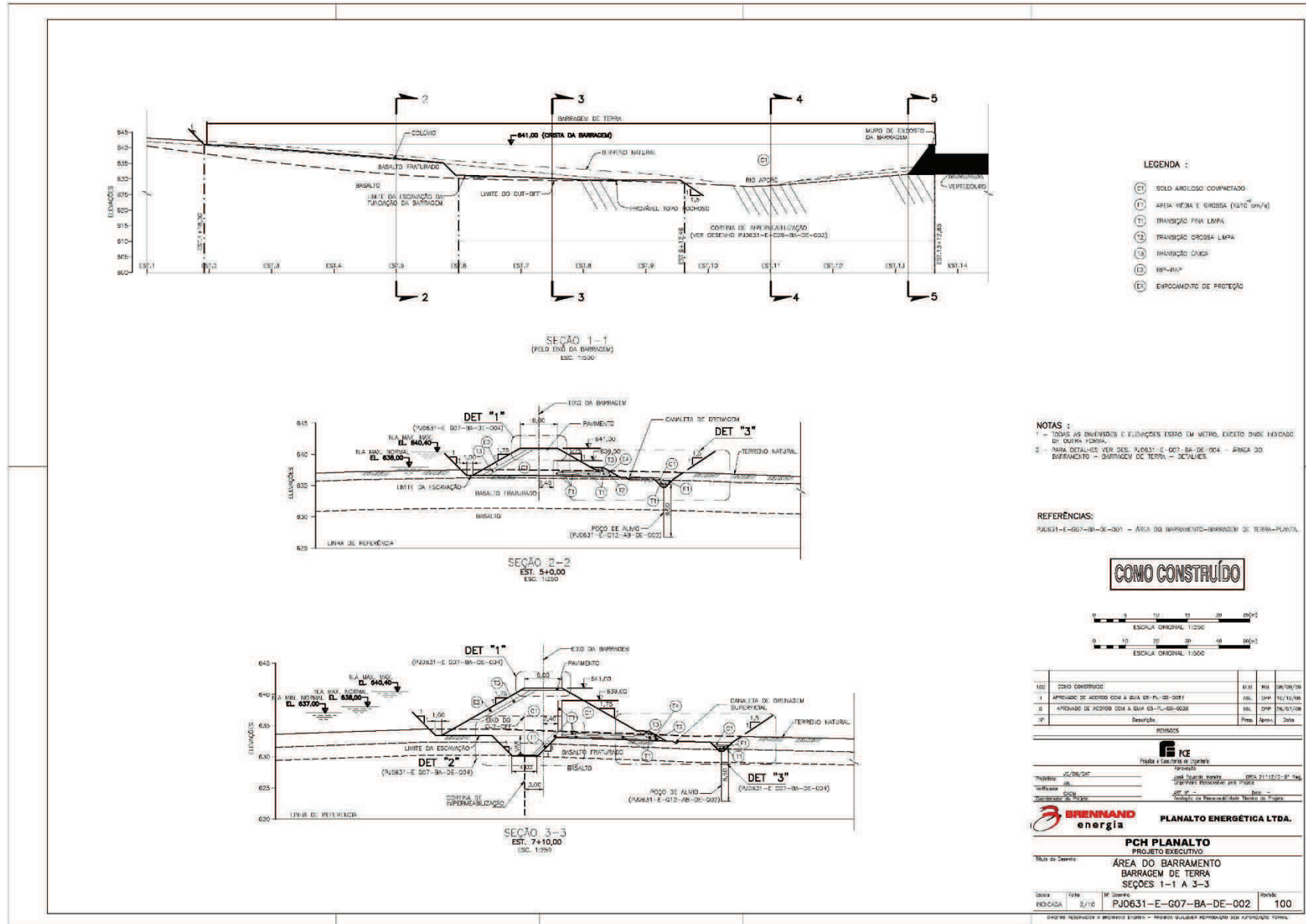


Figura 10 – Barragem Margem Direita – Seções 1 a 3

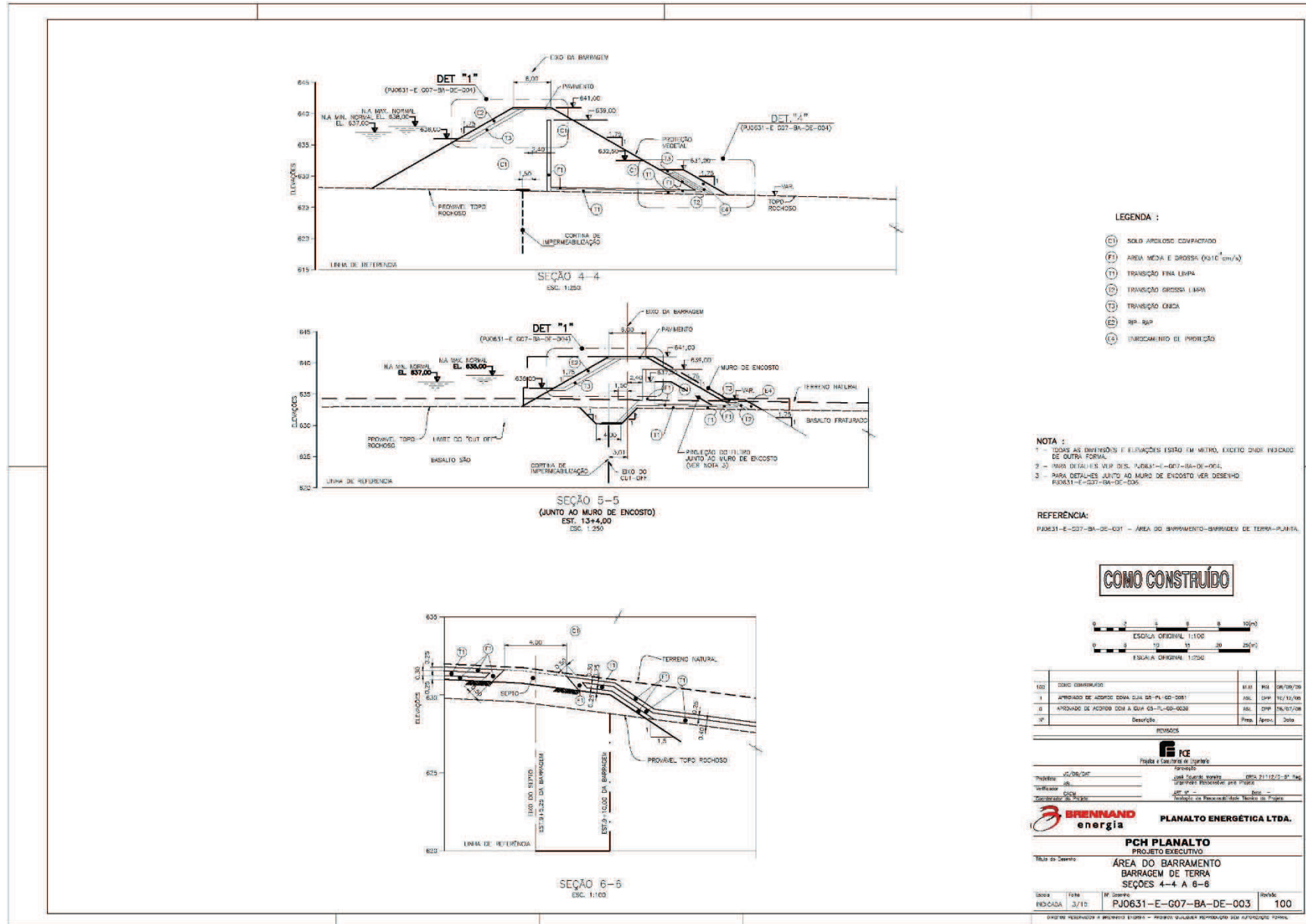


Figura 11 – Barragem Margem Direita – Seções 4 a 6

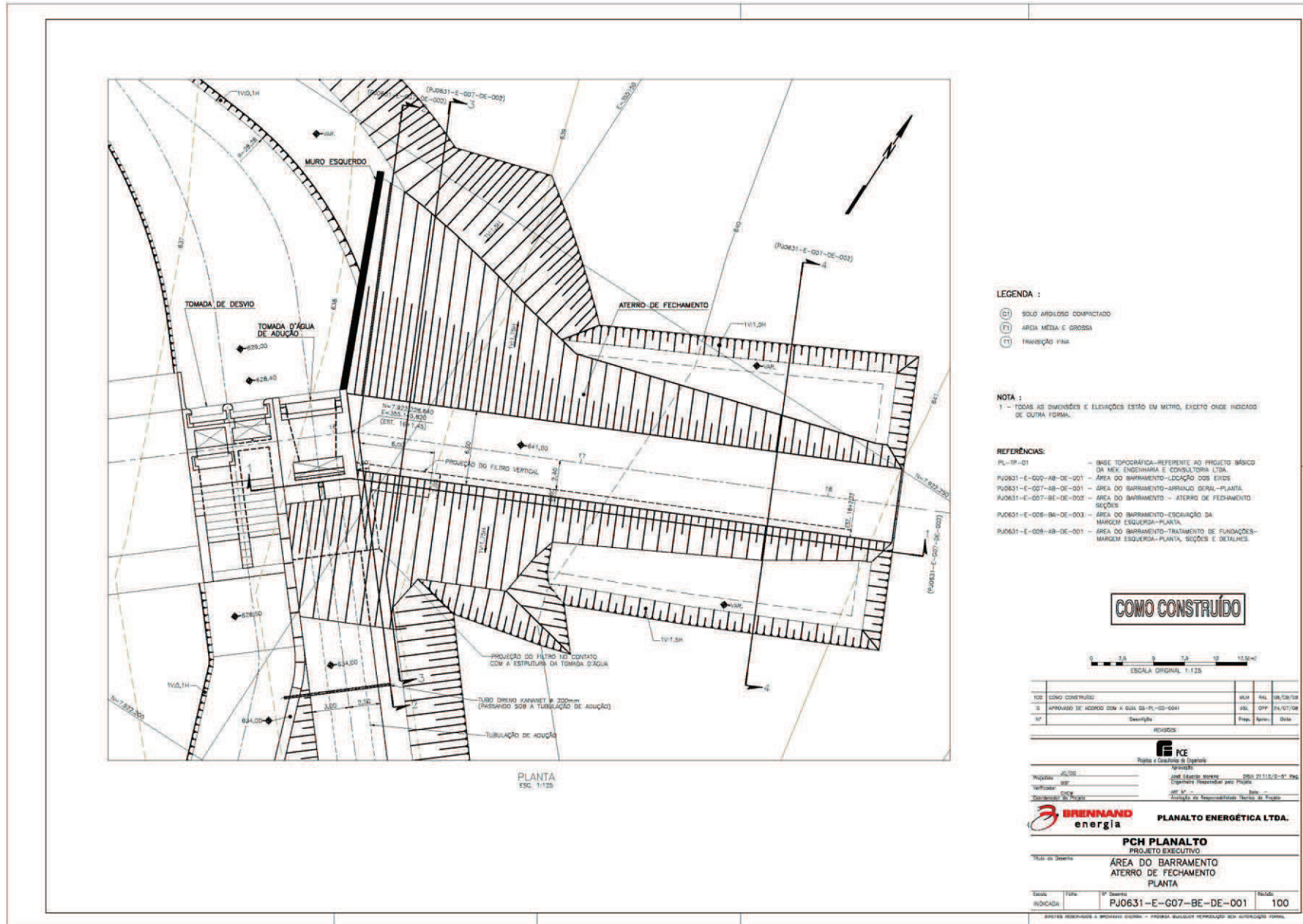


Figura 12 – Barragem Margem Esquerda – Planta



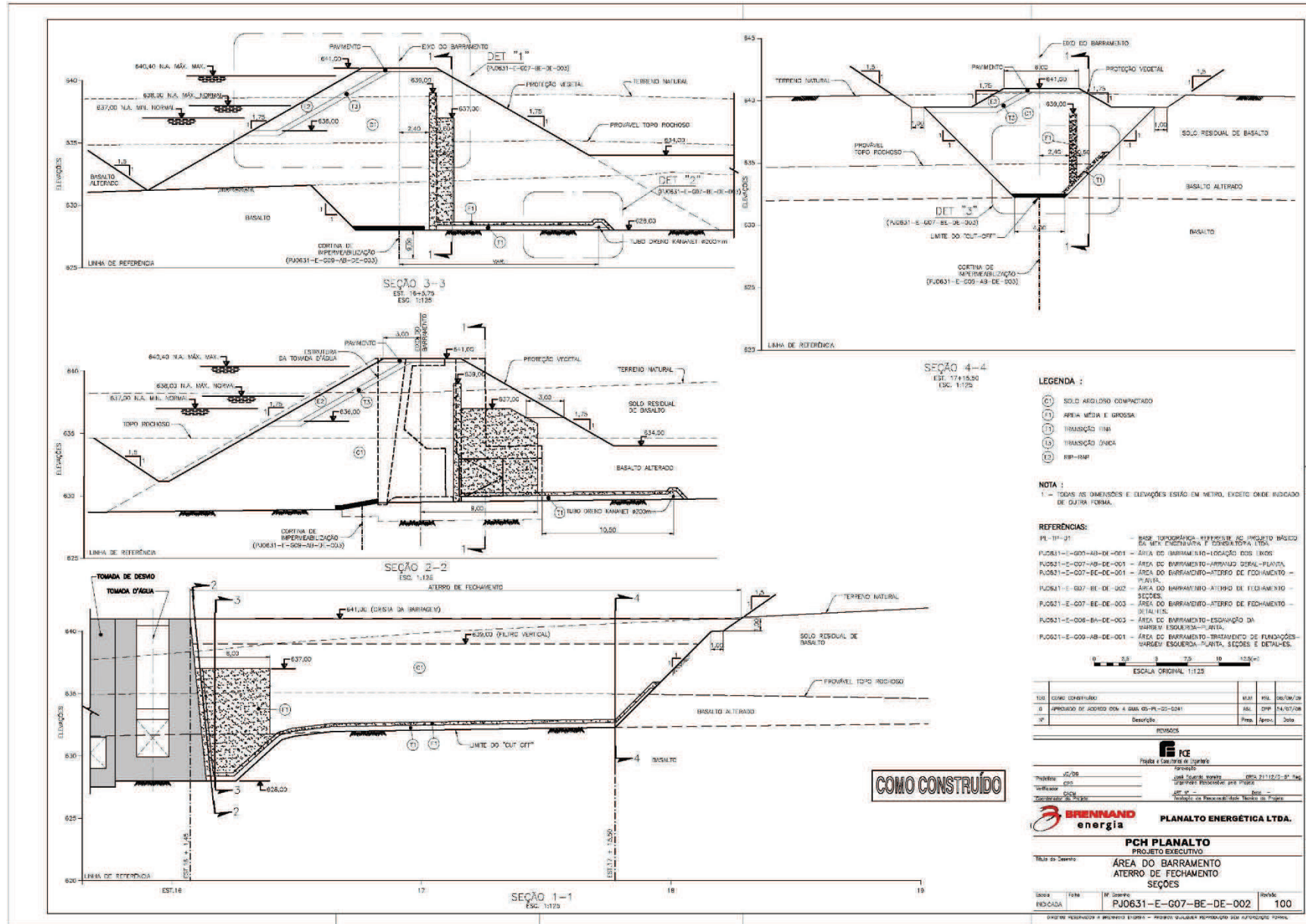


Figura 13 – Barragem Margem Esquerda – Seções

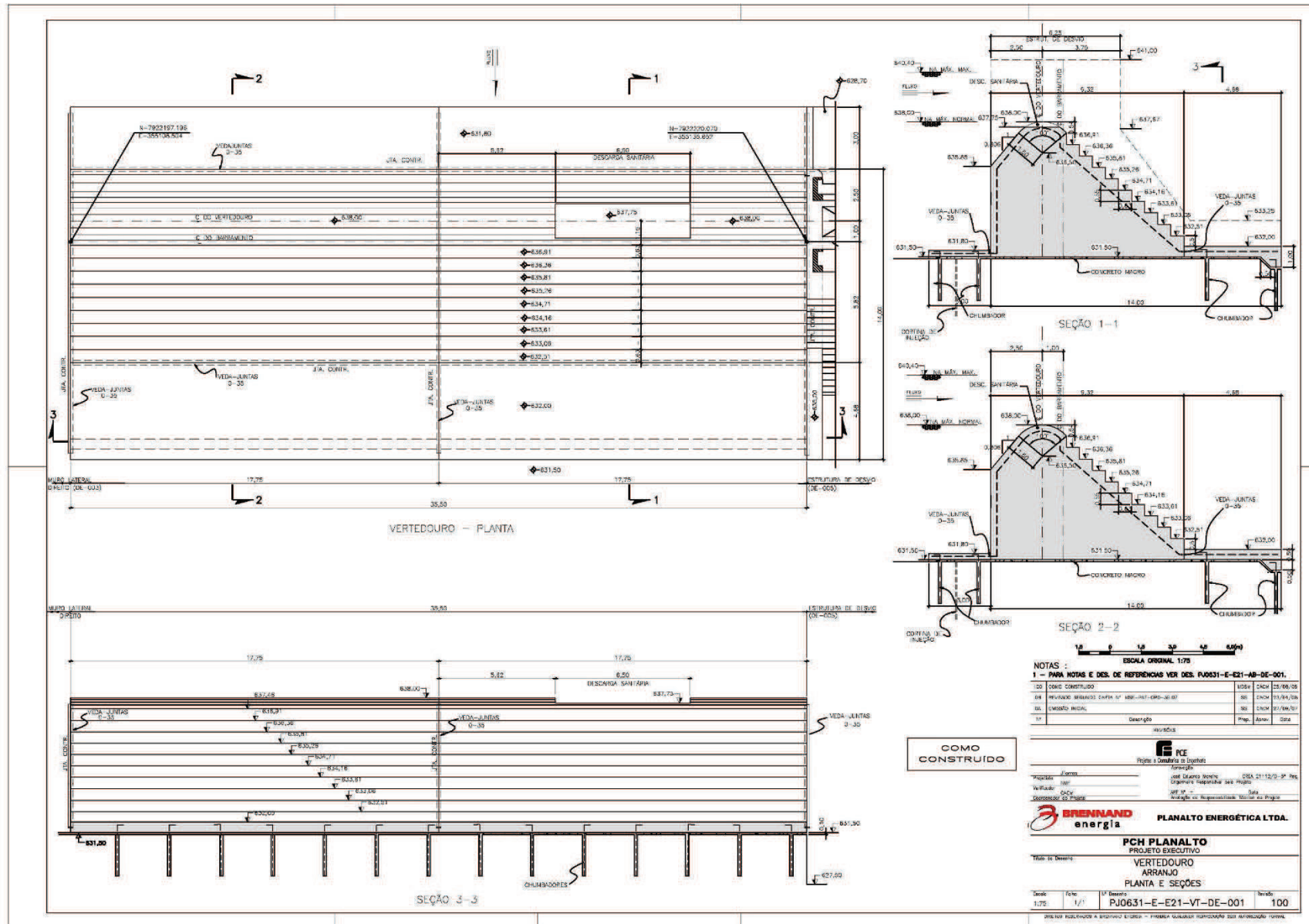


Figura 14 – Vertedouro – Planta e Seções

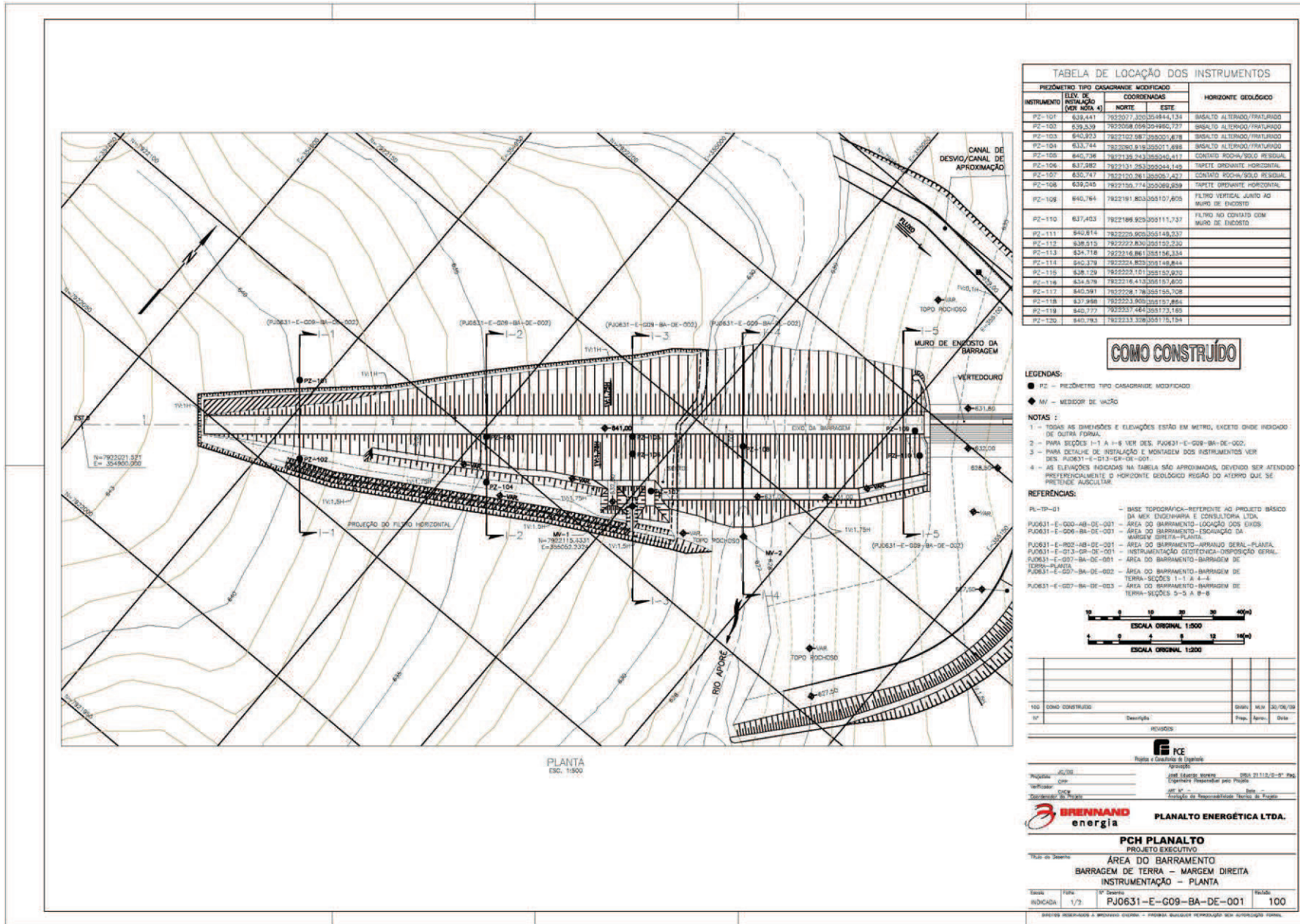


Figura 15 – Barragem Margem Direita – Instrumentação Planta

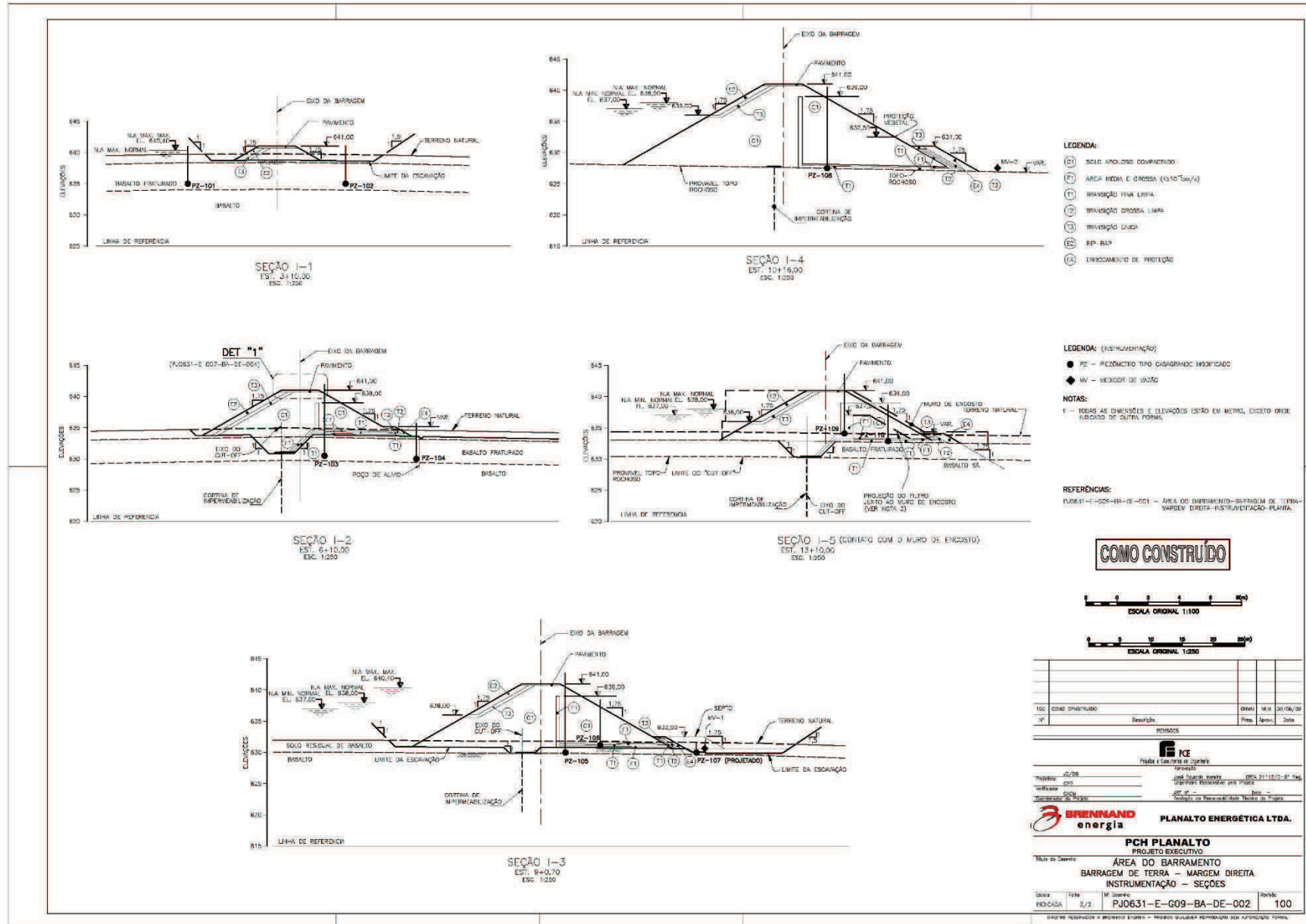


Figura 16 – Barragem Margem Direita – Instrumentação Seções

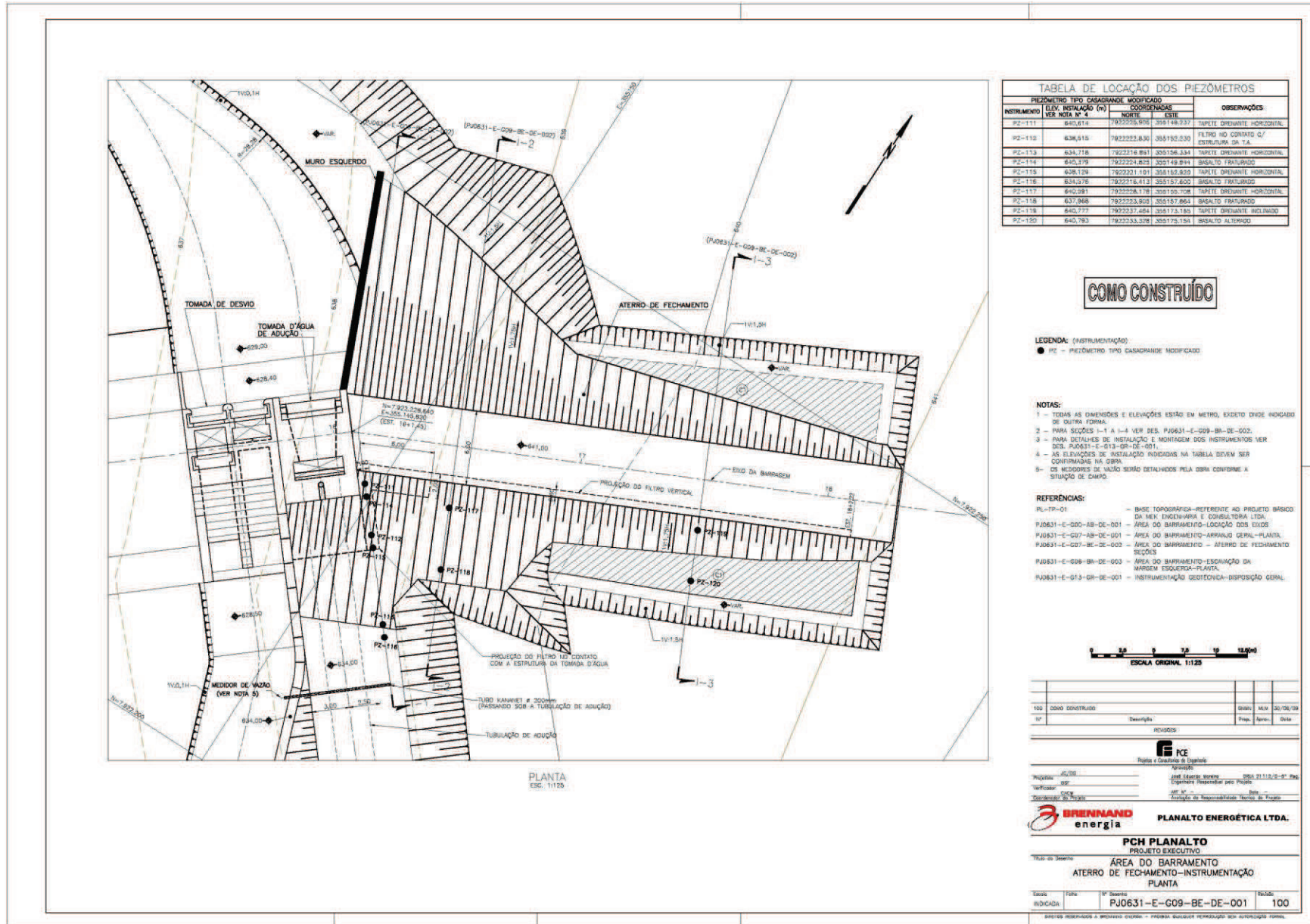


Figura 17 – Barragem Margem Esquerda – Instrumentação Planta

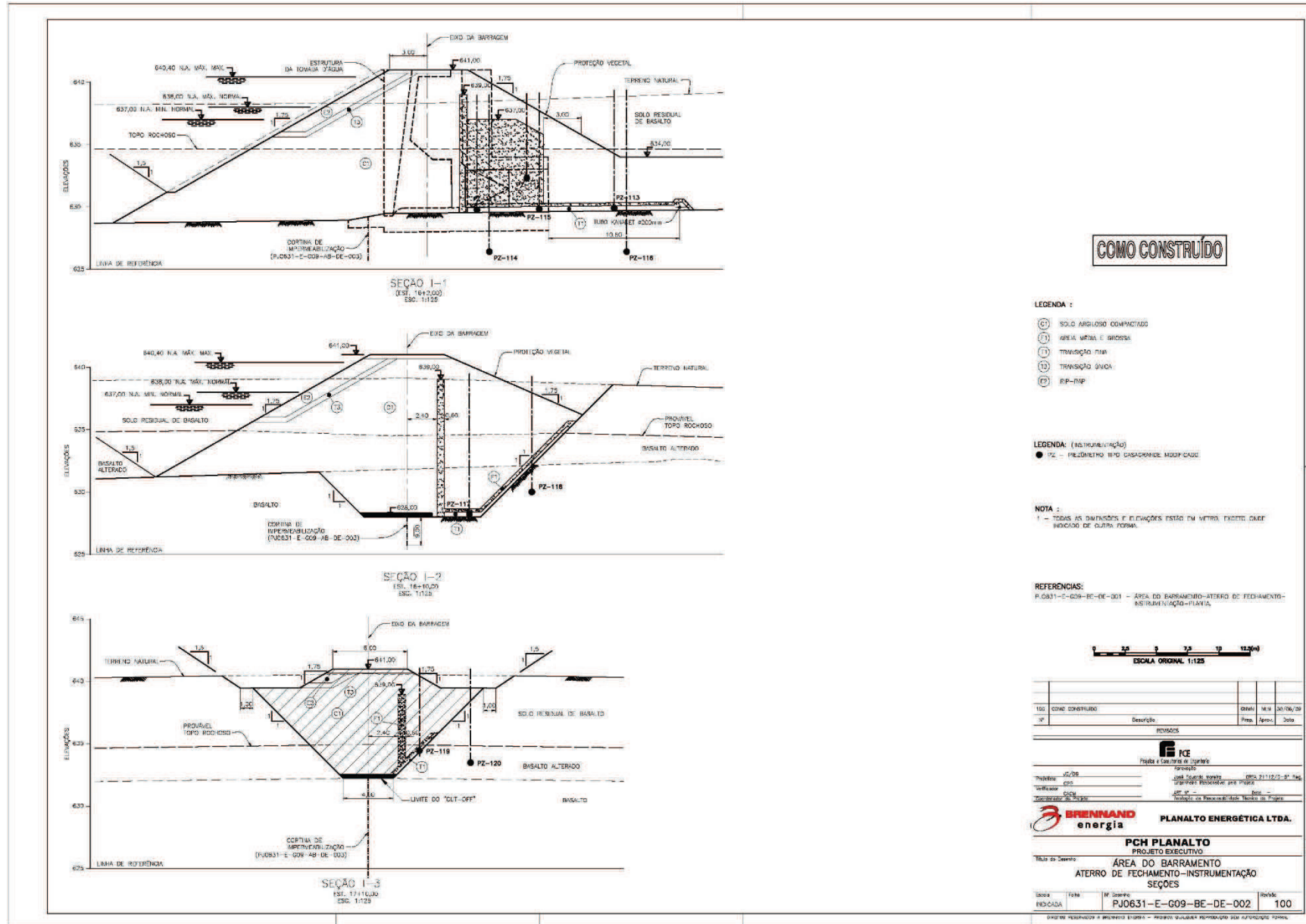


Figura 18 – Barragem Margem Esquerda – Instrumentação Seções







## 4 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

### 4.1 Avaliação do Risco

O estudo das ameaças de desastres e do grau de vulnerabilidade dos corpos e sistemas hidráulicos receptores aos efeitos adversos permite a avaliação, a definição e hierarquização das áreas de maior risco. Os riscos identificados para o barramento da PCH Planalto são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

#### 4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Planalto possui área de drenagem total de 883 Km<sup>2</sup>. O reservatório possui um volume de 5,65 hm<sup>3</sup> formado pelo barramento de aterro compactado com altura máxima de 13,00 m.

A probabilidade de uma determinada cheia ocorrer ou ser ultrapassada num ano qualquer é o

inverso do tempo de retorno  $P = \frac{1}{TR}$ , e a de não acontecer é  $p = 1 - P$ .

A probabilidade de ocorrer pelo menos uma cheia que seja igual e (ou exceda) àquela de período de retorno TR, num intervalo de “n” anos qualquer pode ser dada pela expressão:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n$$

Equação 1: Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno

Portanto, o risco adotado pelo projeto da obra hidráulica da PCH Planalto pode ser analisado pela Tabela a seguir:

Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)

| TR (anos) | Período de Vida da Estrutura (em anos) |      |       |       |
|-----------|--|------|-------|-------|
|           | 1                                      | 10   | 25    | 50    |
| 100       | 1,00                                   | 9,56 | 22,21 | 39,49 |
| 500       | 0,20                                   | 1,98 | 4,88  | 9,52  |
| 1.000     | 0,10                                   | 0,99 | 2,47  | 4,88  |
| 10.000    | 0,01                                   | 0,10 | 0,25  | 0,50  |

É importante ressaltar que os riscos assumidos pelo projeto são significativamente pequenos, ou seja, para um tempo de retorno adotado (TR=10.000 anos) os riscos de ocorrerem cheias maiores ou iguais à cheia do projeto variam de 0,01% a 0,50% considerando os diferentes períodos de vida útil do empreendimento.

## 4.1.2 Risco de Colapso Estrutural

### 4.1.2.1 Barragem de Terra

O Barramento da PCH Planalto apresenta boas condições de segurança, sem presença de infiltrações ou pontos de deterioração, de acordo com relatório de inspeção civil PLA-C-RIC-001-00-19 que se encontra no Anexo I.

As estruturas do Barramento da PCH Planalto foram projetadas em 2008 obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade das normas vigentes na época e estão com fatores segurança superiores aos preconizados.

Para execução da Barragem foram utilizados procedimentos adequados de construção e fiscalização com os tratamentos necessários para a garantia da obra em toda vida útil.

O Barramento está sendo monitorado com um total de 20 piezômetros de tubo aberto e 2 medidores de vazão. Os desenhos PJ0631-E-G09-BA-DE-001-R100, PJ0631-E-G09-BA-DE-002-R100, PJ0631-E-G09-BE-DE-001-R100 e PJ0631-E-G09-BE-DE-002-R100 que se encontram no Anexo I apresentam estes instrumentos.



Figura 21 – Vista Geral do barramento

Estas instrumentações bem como as inspeções civis auxiliam no monitoramento da estrutura.

Na Figura 22 abaixo se observa o talude de montante da barragem com a margem direita ao fundo. Destaca-se na foto as boas condições da proteção do talude e da pista de rolamento.

A Figura 23 apresenta o talude de jusante da barragem da PCH Planalto. Pode-se observar as ótimas condições de manutenção das canaletas de drenagem, das bermas de construção e da proteção vegetal do talude.



Figura 22 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude montante



Figura 23 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude jusante

#### 4.1.2.2 Vertedouro

O Vertedouro da PCH Planalto foi projetado em 2008 obedecendo aos critérios da Eletrobrás, estando as condições de estabilidade com fatores de segurança superiores aos preconizados. O Vertedouro da PCH Planalto apresenta boas condições de segurança, sem presença de infiltrações maiores ou pontos de deterioração. A capacidade de descarga está acima do tempo de recorrência de 10.000 anos ( $Q=268,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ) indicado na ficha técnica.



Figura 24 – Vista Geral do Vertedouro e margem esquerda da Barragem

O Plano de Segurança da Barragem (existente da Usina), tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise/estudos para determinar as soluções dos problemas.

**A PCH PLANALTO nas condições atuais possui risco de colapso estrutural praticamente nulo. Além de que, não existe formulação determinista para o cálculo do risco estrutural.**

## 4.2 Identificação das Emergências Potenciais

Para identificação das emergências foram determinados níveis de água ao longo do rio a jusante da PCH Planalto e o tempo de percurso da onda de enchente.

A partir destes níveis foram elaborados mapas de inundação, com os níveis máximos e o tempo de propagação da onda de enchente, e com estes identificados e classificados as emergências potenciais:

### a) Situação Inicial – Níveis de Enchentes

Correspondem à condição natural de escoamento do hidrograma de cheias no tempo de retorno de 100 anos (condição normal de cheias) e de 10.000 anos (Cheia de Projeto), sem considerar o rompimento do barramento.

### b) Situação de Rompimento – Níveis de Enchentes com ruptura

Hidrograma efluente de ruptura da barragem de terra em conjunto com o hidrograma da enchente natural com TR de 100 anos e decamilenar. Devido a contribuição do reservatório esta situação sempre resulta em níveis de enchentes mais altos.

#### 4.2.1 Classificação das Situações

A gestão da emergência é efetuada em função do nível de resposta necessário para a situação no momento.

A classificação do nível de resposta deve ser feita em quatro níveis, de acordo com a descrição das características gerais de cada situação de emergência em potencial da barragem. A convenção é utilizada para graduar as situações que podem comprometer a segurança da barragem e ocupações a jusante e ativar um processo de emergência na barragem:

- **Normal** - Não ocorrem anomalias ou as que existem não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser monitoradas;
- **Atenção** - Anomalias não comprometem estrutura, mas exigem controle ou reparo;
- **Alerta** - Anomalia representa risco à segurança da barragem, exige providências para manutenção das condições de segurança;
- **Emergência** - Anomalia representa risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais a jusante.

## 5 ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nas simulações das consequências (hidrograma de ruptura), para as hipóteses acidentais identificadas no capítulo 4.2 (cheias extremas e rompimento da barragem).

Nesta etapa ocorre a estimativa e a avaliação das consequências e seus respectivos efeitos físicos decorrentes de eventos anormais que possam ocorrer, bem como a determinação e o mapeamento das áreas vulneráveis as ondas de cheia em cada um dos cenários de acidentes. O comportamento da onda de enchente e as áreas atingidas são obtidos mediante a utilização de programas simuladores de rompimento e propagação das cheias.

### 5.1 Metodologia

No estudo de rompimento da barragem da PCH Planalto foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS 5.0.5 (desenvolvido por *U.S. Army Corps of Engineers*), que se baseia no método de *Standard Step Method* (HENDERSON, 1966).

O cenário a ser simulado é determinado por informações lançadas no programa de forma a identificar a forma como se dá o rompimento da barragem e as condições geográficas e ambientais que influenciam no comportamento da onda de cheia.

Na caracterização do cenário as seguintes informações são necessárias:

- Geografia da região e geometria do rio;
- Tipo e geometria da barragem;
- Causa do rompimento;
- Formação da brecha;
- Dados sócio – ambientais.

#### 5.1.1 Geografia da Região e Geometria do Rio

A geografia da região define as áreas atingidas pela onda de passagem de cheia e pela inundação permitindo identificar os pontos de risco.

A caracterização adequada da geometria das seções no vale a jusante da barragem é muito importante na simulação da cheia, porque existe um forte efeito de atenuação da onda ao longo do trecho inundado. Vales mais encaixados atenuam menos a onda de cheia na sua propagação para jusante que vales mais abertos com largas áreas inundáveis. Neste efeito a geometria do vale e da área inundável tem mais importância que a própria calha do rio.

#### 5.1.2 Tipo e Geometria da Barragem

A caracterização da brecha de rompimento com suas dimensões, tempo do seu desenvolvimento e formação são influenciados pelo tipo de barragem. As características de projeto e construção e suas dimensões influenciam na abertura da brecha e com isso no tempo de propagação e

intensidade da onda de cheia. Os dados do reservatório também influenciam considerando que quanto maior o volume para um mesmo desnível a brecha tende a ser maior.

### 5.1.3 Causas de Rompimento

A causa de rompimento é importante pois determina a velocidade com que ocorre a formação da brecha.

As causas de rompimento podem ser por galgamento, entubamento ou infiltração e falhas estruturais (New Jersey Department of Environmental Protection, 2007).

#### 5.1.3.1 Galgamento

O galgamento é a passagem da água sobre a barragem em partes não projetadas para verter água. O galgamento pode ser causado pela má operação do reservatório durante a cheia, devido a uma cheia extraordinária onde o dispositivo extravasador (vertedouro) não possui capacidade de vazão compatível ou pela formação de uma onda dentro do reservatório, de origem sísmica ou provocada pelo deslizamento de uma grande quantidade de terra das encostas.

Se o tempo e a intensidade do galgamento são suficientes, inicia-se uma brecha em um ponto qualquer mais fraco na crista da barragem e esta brecha cresce com o tempo, por erosão, numa velocidade que depende da vazão de galgamento, do material da barragem e das características do reservatório (Collischonn, 1997).

A Figura 25 demonstra a formação de uma brecha por galgamento, sendo que o processo de formação segue a sequência apresentada abaixo.

- a) Início em um ponto mais fraco;
- b) Brecha em forma de "V";
- c) Aprofundamento da brecha;
- d) Aumento lateral por erosão.

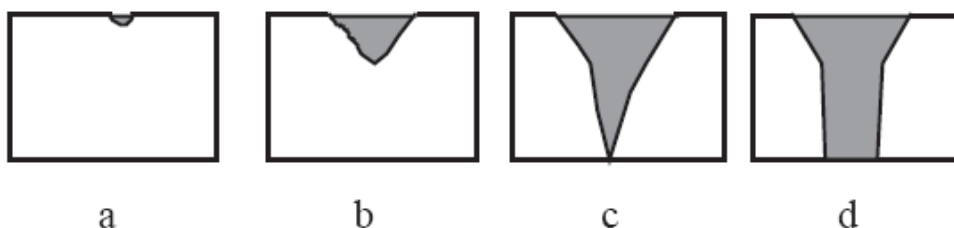


Figura 25 – Formação de brecha por galgamento

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

#### 5.1.3.2 Infiltração

A infiltração ocorre devido à passagem da água através das paredes da barragem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002, p. 116). A água que se movimenta através da barragem, ou de suas fundações, pode originar na formação de uma brecha se os volumes de água e material sólido superam determinados limites de segurança. A brecha inicia como um poro em

um ponto qualquer da barragem e este poro cresce, por erosão, para todos os lados, até ocorrer o colapso.

A Figura 26 mostra a formação de uma brecha por entubamento ou infiltração, típica de barragens de terra, que também ocorre conforme a sequência abaixo.

- a) Surgimento do poro;
- b) Aumento por erosão;
- c) Colapso da porção superior e erosão.

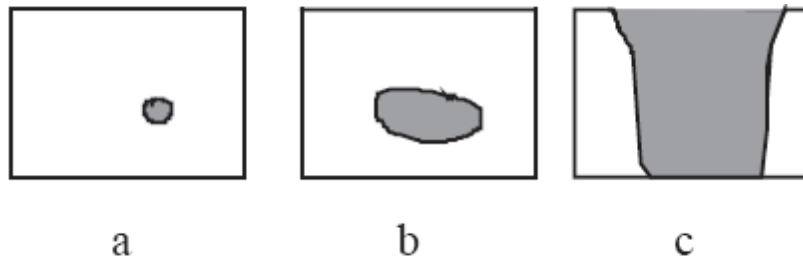


Figura 26 – Formação da brecha por infiltração

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 32

### 5.1.3.3 Falhas nas fundações e estruturais

Nas barragens de concreto do tipo gravidade pode ocorrer uma falha estrutural geral, no caso de uma situação de instabilidade provocada por cargas hidrostáticas e uma deficiente capacidade de equilíbrio global, situação resultante de erro ou deficiência no projeto ou de um problema generalizado nas respectivas fundações. Admite-se que o cenário mais provável é o da abertura da brecha por remoção sucessiva de blocos ou a ruptura da zona superior do perfil da barragem no caso de excederem as tensões limites numa zona menos espessa do perfil da barragem resultando de modo geral em uma ruptura parcial e gradual. O terreno sobre o qual a barragem está e a ligação da barragem ao terreno nas Planalto podem deslizar sob o efeito das acomodações geológicas que resultam do enchimento do reservatório ou da saturação do material da fundação por infiltração (Almeida 2007).

Em barragens de aterro compactado a distribuição das pressões sobre o terreno de fundação ocorre de maneira mais branda e gradual reduzindo a possibilidade de falhas estruturais, porém a bibliografia indica diversos casos de falhas com rompimentos onde a falha nos estudos de geologia e geotecnia resultaram no colapso do barramento. Neste caso o colapso ocorre no enchimento ou apenas alguns dias após com a saturação da fundação.

A Figura 27 apresenta o comportamento de um rompimento resultante de uma falha nas fundações ou de estruturas, ocorre a formação de uma brecha, que apresenta características parecidas, sejam elas barragem de terra ou concreto em gravidade (a), ou barragens de concreto em arco (b).





Figura 27 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

Fonte: COLLISCHONN, 1997, p. 33

#### 5.1.3.4 Ações de guerra

Durante guerras as barragens são pontos estratégicos pelo seu significado econômico para um país, bem como pelo potencial destrutivo de uma inundação resultante de uma ruptura. A formação da brecha depende da intensidade e da localização da explosão com a qual a barragem é atingida.

Durante a Segunda Guerra Mundial os países aliados desenvolveram armas especiais para implodir barragens. As implosões mais conhecidas são as das barragens de Moehne e de Eder, na Alemanha.

**OBSERVAÇÃO:** Do ponto de vista de simulação de rompimento, as causas de falhas nas fundações estruturais e por ações de guerra se comportarão como uma falha por galgamento ou infiltração, com diferenciação no tempo de formação da brecha e geometria, que devido as suas características podem ser considerados como rompimentos progressivos ou até mesmo catastróficos e imediatos conforme determina Collischonn, 1997.

#### 5.1.3.5 Casos Estatísticos

Entre as causas de rompimentos Ramos e Melo (2007) identificam que em pesquisa envolvendo 1105 casos de deterioração de barragens pertencentes a 33 países, e em duas publicações elaboradas pela ICOLD e pela USCOLD (ICOLD, 1974 e USCOLD, 1975), a capacidade de vazão insuficiente ou o mau funcionamento dos órgãos de descarga de cheias associado ao galgamento foram responsáveis por cerca de 42% do número total de rupturas em barragens. Por sua vez as relacionadas com as fundações (percolação, erosão interna), com as erosões localizadas e com o deficiente comportamento estrutural foram responsáveis por cerca de 23%.

#### 5.1.4 Formação da Brecha

A formação da brecha pode ser descrita por três parâmetros básicos:

- Tamanho;
- Tempo de formação; e
- Forma geométrica.

Todos estes parâmetros são fortemente influenciados pela causa do rompimento e pelo tipo de barragem.

São parâmetros importantes, pois influenciam diretamente na vazão e na altura da onda de enchente decorrente do rompimento. Uma brecha maior ou rompimento catastrófico e com tempo de formação mais rápido gera uma onda de enchente de maior volume e o esvaziamento mais

rápido do reservatório, enquanto uma brecha menor e com tempo de formação mais lento geram uma onda de enchente menor e com esvaziamento lento do reservatório.

O manual Using HEC-RAS for Dam Break Studies (agosto de 2014), indica de acordo com referências internacionais valores para formação da brecha, tabela abaixo.

**Table 3. Ranges of Possible Values for Breach Characteristics**

| Dam Type         | Average Breach Width ( $B_{ave}$ ) | Horizontal Component of Breach Side Slope (H) (H:V) | Failure Time, $t_f$ (hours) | Agency     |
|------------------|------------------------------------|---|-----------------------------|------------|
| Earthen/Rockfill | (0.5 to 3.0) x HD                  | 0 to 1.0  | 0.5 to 4.0                  | USACE 1980 |
|                  | (1.0 to 5.0) x HD                  | 0 to 1.0  | 0.1 to 1.0                  | FERC       |
|                  | (2.0 to 5.0) x HD                  | 0 to 1.0 (slightly larger)                          | 0.1 to 1.0                  | NWS        |
|                  | (0.5 to 5.0) x HD*                 | 0 to 1.0  | 0.1 to 4.0*                 | USACE 2007 |
| Concrete Gravity | Multiple Monoliths                 | Vertical  | 0.1 to 0.5                  | USACE 1980 |
|                  | Usually $\leq 0.5 L$               | Vertical  | 0.1 to 0.3                  | FERC       |
|                  | Usually $\leq 0.5 L$               | Vertical  | 0.1 to 0.2                  | NWS        |
|                  | Multiple Monoliths                 | Vertical  | 0.1 to 0.5                  | USACE 2007 |
| Concrete Arch    | Entire Dam                         | Valley wall slope                                   | $\leq 0.1$                  | USACE 1980 |
|                  | Entire Dam                         | 0 to valley walls                                   | $\leq 0.1$                  | FERC       |
|                  | (0.8 x L) to L                     | 0 to valley walls                                   | $\leq 0.1$                  | NWS        |
|                  | (0.8 x L) to L                     | 0 to valley walls                                   | $\leq 0.1$                  | USACE 2007 |
| Slag/Refuse      | (0.8 x L) to L                     | 1.0 to 2.0  | 0.1 to 0.3                  | FERC       |
|                  | (0.8 x L) to L                     |   | $\leq 0.1$                  | NWS        |

\*Note: Dams that have very large volumes of water, and have long dam crest lengths, will continue to erode for long durations (i.e., as long as a significant amount of water is flowing through the breach), and may therefore have longer breach widths and times than what is shown in Table 3. HD = height of the dam; L = length of the dam crest; FERC - Federal Energy Regulatory Commission; NWS - National Weather Service

Fonte: Using HEC-RAS for Dam Break Studies (agosto/2004)

Figura 28 – Tamanhos e tempo para formação da brecha

#### 5.1.4.1 Tamanho

Barragens de concreto em arco apresentam ruptura total e praticamente instantânea (ALMEIDA e FRANCO, 1993, ICOLD, 1996 e FRANCO, 1996 apud RIBEIRO, 2007).

Barragens de concreto por gravidade apresentam ruptura de um ou dois blocos (ALMEIDA e FRANCO, 1993, ICOLD, 1996, e FRANCO, 1996 apud RIBEIRO, 2007). Existe dificuldade de se prever o número de seções monolíticas que devem se deslocar e sofrer colapso, porém é possível determinar a geometria para simulação aumentando a largura da base da brecha de modo a representar o número de seções monolíticas deslocadas.

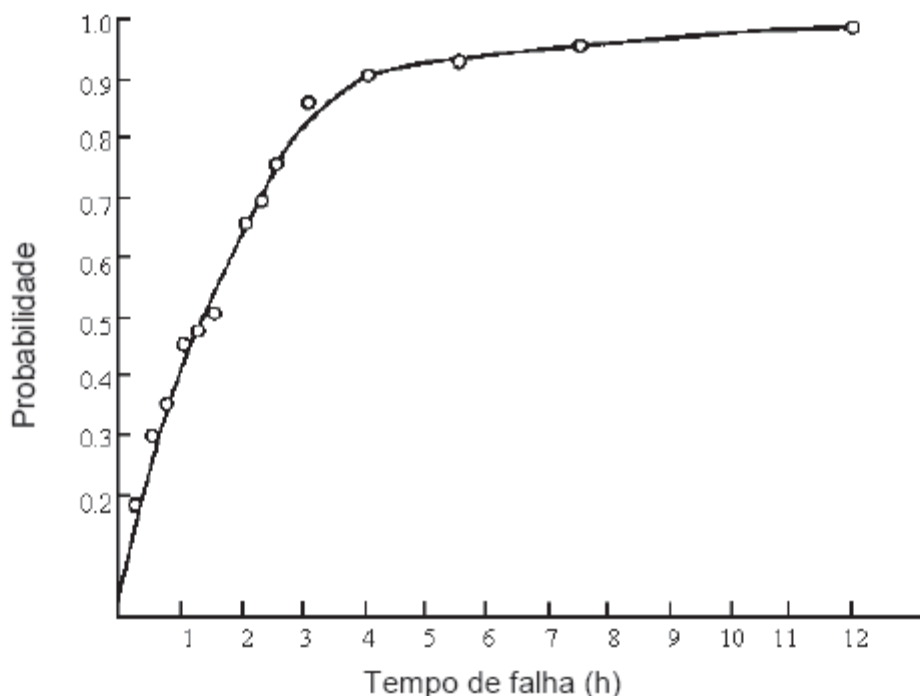
O número de blocos rompidos poderá ser fixado tendo em conta a velocidade de descida do nível a montante, uma vez que uma rápida descida corresponde a uma redução significativa das solicitações para os blocos que não rompem, reduzindo a possibilidade de rompimento destes.

Em barragens de terra não ocorre o rompimento total da estrutura do talude, este rompimento também não é instantâneo, a brecha que se forma como resultado do rompimento tende a apresentar uma largura média (B) de  $0,5H < B < 3H$ , onde H é a altura da barragem. Desta forma normalmente a largura da brecha em barragens de terra é muitas vezes inferior à largura total da barragem (Collischonn, 1997).

#### 5.1.4.2 Tempo de rompimento

Para as barragens de concreto em arco que são simuladas através da ruptura total da estrutura, o tempo de rompimento é instantâneo, podendo ocorrer em alguns minutos (Martins e Viseu, 2007).

Em barragens de concreto por gravidade o tempo de formação da brecha é da ordem de minutos. Em barragens de terra por gravidade, onde ocorre a ruptura em forma de brechas, o tempo de formação da mesma é usualmente maior e depende da altura da barragem, do material utilizado na construção, do grau de compactação e da magnitude e duração da vazão de galgamento. O tempo de formação da brecha é maior em casos de infiltração que em casos de galgamento. Na Figura 29 observa-se a probabilidade de o tempo de ruptura da brecha ser menor que um dado valor constante.



Fonte: MARTINS; VISEU, 2007, p. 9

Figura 29 – Tempo de formação da brecha

O gráfico demonstra que metade das situações de rompimento ocorre em no mínimo 90 minutos tendendo para tempos maiores de formação da brecha, desta forma, resultados de simulação que objetivam valores médios podem utilizar este tempo de rompimento conforme observam Singh e Scarlatos (1988) apud Martins e Viseu (2007).

De acordo com a Figura 28 para Barragens de terra o tempo de formação da brecha é entre 6 minutos a 4 horas e Barragens de Concreto de 6 minutos a 1 hora.

### 5.1.5 Trecho do Cálculo

O trecho da modelagem hidráulica é um fator muito importante a se considerar. O trecho de estudo deverá incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção de importância a jusante.

A Resolução Normativa Nº 696, de 15 de Dezembro de 2015 da ANEEL no Art. 3 estabelece:

*“& 3º A área de abrangência dos estudos de que trata o §2º deverá compreender as barragens de jusante que disponham de capacidade para amortecimento da cheia associada.”*

De acordo com as recomendações do Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 - Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece:

*“Os critérios mais adequados para a fixação da fronteira de jusante são os que se baseiam nas fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Estas fronteiras são aliás facilmente modeladas em modelo numérico.*

*Para se determinar a fronteira a jusante poder-se-á igualmente adotar uma seção a partir da qual se estabelece um grau de risco que se considera como aceitável; neste caso, dever-se-á considerar uma seção onde as alturas de água atinjam a ordem de grandeza das correspondentes a determinadas cheias características (cheia de projeto do vertedouro, maior cheia natural conhecida, cheia natural com determinado tempo de recorrência, por exemplo, 100 anos).*

*Diversos outros textos normativos definem porém de forma clara e explícita qual o critério de fixação da fronteira de jusante, por exemplo, a legislação finlandesa especifica que o cálculo da onda de inundação se deve processar até 50 km a jusante da barragem; por seu lado, a legislação de alguns estados canadenses postula que as populações que se encontram a mais de três horas da zona atingida pela onda de inundação não devem ser consideradas em risco, pelo que o cálculo da onda de inundação não deve cobrir uma seção atingida pela cheia para lá desse intervalo de tempo.*

*GRAHAM, 1998 sugere que é muito importante que os estudos do cálculo da onda de inundação incidam nos primeiros 30 km a jusante da barragem em causa. Com efeito, este autor mostra que a vulnerabilidade das pessoas em risco diminui muito a partir desta distância, nomeadamente pelas seguintes razões: primeiro, porque as áreas mais a jusante recebem mais e melhores alertas de emergência do que as a montante; segundo, porque a energia da onda de inundação, tal como a velocidade de propagação da respectiva frente, se torna menor. Na verdade, a informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que uma grande percentagem das vítimas mortais ocorre nos primeiros 25 km, sendo que esta distância é ainda menor para as pequenas barragens. A experiência norte-americana (com base num registo de 23 rupturas de barragens que ocorreram no período de 1960 a 1997 e ocasionaram vítimas mortais) corrobora igualmente estes fatos ao assinalar que cerca de 50%*

*ocorreram a menos de 4,8 km da seção da barragem acidentada e 99% nos primeiros 24 km a jusante da mesma, num universo total de 318 vítimas mortais. ”*

De acordo com ANA - Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Anexo Cotação - Extensão do Vale a jusante poderá ser:

| Volume Armazenado do Reservatório (hm³) | Classe da Extensão do vale a Jusante | Extensão do vale a Jusante aconselhada – L (km) |
|---|--------------------------------------|---|
| 3-50                                    | Pequena                              | Máximo 25                                       |
| 50-200                                  | Média                                | 25<L<100  |
| >200                                    | Significativa                        | Minímo 100                                      |

Logo, com volume do reservatório 5,65 hm³ a extensão do trecho de modelagem considerada pode ser de no máximo 25 km. Para a PCH Planalto o trecho simulado foi de aproximadamente 44,00 km a jusante da Barragem, até foz do rio da prata preenchendo com sobras todos os critérios relacionados.

#### 5.1.6 Modelagem Matemática

A simulação do rompimento utiliza os métodos de cálculo adotados para a análise dos regimes gradualmente variáveis, baseados nas equações de Saint-Venant, que calculam o escoamento da água em rios, canais e reservatórios em regime permanente e não permanente, número de Froude menor ou maior que 1 respectivamente.

Portanto, o escoamento obedece a leis da física, sendo representado por variáveis como vazão, profundidade e velocidade e o comportamento é descrito por equações de conservação de massa, energia e quantidade de movimento.

O escoamento em rios ocorre em uma direção longitudinal, podendo ser representando pelas equações unidimensionais de Saint-Venant. As variáveis das equações de Saint-Venant são a velocidade  $V$  e a altura de água  $h$ , que podem ser apresentadas de forma não-conservativa pelas equações da continuidade e da dinâmica.

Com a equação da continuidade, que representa o princípio da conservação de massa, pode-se considerar a diferença de os fluxos de entra e saída, sendo o volume de controle igual à variação do armazenamento no interior do fluxo.

As equações que expressam o princípio da conservação da quantidade de movimento, sendo igual ao somatório das forças que atuam sobre um volume de controle, podem ser apresentadas da seguinte forma:

- Equação da continuidade:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_L$$

- Equação da dinâmica

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_0 - S_f)$$

Onde:

Q = vazão;

A = seção transversal;

t = tempo;

x = distância medida na direção do escoamento;

qL = contribuição lateral

V = velocidade de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

h = profundidade do escoamento;

S<sub>0</sub> = declividade do leito;

S<sub>f</sub> = declividade da linha de energia.

A vazão (Q) e a altura da superfície de água (h) em cada local ao longo do rio são estimadas utilizando uma representação algébrica de Saint Venant. Q e h são determinados em cada local para cada intervalo de tempo.

O HEC-RAS aplica as equações em regime permanente, para casos onde se necessita simular o fluxo das águas e não permanente, para casos de simulações de rompimentos, e apresenta o resultado em formas de dados, tabelas e figuras que demonstram as seções transversais, o vale atingido pela enchente (de acordo com as informações lançadas pelo usuário) e gráficos, sendo que todas estas informações são utilizadas para se avaliar os impactos do rompimento de uma barragem.

### 5.1.7 Identificação das áreas atingidas

A identificação das áreas atingidas é executada com a apresentação do mapa de inundação, que apresenta as áreas inundadas com as alturas máximas atingidas pela onda de enchente, permitindo a separação da zona atingida da não atingida.

Todas as pessoas localizadas na zona atingida devem ser evacuadas.

### 5.1.8 Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo

Os valores de altura da onda ao longo do tempo servem para a identificação do tempo de chegada da onda de enchente ao longo do trecho de jusante a ser atingido. O tempo de chegada da onda em cada ponto é importante para o plano de evacuação e para o alerta da população sob risco na zona inundada ser afastada em tempo hábil.

A bibliografia internacional define dois tipos de eventos: aqueles em que o tempo disponível para alertar e evacuar a população é superior a 90 minutos (1 hora e meia), e aqueles em que o tempo é inferior a 90 minutos. Entre os eventos cujo tempo de alerta é superior a 90 minutos, a perda média de vidas é de 0,04 % da população ameaçada, já quando o tempo de alerta é inferior a 90 minutos a perda média equivale a 13 %.

Na PCH Planalto o início da onda de cheia na primeira propriedade atingida se dá em 3 horas do rompimento. Antes desse período os pontos atingidos são das usinas a jusante, sendo que nesse caso a comunicação entre os empreendimentos permite a evacuação do pessoal de operação antes do evento de ruptura.

### 5.1.9 Comparativo de altura x velocidade

O comparativo entre a velocidade e a altura da onda define formas de classificar as áreas de perigo entre baixo, alto e de julgamento (UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988) é feito com base em uma tabela que apresenta os resultados de acordo com intervalos de tempo.

Caso o cruzamento entre velocidade e altura se situe na área de perigo baixo o número de vidas em risco é assumido como zero.

Caso este cruzamento se situe em área de perigo alto é assumido que existem vidas em risco. Entre as zonas de perigo alto e baixo existe a zona de julgamento onde, devido ao grande número de variáveis incluídas na inundação é impossível determinar se existe risco de perda de vidas, desta forma é executado um levantamento baseado na engenharia através da análise dos resultados obtidos nas simulações.

No levantamento baseado na engenharia são avaliadas as condições físicas da região, das construções ou qualquer característica que influencie no risco, por exemplo, um determinado acampamento, monumento ou atração pode receber um número muito pequeno de visitas durante o ano (ex. 100 pessoas por hora). Se o cruzamento entre velocidade e altura se situar na zona de julgamento, o risco de perda de vidas é considerado como zero em instalações com estas características.

O *United States Department of the Interior* estabelece gráficos para determinação das zonas de perigo. São apresentados aqui os gráficos de uso neste trabalho.

A Figura 30 apresenta o nível de perigo relacionado a residências.

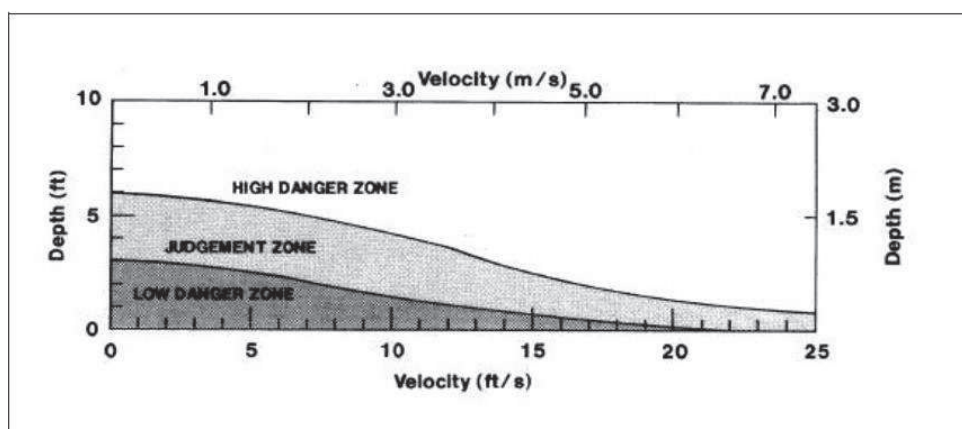


Figura 30 – Nível de perigo relacionado a residências

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 25

A Figura 31 apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.

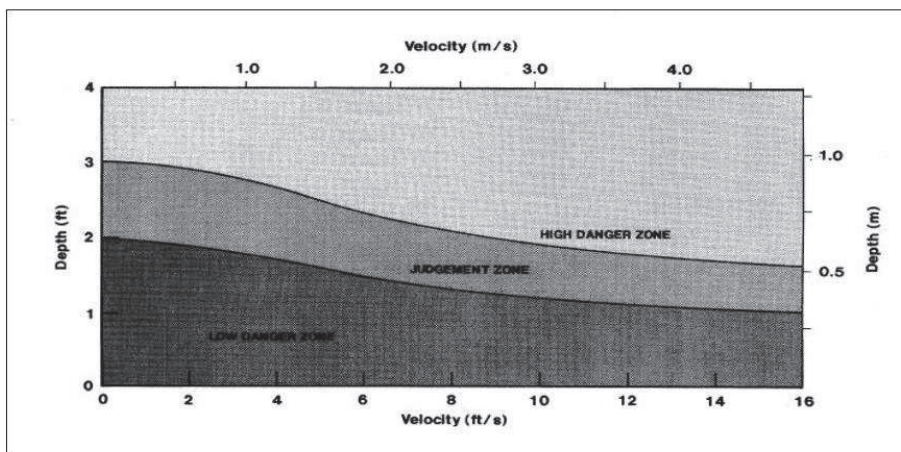


Figura 31 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 29

A Figura 32 apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

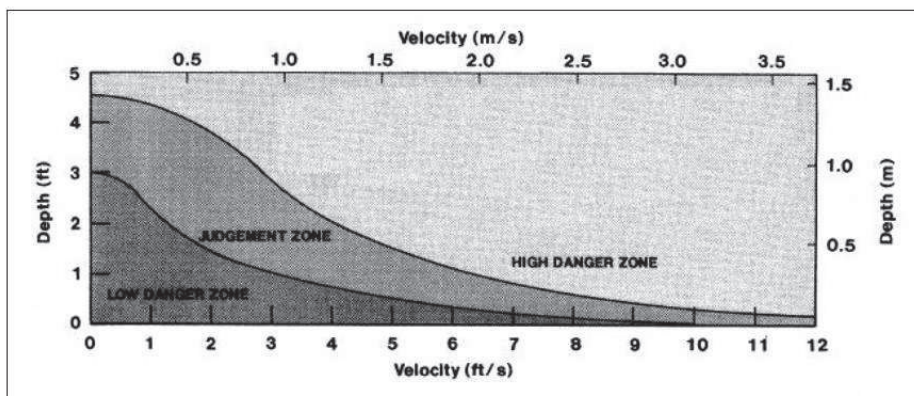


Figura 32 – Nível de perigo relacionado a adultos

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 31

A Figura 33 apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.

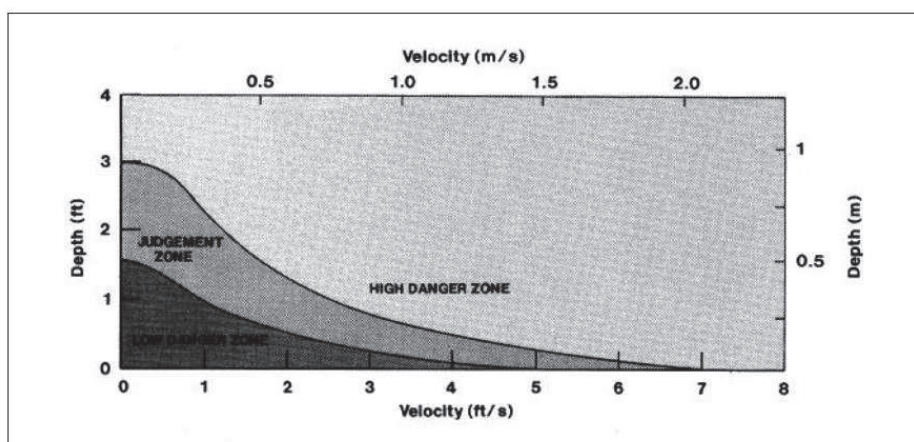


Figura 33 – Nível de perigo relacionado a crianças

Fonte: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1988, pág. 32



## 5.2 Dados de entrada utilizados

### 5.2.1 Trecho da análise

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece o trecho de análise da simulação do rompimento da Barragem deverá ser estendido até Barragem de jusante com capacidade de amortecimento da onda. Já a Agência Nacional de Águas – ANA no Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, item 5.2.3 - Extensão de Cálculo, da Agência Nacional das águas (ANA) que estabelece conforme descrito item 5.1.5, que resumidamente descreve:

- Fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante;
- População que se encontram com mais de três horas após rompimento não são consideradas áreas de risco;
- A informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que uma grande porcentagem das vítimas mortais ocorre nos primeiros 25 km, sendo que esta distância é ainda menor para as pequenas barragens;
- Volume Reservatório < 50 hm<sup>3</sup> - trecho de 25 km a jusante.

Logo o trecho da análise definido para modelagem será compreendido entre a Reservatório da PCH Planalto até a foz do rio da Prata, com cerca de 55,00 km ao longo do Rio Aporé atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de baixa altura (13,00 m), pequeno volume do reservatório (5,65 hm<sup>3</sup>) e vale de jusante aberto dissipando a onda em menor tempo indicam que o critério e o trecho de análise estão de acordo com o preconizado na bibliografia.

### 5.2.2 Geografia da região e geometria do rio

Para elaboração do modelo hidrodinâmico no *software* HEC-RAS 5.0.5 foram utilizados dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE), restituição da área da usina e curva Cota x Área x Volume do reservatório. A seguir são apresentados os dados utilizados.

#### 5.2.2.1 Restituição e Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para este estudo foi utilizada a base SRTM como MDE no trecho a jusante da casa de força da PCH Planalto complementando assim os levantamentos topográficos da área da usina. A utilização desta base está prevista no Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, Volume IV - Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência - PAE, da ANA. Este Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado provem do site Earth Explorer, no qual através do US Geological Survey (USGS) disponibiliza os dados de elevação da Missão de Topografia de Radares do Shuttle (SRTM). O SRTM é um projeto conjunto da NASA - National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) e NGA - National

Geospatial-Intelligence Agency (Agência Nacional de Informação Geoespacial) para mapear a superfície terrestre da Terra em três dimensões. Atualmente a resolução espacial das células é de 1 arco de segundo (1") ou seja cerca de 30 metros por pixel. Os dados coletados são de domínio público e podem ser baixados através do site <https://earthexplorer.usgs.gov/>, sendo necessário apenas efetuar um cadastro do interessado.

Visto que a precisão de 30 metros por pixel não atende as necessidades para representação da calha do rio nas seções hidráulicas este MDE foi utilizado apenas para o cálculo da planície de inundação fora da calha do rio Aporé.

Desta forma para a representação da calha do rio foram utilizadas restituições e topografia dos projetos básicos existentes no trecho em estudo, além de contar com a restituição da área das estruturas e do reservatório da PCH Planalto.

A utilização do MDE é um artifício que permite obter apenas a configuração da parte não submersa das seções hidráulicas podendo-se assim obter os níveis de cheias para as vazões extremas e os casos de rompimento.

Para a calibração do modelo, o fundo das seções foi configurado de maneira que o nível de água resultante aproximasse dos níveis de água conhecidos em campo e calibrado com a curva cota área volume do reservatório.

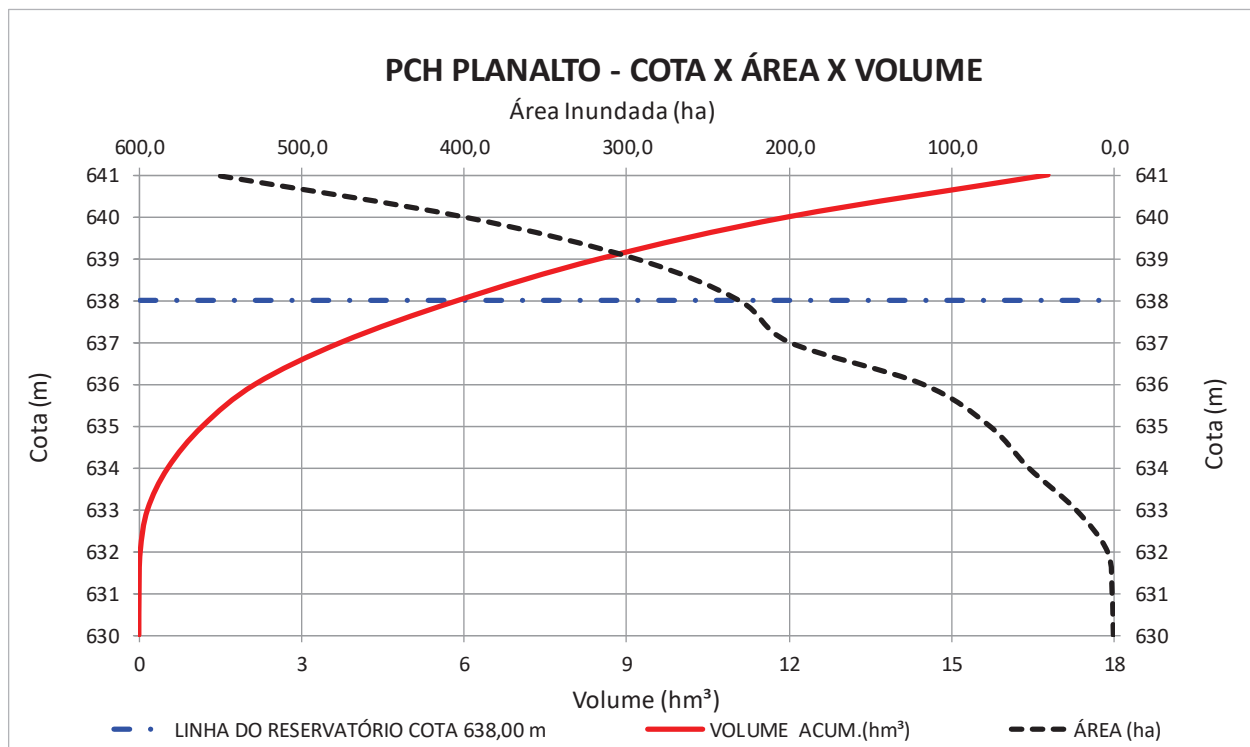
#### 5.2.2.2 Curvas de Nível do Reservatório

Foi utilizado curvas de nível do reservatório, curvas de m em m, elaborado pela projetista PCE no Projeto Básico, desenho PJ0631-B-R00-RV-DE-001-1A, Anexo I.

#### 5.2.2.3 Cota x Área x Volume do Reservatório

Foi calculado a curva cota área volume de acordo com curvas de nível do reservatório, apresentado abaixo.

| COTA (m) | ÁREA (ha) | VOLUME ACUMULADO (hm <sup>3</sup> ) |
|----------|-----------|-------------------------------------|
| 630      | 0,0       | 0                                   |
| 631      | 0,8       | 0,004                               |
| 632      | 3,7       | 0,026                               |
| 633      | 23,1      | 0,160                               |
| 634      | 52,3      | 0,537                               |
| 635      | 76,3      | 1,180                               |
| 636      | 117,7     | 2,150                               |
| 637      | 199,6     | 3,737                               |
| 638      | 230,6     | 5,888                               |
| 639      | 294,7     | 8,515                               |
| 640      | 401,1     | 11,994                              |
| 641      | 554,4     | 16,772                              |



## 5.2.3 Geometria das barragens

### 5.2.3.1 Barragem Planalto

A barragem é constituída por um maciço de terra compactada. Possui altura máxima de 13 m e 218 m de comprimento.

Sua cota de proteção está na El. 641,00 m, os taludes do aterro são de 1V:1,75 H a montante e a jusante. A montante da Barragem foi incorporada um rip rap acima da elevação 636,00 de modo proteger talude contra erosões.

O vertedouro soleira livre com 35,50 m de comprimento, com talude de montante com inclinação de 1 V: 1 H próxima a crista. O talude de jusante possui escadas de inclinação 1 V: 1 H e calha em degraus. A capacidade de vazão do vertedouro é de 268 m<sup>3</sup>/s, correspondente à cheia decamilenar (NA máx max = 640,40 m) conforme a Ficha técnica – Anexo I. A soleira da ogiva encontra-se na EL. 638,00 m executado em concreto convencional e possui sua fundação em rocha sã.

Tabela 3 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I – Documentos De Referência)

| Item | Nº Documentos               | Elaboração | Descrição/Legenda                                     |
|------|-----------------------------|------------|---|
| 1    | PJ0631-E-R00-GR-DE-001-R100 | PCE        | Arranjo Geral - Planta                                |
| 2    | PJ0631-E-G07-AB-DE-001-R100 |            | Área do Barramento – Arranjo Geral - Planta           |
| 3    | PJ0631-E-G07-BA-DE-001-R100 |            | Área do Barramento – Barragem de Terra - Planta       |
| 4    | PJ0631-E-G07-BA-DE-002-R100 |            | Área do Barramento – Barragem de Terra – Seções 1 a 3 |
| 5    | PJ0631-E-G07-BA-DE-003-R100 |            | Área do Barramento – Barragem de Terra – Seções 4 a 6 |

|    |                             |  |  |
|----|-----------------------------|--|--|
| 6  | PJ0631-E-G07-BA-DE-004-R100 |  | Área do Barramento – Barragem de Terra – Detalhes                                |
| 7  | PJ0631-E-G07-BA-DE-006-R100 |  | Área do Barramento – Drenagem Junto ao Muro de Encosto – Planta 635,00 e Seção 1 |
| 8  | PJ0631-E-G07-BE-DE-001-R100 |  | Área do Barramento – Aterro de Fechamento - Planta                               |
| 9  | PJ0631-E-G07-BE-DE-002-R100 |  | Área do Barramento – Aterro de Fechamento - Seções                               |
| 10 | PJ0631-E-E21-VT-DE-001-R100 |  | Vertedouro – Arranjo – Planta e Seções   |

### 5.2.3.2 Barragens Jusante

Não existe barragem a jusante da PCH Planalto no trecho estudado.

### 5.2.4 Hidrograma de Cheias

O capítulo tem por finalidade apresentar os estudos hidrológicos realizados para a obtenção do Hidrograma de Cheias para os diferentes tempos de recorrência calculados em relação a área da bacia hidrográfica obtida no eixo do barramento da PCH Planalto, localizada no rio Aporé e realizar a atualização da vazão máxima e capacidade de vazão do vertedouro para as novas vazões definidas.

#### 5.2.4.1 Cálculo da vazão máxima anual

##### 5.2.4.1.1 Dados Disponíveis

##### 5.2.4.1.2 Vazões na PCH Planalto

Em novembro de 2018 foi realizada a atualização da hidrologia do rio Aporé no local do eixo da PCH Planalto. No relatório Estudo de Hidrologia – Série de Vazões Médias Mensais – PLA-C-HIDR-001-00-18 – Hidrologia PCH Planalto estão descritos os métodos de regionalização utilizados para a obtenção das séries históricas de vazão média diária, média mensal, máxima diária e mínima diária ao longo do período de novembro/1963 até janeiro/2018. Os dados de vazões máximas anuais e vazões médias diárias serão utilizados para a obtenção do hidrograma de cheias para os diversos tempos de recorrência utilizados.

##### 5.2.4.1.3 Vazões Máximas Anuais

A Tabela 4 abaixo apresenta os valores de vazão máxima diária mensal ao longo do período de estudos realizados no relatório de hidrologia da PCH Planalto, com dados de máxima em todos os meses do período de novembro/1963 até janeiro/2018 com destaque a máxima anual repetida na última coluna.

Na

Tabela 5 estão os dados das máximas anuais no mesmo período, bem como o mês de ocorrência da cheia. Nessa tabela se observa a grande sazonalidade das vazões e a pequena variação entre as médias e máximas anuais, indicando grande permanência de vazões na bacia. Os meses de janeiro, fevereiro e março concentram 46 das 55 cheias do período.

Tabela 4 – Vazões Máximas Mensais – 1980 a 2015 – Barragem Planalto – 883 km<sup>2</sup>

| Ano  | jan          | fev          | mar          | abr          | mai   | jun   | jul   | ago   | set   | out   | nov   | dez          | Máximo       |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
| 1963 |              |              |              |              |       |       |       |       |       |       | 12,55 | <b>20,94</b> | <b>20,94</b> |
| 1964 | <b>40,84</b> | 37,41        | 30,32        | 26,40        | 12,55 | 10,01 | 10,62 | 9,24  | 13,47 | 14,42 | 16,44 | 22,16        | <b>40,84</b> |
| 1965 | 19,26        | 22,01        | <b>31,43</b> | 22,49        | 16,29 | 12,49 | 15,09 | 13,21 | 13,21 | 17,95 | 20,15 | 21,54        | <b>31,43</b> |
| 1966 | 25,47        | <b>34,36</b> | 25,98        | 19,26        | 22,49 | 19,26 | 13,58 | 12,49 | 14,32 | 29,74 | 22,49 | 22,97        | <b>34,36</b> |
| 1967 | 24,96        | 21,54        | <b>30,30</b> | 20,15        | 17,53 | 16,70 | 13,58 | 12,49 | 13,95 | 19,70 | 24,45 | 22,49        | <b>30,30</b> |
| 1968 | <b>34,36</b> | 32,59        | 28,64        | 22,01        | 16,70 | 12,85 | 12,14 | 13,58 | 15,49 | 17,53 | 18,82 | 28,64        | <b>34,36</b> |
| 1969 | <b>26,50</b> | 25,47        | 21,54        | 19,26        | 18,82 | 12,49 | 12,14 | 11,80 | 13,58 | 20,15 | 20,61 | 23,95        | <b>26,50</b> |
| 1970 | 22,97        | 23,46        | <b>24,45</b> | 15,49        | 13,58 | 11,46 | 11,12 | 10,15 | 13,58 | 20,15 | 21,07 | 21,54        | <b>24,45</b> |
| 1971 | 18,82        | 16,29        | 21,07        | 15,49        | 17,11 | 13,58 | 13,95 | 11,80 | 11,46 | 18,82 | 18,82 | <b>22,49</b> | <b>22,49</b> |
| 1972 | 25,47        | 26,50        | <b>33,76</b> | 22,49        | 17,53 | 12,38 | 13,33 | 11,87 | 12,62 | 21,47 | 25,45 | 22,66        | <b>33,76</b> |
| 1973 | 23,40        | <b>31,54</b> | 21,81        | 25,98        | 17,89 | 14,21 | 14,95 | 12,11 | 12,62 | 22,61 | 23,33 | 22,80        | <b>31,54</b> |
| 1974 | 29,69        | 25,18        | <b>45,06</b> | 30,75        | 23,67 | 18,40 | 15,48 | 15,85 | 16,96 | 19,08 | 17,49 | 42,94        | <b>45,06</b> |
| 1975 | 31,28        | 26,24        | 27,83        | <b>32,87</b> | 20,36 | 15,08 | 17,89 | 13,94 | 14,21 | 18,02 | 27,04 | 25,84        | <b>32,87</b> |
| 1976 | 25,02        | <b>38,43</b> | 35,26        | 25,29        | 24,44 | 24,44 | 17,18 | 17,18 | 21,42 | 32,34 | 32,07 | 31,01        | <b>38,43</b> |
| 1977 | 43,20        | <b>45,06</b> | 27,30        | 26,19        | 22,37 | 25,39 | 17,31 | 15,13 | 25,00 | 20,99 | 33,93 | 31,28        | <b>45,06</b> |
| 1978 | <b>44,79</b> | 24,84        | 37,37        | 26,32        | 27,04 | 26,06 | 20,86 | 16,43 | 21,68 | 21,28 | 26,77 | 30,48        | <b>44,79</b> |
| 1979 | <b>46,12</b> | 32,87        | 32,34        | 27,04        | 23,22 | 18,61 | 22,66 | 17,76 | 29,16 | 21,28 | 26,06 | 39,76        | <b>46,12</b> |
| 1980 | 37,11        | 32,87        | 29,16        | 24,44        | 22,53 | 22,53 | 19,32 | 15,85 | 20,99 | 19,91 | 21,28 | <b>41,08</b> | <b>41,08</b> |
| 1981 | 24,70        | 24,57        | 26,08        | 23,22        | 20,60 | 20,46 | 15,72 | 14,66 | 14,98 | 17,89 | 25,13 | <b>26,27</b> | <b>26,27</b> |
| 1982 | 28,97        | 26,45        | <b>65,42</b> | 34,77        | 24,90 | 23,48 | 18,74 | 20,47 | 22,91 | 23,20 | 25,04 | 33,12        | <b>65,42</b> |
| 1983 | <b>38,85</b> | 36,14        | 25,61        | 27,44        | 25,33 | 24,48 | 24,19 | 19,32 | 19,17 | 25,75 | 25,33 | 30,36        | <b>38,85</b> |
| 1984 | 40,74        | 28,27        | 36,00        | <b>41,15</b> | 36,27 | 20,04 | 17,86 | 29,67 | 25,75 | 20,33 | 29,39 | 32,02        | <b>41,15</b> |
| 1985 | 41,15        | 42,76        | <b>45,70</b> | 30,92        | 26,31 | 24,34 | 22,63 | 21,63 | 19,17 | 19,17 | 22,34 | 20,76        | <b>45,70</b> |
| 1986 | <b>35,45</b> | 33,26        | 33,81        | 28,55        | 25,61 | 24,48 | 19,90 | 24,76 | 19,61 | 15,80 | 15,95 | 34,09        | <b>35,45</b> |
| 1987 | 47,16        | <b>53,09</b> | 41,95        | 32,30        | 23,62 | 19,32 | 18,01 | 18,01 | 18,74 | 28,14 | 26,03 | 29,25        | <b>53,09</b> |
| 1988 | 37,77        | 39,39        | <b>61,68</b> | 44,09        | 28,55 | 24,76 | 19,61 | 18,15 | 16,24 | 19,32 | 21,77 | 32,44        | <b>61,68</b> |
| 1989 | 40,20        | <b>65,67</b> | 49,14        | 35,45        | 30,92 | 21,77 | 19,90 | 21,34 | 23,48 | 26,03 | 34,09 | 38,04        | <b>65,67</b> |
| 1990 | <b>37,77</b> | 24,05        | 22,20        | 22,34        | 22,06 | 20,19 | 18,15 | 20,04 | 27,16 | 28,55 | 27,58 | 28,83        | <b>37,77</b> |
| 1991 | <b>67,21</b> | 46,76        | 45,56        | 33,54        | 24,90 | 22,06 | 18,88 | 16,39 | 18,15 | 41,55 | 20,76 | 23,20        | <b>67,21</b> |
| 1992 | <b>52,04</b> | 44,50        | 27,30        | 26,87        | 22,91 | 19,03 | 17,42 | 17,57 | 22,91 | 24,48 | 25,18 | 24,76        | <b>52,04</b> |
| 1993 | 25,47        | 25,75        | 23,77        | <b>29,11</b> | 22,91 | 24,34 | 19,32 | 18,30 | 25,04 | 26,03 | 19,75 | 24,90        | <b>29,11</b> |
| 1994 | <b>54,27</b> | 36,41        | 40,74        | 35,18        | 24,05 | 20,47 | 18,30 | 14,31 | 27,02 | 23,48 | 24,48 | 35,18        | <b>54,27</b> |
| 1995 | 32,16        | <b>45,03</b> | 45,03        | 34,91        | 23,62 | 22,20 | 19,17 | 16,69 | 19,90 | 22,91 | 24,19 | 28,22        | <b>45,03</b> |
| 1996 | 32,41        | 36,84        | 41,22        | 32,10        | 27,14 | 24,50 | 20,47 | 18,61 | 26,98 | 21,71 | 35,25 | <b>42,83</b> | <b>42,83</b> |
| 1997 | <b>45,59</b> | 33,65        | 27,45        | 29,31        | 27,76 | 34,06 | 20,47 | 18,61 | 20,31 | 23,26 | 33,18 | 41,48        | <b>45,59</b> |
| 1998 | 30,24        | <b>41,35</b> | 37,37        | 41,22        | 28,53 | 29,15 | 20,62 | 24,05 | 23,85 | 30,20 | 27,32 | 31,64        | <b>41,35</b> |
| 1999 | <b>60,13</b> | 32,26        | 44,50        | 31,79        | 23,57 | 20,47 | 19,85 | 18,14 | 20,16 | 17,06 | 26,10 | 29,38        | <b>60,13</b> |
| 2000 | 31,94        | 36,98        | <b>47,05</b> | 32,87        | 26,21 | 21,40 | 21,55 | 23,41 | 26,44 | 23,10 | 26,28 | 35,58        | <b>47,05</b> |
| 2001 | 30,55        | <b>41,35</b> | 35,32        | 32,56        | 25,12 | 25,27 | 18,76 | 17,91 | 21,63 | 19,54 | 27,21 | 38,57        | <b>41,35</b> |
| 2002 | 42,20        | <b>48,57</b> | 42,28        | 31,42        | 26,74 | 21,25 | 30,36 | 23,50 | 27,24 | 26,38 | 24,80 | 24,80        | <b>48,57</b> |
| 2003 | 43,31        | 35,12        | <b>45,99</b> | 42,52        | 28,59 | 21,98 | 19,34 | 21,76 | 18,60 | 23,87 | 28,81 | 30,86        | <b>45,99</b> |
| 2004 | 41,42        | <b>43,23</b> | 26,67        | 29,52        | 28,52 | 22,71 | 22,20 | 18,15 | 16,36 | 33,94 | 39,68 | 40,82        | <b>43,23</b> |
| 2005 | <b>44,46</b> | 40,42        | 32,69        | 27,38        | 29,59 | 23,14 | 18,74 | 17,33 | 19,40 | 23,07 | 25,24 | 38,97        | <b>44,46</b> |
| 2006 | 43,76        | <b>48,20</b> | 40,87        | 36,16        | 35,24 | 21,15 | 20,74 | 18,74 | 19,19 | 26,31 | 38,03 | 29,52        | <b>48,20</b> |
| 2007 | <b>71,26</b> | 45,23        | 40,16        | 30,29        | 33,66 | 26,74 | 21,10 | 19,48 | 17,86 | 24,01 | 23,82 | 26,45        | <b>71,26</b> |
| 2008 | <b>60,13</b> | 45,97        | 47,45        | 34,78        | 32,96 | 25,93 | 20,14 | 19,35 | 17,40 | 25,29 | 31,16 | 41,83        | <b>60,13</b> |
| 2009 | 37,09        | 40,39        | <b>64,45</b> | 36,86        | 23,40 | 22,99 | 18,56 | 21,76 | 30,49 | 31,16 | 34,94 | 45,40        | <b>64,45</b> |
| 2010 | <b>90,41</b> | 46,92        | 67,43        | 39,83        | 25,61 | 22,24 | 19,58 | 17,79 | 16,03 | 26,47 | 22,24 | 30,19        | <b>90,41</b> |

| Ano   | jan          | fev          | mar          | abr          | mai          | jun          | jul          | ago          | set          | out          | nov          | dez          | Máximo       |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2011  | 31,53        | 42,20        | <b>66,68</b> | 43,16        | 27,12        | 25,83        | 22,66        | 19,99        | 16,22        | 22,24        | 24,34        | 29,53        | <b>66,68</b> |
| 2012  | <b>37,48</b> | 33,79        | 29,75        | 24,55        | 29,31        | 31,31        | 19,18        | 14,51        | 20,80        | 20,80        | 27,34        | 27,34        | <b>37,48</b> |
| 2013  | 34,25        | 35,63        | <b>38,88</b> | 29,75        | 18,78        | 22,03        | 21,62        | 15,26        | 14,51        | 21,83        | 20,39        | 31,76        | <b>38,88</b> |
| 2014  | 19,18        | 24,97        | 32,66        | 27,99        | 20,80        | 16,81        | 29,09        | 18,98        | 19,58        | 17,59        | 27,56        | <b>48,16</b> | <b>48,16</b> |
| 2015  | 26,80        | <b>40,54</b> | 33,34        | 25,40        | 28,10        | 22,55        | 23,70        | 17,59        | 17,59        | 14,69        | 30,86        | 31,42        | <b>40,54</b> |
| 2016  | <b>42,92</b> | 31,87        | 30,75        | 26,91        | 23,91        | 25,61        | 15,65        | 19,68        | 24,02        | 27,23        | 25,61        | 25,40        | <b>42,92</b> |
| 2017  | <b>54,96</b> | 35,28        | 35,63        | 23,91        | 24,76        | 18,08        | 15,74        | 17,10        | 16,22        | 19,18        | 26,26        | 37,95        | <b>54,96</b> |
| 2018  | <b>37,60</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              | <b>37,60</b> |
| Média | <b>38,41</b> | <b>35,73</b> | <b>37,08</b> | <b>29,48</b> | <b>24,30</b> | <b>21,16</b> | <b>18,69</b> | <b>17,48</b> | <b>19,53</b> | <b>22,91</b> | <b>25,50</b> | <b>30,83</b> | <b>90,41</b> |

Tabela 5 – Maiores Cheias Anuais e mês de ocorrência

| ano  | Maximo Anual | Mês | ano  | Maximo Anual | Mês | ano  | Maximo Anual | Mês |
|------|--------------|-----|------|--------------|-----|------|--------------|-----|
| 1963 | 20,94        | dez | 1982 | 65,42        | mar | 2001 | 41,35        | fev |
| 1964 | 40,84        | jan | 1983 | 38,85        | jan | 2002 | 48,57        | fev |
| 1965 | 31,43        | mar | 1984 | 41,15        | abr | 2003 | 45,99        | mar |
| 1966 | 34,36        | fev | 1985 | 45,70        | mar | 2004 | 43,23        | fev |
| 1967 | 30,30        | mar | 1986 | 35,45        | jan | 2005 | 44,46        | jan |
| 1968 | 34,36        | jan | 1987 | 53,09        | fev | 2006 | 48,20        | fev |
| 1969 | 26,50        | jan | 1988 | 61,68        | mar | 2007 | 71,26        | jan |
| 1970 | 24,45        | mar | 1989 | 65,67        | fev | 2008 | 60,13        | jan |
| 1971 | 22,49        | dez | 1990 | 37,77        | jan | 2009 | 64,45        | mar |
| 1972 | 33,76        | mar | 1991 | 67,21        | jan | 2010 | 90,41        | jan |
| 1973 | 31,54        | fev | 1992 | 52,04        | jan | 2011 | 66,68        | mar |
| 1974 | 45,06        | mar | 1993 | 29,11        | abr | 2012 | 37,48        | jan |
| 1975 | 32,87        | abr | 1994 | 54,27        | jan | 2013 | 38,88        | mar |
| 1976 | 38,43        | fev | 1995 | 45,03        | fev | 2014 | 48,16        | dez |
| 1977 | 45,06        | fev | 1996 | 42,83        | dez | 2015 | 40,54        | fev |
| 1978 | 44,79        | jan | 1997 | 45,59        | jan | 2016 | 42,92        | jan |
| 1979 | 46,12        | jan | 1998 | 41,35        | abr | 2017 | 54,96        | jan |
| 1980 | 41,08        | dez | 1999 | 60,13        | jan | 2018 | 37,60        | jan |
| 1981 | 26,27        | dez | 2000 | 47,05        | mar |      |              |     |

#### 5.2.4.2 Vazões máximas para diversos tempos de recorrência

Com os valores das vazões máximas anuais foi usado o programa Qmáximas, disponível no site da Eletrobrás e indicado para uso nas diretrizes de projetos básicos de usinas para a análise estatística dos eventos de cheia e cálculo das vazões máximas nos tempos de recorrência.

A análise estatística dos dados realizada pelo programa demonstrou que a melhor distribuição estatística para os dados disponíveis é a Exponencial de Dois Parâmetros, pois a assimetria dos dados é maior que 1,5, onde os dados resultaram nos seguintes parâmetros da distribuição:

| Distribuição Exponencial Dois Parâmetros |        |
|--|--------|
| Média                                    | 145,41 |
| Assimetria                               | 3,67   |
| Desvio Padrão                            | 95,09  |
| Xo                                       | 50,33  |
| Beta                                     | 95,09  |

Os valores de cheias obtidos para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos estão indicados na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR)

| <b>Vazão Máx<br/>TR anos</b> | <b>Planalto<br/>Q (m³/s)</b> |
|------------------------------|------------------------------|
| 5                            | 54                           |
| 10                           | 62                           |
| 20                           | 70                           |
| 50                           | 80                           |
| 100                          | 87                           |
| 500                          | 104                          |
| 1.000                        | 111                          |
| 10.000                       | 136                          |

Para a obtenção da vazão instantânea de pico foi utilizado a equação de Füller onde a correção da vazão máxima se dá pela área da bacia hidrográfica. O coeficiente de Füller obtido para a área da bacia na barragem da PCH Planalto foi 1,3476 sendo então as vazões máximas instantâneas obtidas com a utilização da vazão máxima normal multiplicado pelo valor do coeficiente de Füller para todos os tempos de recorrência. Importante observar que aqui o efeito de regularização do reservatório é considerado.

Devido as características de vazão do rio Aporé a atualização dos dados hidrológicos da bacia resultou em vazões de cheia menores que as calculadas no projeto básico. A baixa incidência de cheias no período em que a usina se encontra em operação também indicam esse fato, com picos de cheia muito próximos as vazões médias. Os dados de vazão máxima instantânea estão apresentados na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR

| <b>Vazão Máx<br/>inst TR anos</b> | <b>Planalto<br/>Q (m³/s)</b> |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 5                                 | 73                           |
| 10                                | 84                           |
| 20                                | 94                           |
| 50                                | 108                          |
| 100                               | 117                          |
| 500                               | 140                          |
| 1.000                             | 150                          |
| 10.000                            | 183                          |

Abaixo no Gráfico 1 em escala logarítmica de tempo tem-se as duas retas de vazão máximas normal e instantânea e os dados de cheias máximas obtidas.

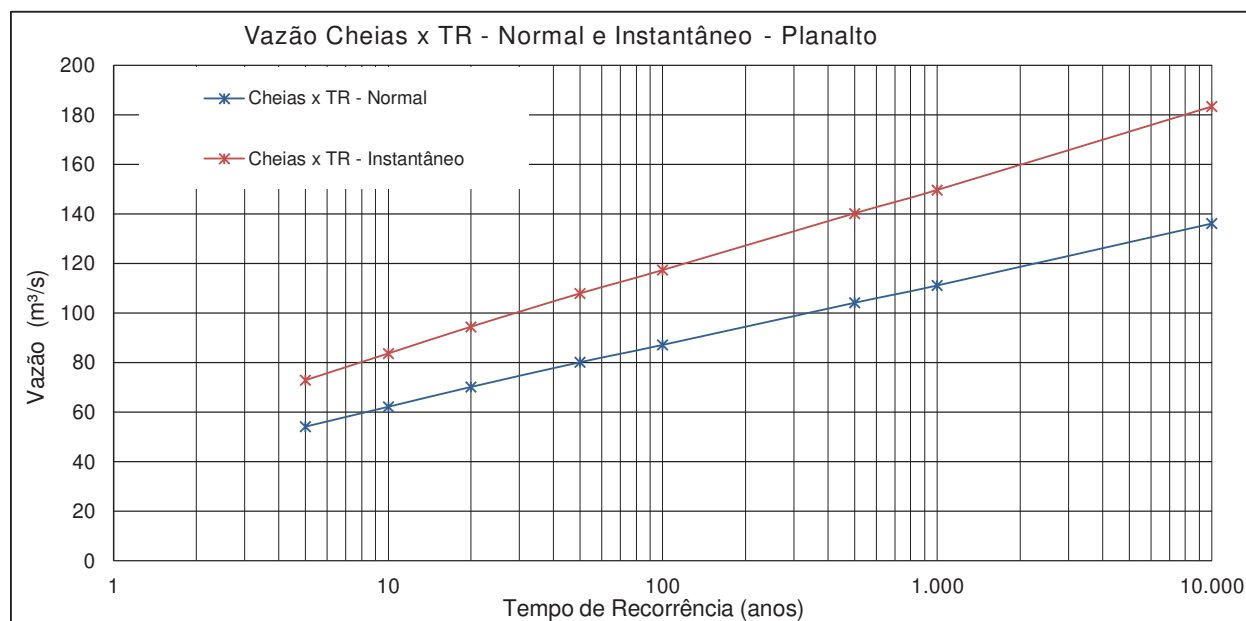


Gráfico 1 – Vazões de Cheia x Tempo de Recorrência

#### 5.2.4.3 Hidrograma de cheias

Para calcular o efeito das cheias e da ruptura da barragem na topografia da área de influência da PCH Planalto foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário adimensional baseado nas 18 maiores cheias da bacia. Para a bacia do rio Aporé foi estimado o tempo de concentração da cheia em 108 horas com a dissipação em 120 horas. Assim sendo o período de estudo se inicia em 12 hs e segue de 24 em 24 horas até 228 horas. Na Tabela 8 abaixo tem-se os valores das 18 maiores cheias na bacia do rio Aporé na PCH Planalto e o ano em que a cheia ocorreu, segundo o tratamento estatístico dos dados.

Tabela 8 – 18 maiores cheias no local da PCH Planalto

| Ano  | Q (m³/s) | Ano  | Q (m³/s) |
|------|----------|------|----------|
| 2010 | 90,41    | 2008 | 60,13    |
| 2007 | 71,26    | 2017 | 54,96    |
| 1991 | 67,21    | 1994 | 54,27    |
| 2011 | 66,68    | 1987 | 53,09    |
| 1989 | 65,67    | 1992 | 52,04    |
| 1982 | 65,42    | 2002 | 48,57    |
| 2009 | 64,45    | 2006 | 48,20    |
| 1988 | 61,68    | 2014 | 48,16    |
| 1999 | 60,13    | 2000 | 47,05    |

O processo de obtenção do hidrograma consiste em selecionar as maiores cheias, selecionar os dados considerando o pico da cheia em 108 hs e nos dados de vazão diária recuar até o momento 12 horas e avançar até o momento 228 horas lançando os valores de vazão de 24 em 24 horas. Na Tabela 9 abaixo estão os valores obtidos da tabela de vazão diária.



Tabela 9 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma

| Horas    | 12    | 36    | 60    | 84    | 108   | 132   | 156   | 180   | 204   | 228   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q (m³/s) | 42,44 | 38,41 | 37,95 | 75,21 | 90,41 | 57,69 | 46,92 | 37,01 | 35,86 | 35,40 |
|          | 30,49 | 31,61 | 38,97 | 47,20 | 71,26 | 63,72 | 54,29 | 43,04 | 36,16 | 31,16 |
|          | 34,91 | 35,59 | 37,77 | 45,56 | 67,21 | 42,09 | 33,12 | 30,78 | 28,41 | 26,59 |
|          | 59,43 | 65,93 | 65,19 | 64,09 | 66,68 | 53,30 | 45,10 | 41,72 | 37,48 | 36,09 |
|          | 28,27 | 26,45 | 29,53 | 41,28 | 65,67 | 46,63 | 41,28 | 41,28 | 40,61 | 35,25 |
|          | 51,65 | 52,04 | 51,91 | 58,44 | 65,42 | 65,03 | 39,66 | 25,61 | 25,89 | 31,47 |
|          | 34,55 | 37,56 | 43,04 | 42,31 | 64,45 | 40,16 | 38,73 | 36,86 | 35,01 | 34,78 |
|          | 37,77 | 38,58 | 43,56 | 52,04 | 61,68 | 56,36 | 61,55 | 51,25 | 44,76 | 33,12 |
|          | 29,38 | 27,32 | 29,99 | 31,23 | 60,13 | 37,93 | 32,88 | 35,16 | 44,80 | 34,93 |
|          | 43,76 | 43,28 | 48,20 | 48,69 | 60,13 | 44,50 | 39,92 | 38,73 | 35,24 | 38,26 |
|          | 35,86 | 33,00 | 32,77 | 44,85 | 54,96 | 41,84 | 41,72 | 39,35 | 36,67 | 35,28 |
|          | 28,69 | 27,02 | 28,14 | 29,53 | 54,27 | 43,56 | 33,12 | 29,53 | 28,41 | 27,30 |
|          | 47,16 | 43,56 | 40,88 | 46,63 | 53,09 | 47,16 | 37,36 | 33,12 | 28,55 | 28,83 |
|          | 24,62 | 26,45 | 34,77 | 36,68 | 52,04 | 49,14 | 41,28 | 38,58 | 38,58 | 44,50 |
|          | 40,75 | 42,12 | 45,46 | 47,91 | 48,57 | 47,64 | 46,58 | 45,26 | 33,52 | 30,72 |
|          | 21,76 | 25,93 | 33,87 | 44,25 | 48,20 | 37,33 | 30,71 | 27,21 | 27,43 | 26,15 |
|          | 29,97 | 31,31 | 31,98 | 39,35 | 48,16 | 37,71 | 32,43 | 29,31 | 26,69 | 35,86 |
|          | 38,70 | 38,70 | 40,69 | 42,67 | 47,05 | 43,60 | 40,95 | 40,02 | 37,77 | 33,49 |

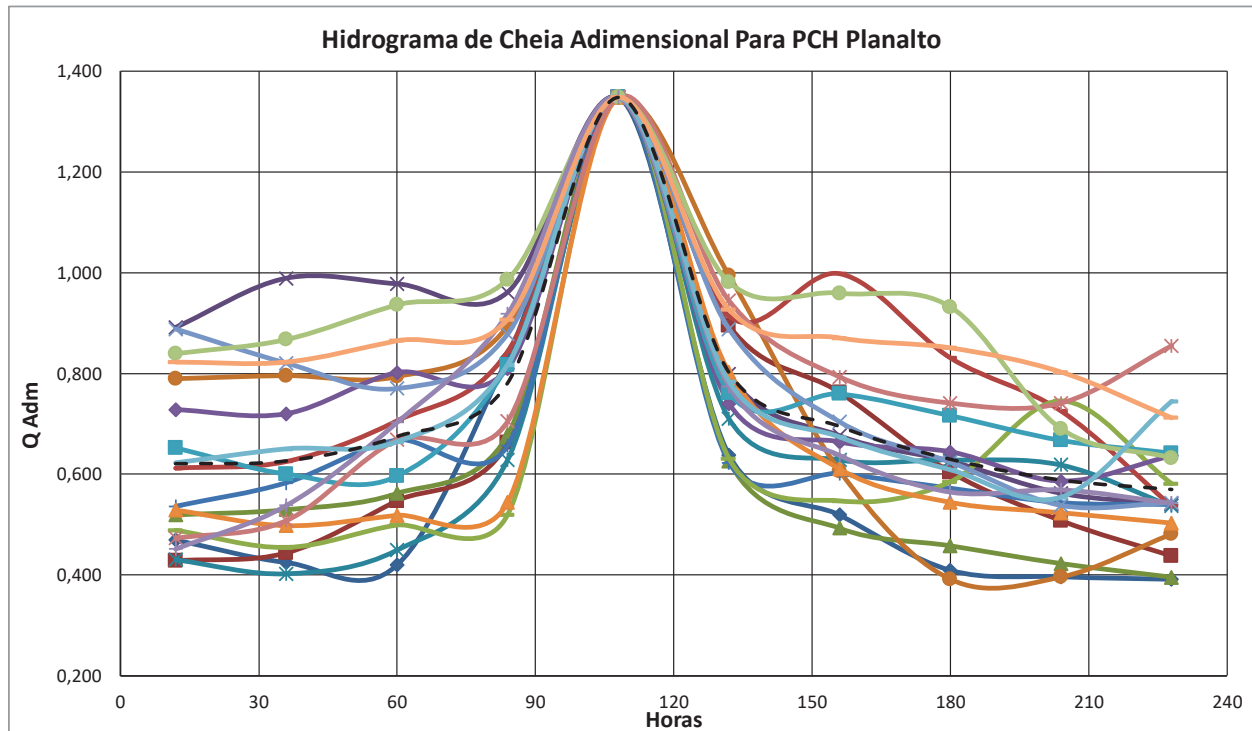
Os valores da vazão do momento entre 12 e 228 horas são divididos pelo valor da cheia correspondente ao pico do hidrograma, que está em 108 horas e lançados na tabela dos valores de cheia adimensional onde o valor do pico corresponde ao coeficiente de Füller. A Tabela 10 abaixo apresenta os valores adimensionais para as 18 maiores distribuições de vazão na bacia e a média das distribuições para um mesmo período de horas.

Tabela 10 – Distribuição adimensional de vazões

| Horas | 12    | 36    | 60    | 84    | 108   | 132   | 156   | 180   | 204   | 228   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q ADM | 0,469 | 0,425 | 0,420 | 0,832 | 1,348 | 0,638 | 0,519 | 0,409 | 0,397 | 0,391 |
|       | 0,428 | 0,444 | 0,547 | 0,662 | 1,348 | 0,894 | 0,762 | 0,604 | 0,508 | 0,437 |
|       | 0,519 | 0,530 | 0,562 | 0,678 | 1,348 | 0,626 | 0,493 | 0,458 | 0,423 | 0,396 |
|       | 0,891 | 0,989 | 0,978 | 0,961 | 1,348 | 0,799 | 0,676 | 0,626 | 0,562 | 0,541 |
|       | 0,431 | 0,403 | 0,450 | 0,629 | 1,348 | 0,710 | 0,629 | 0,629 | 0,618 | 0,537 |
|       | 0,790 | 0,796 | 0,794 | 0,893 | 1,348 | 0,994 | 0,606 | 0,391 | 0,396 | 0,481 |
|       | 0,536 | 0,583 | 0,668 | 0,656 | 1,348 | 0,623 | 0,601 | 0,572 | 0,543 | 0,540 |
|       | 0,612 | 0,625 | 0,706 | 0,844 | 1,348 | 0,914 | 0,998 | 0,831 | 0,726 | 0,537 |
|       | 0,489 | 0,454 | 0,499 | 0,519 | 1,348 | 0,631 | 0,547 | 0,585 | 0,745 | 0,581 |
|       | 0,728 | 0,720 | 0,802 | 0,810 | 1,348 | 0,740 | 0,664 | 0,644 | 0,586 | 0,636 |
|       | 0,652 | 0,600 | 0,596 | 0,816 | 1,348 | 0,761 | 0,759 | 0,716 | 0,667 | 0,642 |
|       | 0,529 | 0,498 | 0,518 | 0,544 | 1,348 | 0,803 | 0,610 | 0,544 | 0,524 | 0,503 |
|       | 0,888 | 0,820 | 0,770 | 0,878 | 1,348 | 0,888 | 0,704 | 0,624 | 0,538 | 0,543 |
|       | 0,473 | 0,508 | 0,668 | 0,705 | 1,348 | 0,944 | 0,793 | 0,741 | 0,741 | 0,855 |
|       | 0,839 | 0,867 | 0,936 | 0,986 | 1,348 | 0,981 | 0,959 | 0,932 | 0,690 | 0,632 |
|       | 0,451 | 0,538 | 0,703 | 0,918 | 1,348 | 0,774 | 0,637 | 0,565 | 0,569 | 0,543 |
|       | 0,622 | 0,650 | 0,664 | 0,817 | 1,348 | 0,783 | 0,673 | 0,609 | 0,554 | 0,745 |
|       | 0,823 | 0,823 | 0,865 | 0,907 | 1,348 | 0,927 | 0,870 | 0,851 | 0,803 | 0,712 |
| Horas | 12    | 36    | 60    | 84    | 108   | 132   | 156   | 180   | 204   | 228   |
| Média | 0,621 | 0,626 | 0,675 | 0,781 | 1,348 | 0,802 | 0,695 | 0,629 | 0,588 | 0,570 |

O Gráfico 2 mostra a distribuição adimensional das vazões ao longo das 228 horas do hidrograma e o hidrograma médio (em preto) obtido pelas médias de todos os adimensionais para um mesmo período do hidrograma. A distribuição da média é a mais importante para o cálculo do hidrograma de cheia pois como pode-se observar algumas vazões possuem variação diferente do esperado, isso pode ser explicado por outros pequenos picos de chuva em intervalos variados que fazem com que a vazão também varie. Realizando a média das 18 maiores vazões esses picos se distribuem e resultam em um hidrograma mais uniforme.

Gráfico 2 – Hidrograma de Cheias adimensionais



Para a obtenção do hidrograma final de cheia nos diferentes tempos de recorrência se utiliza os valores de cheia normal multiplicado pelo valor do hidrograma médio no correspondente período com interpolação de hora em hora obtendo-se assim as vazões ao longo de todo o período estimado para o hidrograma e para todos os tempos de recorrência determinados.

A Tabela 11 apresenta o hidrograma de cheias para o rio Aporé no local da barragem da PCH Planalto para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 11 – Hidrograma de Cheias PCH Planalto

| Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Planalto |       |              |       |       |       |       |       |       |       |        |
|--|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Dias   | horas | Q Adm        | 5     | 10    | 20    | 50    | 100   | 500   | 1.000 | 10.000 |
|  |       |              |       |       |       | 54,00 | 62,00 | 70,00 | 80,00 | 87,00  |
| Dia 01   | 12    | <b>0,621</b> | 33,51 | 38,48 | 43,44 | 49,65 | 53,99 | 64,54 | 68,88 | 84,40  |
|  | 13    | 0,621        | 33,52 | 38,49 | 43,46 | 49,66 | 54,01 | 64,56 | 68,91 | 84,43  |
|  | 14    | 0,621        | 33,54 | 38,50 | 43,47 | 49,68 | 54,03 | 64,59 | 68,94 | 84,46  |
|  | 15    | 0,621        | 33,55 | 38,52 | 43,49 | 49,70 | 54,05 | 64,61 | 68,96 | 84,49  |
|  | 16    | 0,622        | 33,56 | 38,53 | 43,51 | 49,72 | 54,07 | 64,64 | 68,99 | 84,53  |

| Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Planalto |       |              |       |       |       |       |       |        |        |        |
|--|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Dias   | horas | Q Adm        | 5     | 10    | 20    | 50    | 100   | 500    | 1.000  | 10.000 |
|  |       |              | 54,00 | 62,00 | 70,00 | 80,00 | 87,00 | 104,00 | 111,00 | 136,00 |
| Dias   | 17    | 0,622        | 33,57 | 38,55 | 43,52 | 49,74 | 54,09 | 64,66  | 69,01  | 84,56  |
|  | 18    | 0,622        | 33,59 | 38,56 | 43,54 | 49,76 | 54,11 | 64,69  | 69,04  | 84,59  |
|  | 19    | 0,622        | 33,60 | 38,58 | 43,56 | 49,78 | 54,13 | 64,71  | 69,07  | 84,62  |
|  | 20    | 0,622        | 33,61 | 38,59 | 43,57 | 49,80 | 54,15 | 64,74  | 69,09  | 84,65  |
|  | 21    | 0,623        | 33,63 | 38,61 | 43,59 | 49,82 | 54,17 | 64,76  | 69,12  | 84,69  |
|  | 22    | 0,623        | 33,64 | 38,62 | 43,61 | 49,83 | 54,19 | 64,78  | 69,15  | 84,72  |
|  | 23    | 0,623        | 33,65 | 38,64 | 43,62 | 49,85 | 54,22 | 64,81  | 69,17  | 84,75  |
|  | 24    | <b>0,623</b> | 33,66 | 38,65 | 43,64 | 49,87 | 54,24 | 64,83  | 69,20  | 84,78  |
|  | 1     | 0,624        | 33,68 | 38,67 | 43,65 | 49,89 | 54,26 | 64,86  | 69,22  | 84,81  |
|  | 2     | 0,624        | 33,69 | 38,68 | 43,67 | 49,91 | 54,28 | 64,88  | 69,25  | 84,85  |
|  | 3     | 0,624        | 33,70 | 38,69 | 43,69 | 49,93 | 54,30 | 64,91  | 69,28  | 84,88  |
| Dias   | 4     | 0,624        | 33,71 | 38,71 | 43,70 | 49,95 | 54,32 | 64,93  | 69,30  | 84,91  |
|  | 5     | 0,625        | 33,73 | 38,72 | 43,72 | 49,97 | 54,34 | 64,96  | 69,33  | 84,94  |
|  | 6     | 0,625        | 33,74 | 38,74 | 43,74 | 49,99 | 54,36 | 64,98  | 69,35  | 84,97  |
|  | 7     | 0,625        | 33,75 | 38,75 | 43,75 | 50,00 | 54,38 | 65,01  | 69,38  | 85,01  |
|  | 8     | 0,625        | 33,77 | 38,77 | 43,77 | 50,02 | 54,40 | 65,03  | 69,41  | 85,04  |
|  | 9     | 0,626        | 33,78 | 38,78 | 43,79 | 50,04 | 54,42 | 65,05  | 69,43  | 85,07  |
|  | 10    | 0,626        | 33,79 | 38,80 | 43,80 | 50,06 | 54,44 | 65,08  | 69,46  | 85,10  |
|  | 11    | 0,626        | 33,80 | 38,81 | 43,82 | 50,08 | 54,46 | 65,10  | 69,48  | 85,13  |
|  | 12    | <b>0,626</b> | 33,82 | 38,83 | 43,84 | 50,10 | 54,48 | 65,13  | 69,51  | 85,17  |
|  | 13    | 0,628        | 33,93 | 38,95 | 43,98 | 50,26 | 54,66 | 65,34  | 69,74  | 85,44  |
|  | 14    | 0,630        | 34,03 | 39,08 | 44,12 | 50,42 | 54,83 | 65,55  | 69,96  | 85,72  |
| Dia 02   | 15    | 0,632        | 34,14 | 39,20 | 44,26 | 50,58 | 55,01 | 65,76  | 70,18  | 85,99  |
|  | 16    | 0,634        | 34,25 | 39,33 | 44,40 | 50,74 | 55,18 | 65,97  | 70,41  | 86,26  |
|  | 17    | 0,636        | 34,36 | 39,45 | 44,54 | 50,91 | 55,36 | 66,18  | 70,63  | 86,54  |
|  | 18    | 0,638        | 34,47 | 39,58 | 44,68 | 51,07 | 55,53 | 66,39  | 70,85  | 86,81  |
|  | 19    | 0,640        | 34,58 | 39,70 | 44,82 | 51,23 | 55,71 | 66,60  | 71,08  | 87,09  |
|  | 20    | 0,642        | 34,69 | 39,83 | 44,97 | 51,39 | 55,89 | 66,81  | 71,30  | 87,36  |
|  | 21    | 0,644        | 34,80 | 39,95 | 45,11 | 51,55 | 56,06 | 67,02  | 71,53  | 87,64  |
|  | 22    | 0,646        | 34,91 | 40,08 | 45,25 | 51,71 | 56,24 | 67,23  | 71,75  | 87,91  |
|  | 23    | 0,648        | 35,01 | 40,20 | 45,39 | 51,87 | 56,41 | 67,44  | 71,97  | 88,19  |
|  | 24    | <b>0,650</b> | 35,12 | 40,33 | 45,53 | 52,04 | 56,59 | 67,65  | 72,20  | 88,46  |
|  | 1     | 0,652        | 35,23 | 40,45 | 45,67 | 52,20 | 56,76 | 67,86  | 72,42  | 88,73  |
| Dia 02   | 2     | 0,654        | 35,34 | 40,58 | 45,81 | 52,36 | 56,94 | 68,07  | 72,65  | 89,01  |
|  | 3     | 0,656        | 35,45 | 40,70 | 45,95 | 52,52 | 57,11 | 68,28  | 72,87  | 89,28  |
|  | 4     | 0,659        | 35,56 | 40,83 | 46,10 | 52,68 | 57,29 | 68,49  | 73,09  | 89,56  |
|  | 5     | 0,661        | 35,67 | 40,95 | 46,24 | 52,84 | 57,47 | 68,69  | 73,32  | 89,83  |
|  | 6     | 0,663        | 35,78 | 41,08 | 46,38 | 53,00 | 57,64 | 68,90  | 73,54  | 90,11  |
|  | 7     | 0,665        | 35,89 | 41,20 | 46,52 | 53,17 | 57,82 | 69,11  | 73,77  | 90,38  |
|  | 8     | 0,667        | 36,00 | 41,33 | 46,66 | 53,33 | 57,99 | 69,32  | 73,99  | 90,65  |
|  | 9     | 0,669        | 36,10 | 41,45 | 46,80 | 53,49 | 58,17 | 69,53  | 74,21  | 90,93  |
|  | 10    | 0,671        | 36,21 | 41,58 | 46,94 | 53,65 | 58,34 | 69,74  | 74,44  | 91,20  |
|  | 11    | 0,673        | 36,32 | 41,70 | 47,08 | 53,81 | 58,52 | 69,95  | 74,66  | 91,48  |
|  | 12    | <b>0,675</b> | 36,43 | 41,83 | 47,23 | 53,97 | 58,69 | 70,16  | 74,89  | 91,75  |
| Dia 03   | 13    | 0,679        | 36,67 | 42,10 | 47,54 | 54,33 | 59,08 | 70,62  | 75,38  | 92,35  |
|  | 14    | 0,684        | 36,91 | 42,38 | 47,85 | 54,68 | 59,47 | 71,08  | 75,87  | 92,96  |
|  | 15    | 0,688        | 37,15 | 42,65 | 48,16 | 55,03 | 59,85 | 71,55  | 76,36  | 93,56  |
|  | 16    | 0,692        | 37,39 | 42,93 | 48,47 | 55,39 | 60,24 | 72,01  | 76,85  | 94,16  |
|  | 17    | 0,697        | 37,63 | 43,20 | 48,78 | 55,74 | 60,62 | 72,47  | 77,34  | 94,76  |

| Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Planalto |              |              |       |       |        |        |        |        |        |        |
|--|--------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dias   | horas        | Q Adm        | 5     | 10    | 20     | 50     | 100    | 500    | 1.000  | 10.000 |
|  |              |              | 54,00 | 62,00 | 70,00  | 80,00  | 87,00  | 104,00 | 111,00 | 136,00 |
| Dias   | 18           | 0,701        | 37,87 | 43,48 | 49,09  | 56,10  | 61,01  | 72,93  | 77,84  | 95,37  |
|  | 19           | 0,706        | 38,10 | 43,75 | 49,40  | 56,45  | 61,39  | 73,39  | 78,33  | 95,97  |
|  | 20           | 0,710        | 38,34 | 44,02 | 49,71  | 56,81  | 61,78  | 73,85  | 78,82  | 96,57  |
|  | 21           | 0,714        | 38,58 | 44,30 | 50,01  | 57,16  | 62,16  | 74,31  | 79,31  | 97,17  |
|  | 22           | 0,719        | 38,82 | 44,57 | 50,32  | 57,51  | 62,55  | 74,77  | 79,80  | 97,77  |
|  | 23           | 0,723        | 39,06 | 44,85 | 50,63  | 57,87  | 62,93  | 75,23  | 80,29  | 98,38  |
|  | 24           | <b>0,728</b> | 39,30 | 45,12 | 50,94  | 58,22  | 63,32  | 75,69  | 80,78  | 98,98  |
|  | 1            | 0,732        | 39,54 | 45,40 | 51,25  | 58,58  | 63,70  | 76,15  | 81,28  | 99,58  |
|  | 2            | 0,737        | 39,78 | 45,67 | 51,56  | 58,93  | 64,09  | 76,61  | 81,77  | 100,18 |
|  | 3            | 0,741        | 40,02 | 45,95 | 51,87  | 59,29  | 64,47  | 77,07  | 82,26  | 100,78 |
|  | 4            | 0,745        | 40,26 | 46,22 | 52,18  | 59,64  | 64,86  | 77,53  | 82,75  | 101,39 |
| 5  | 0,750        | 40,50        | 46,50 | 52,49 | 59,99  | 65,24  | 77,99  | 83,24  | 101,99 |        |
| 6  | 0,754        | 40,73        | 46,77 | 52,80 | 60,35  | 65,63  | 78,45  | 83,73  | 102,59 |        |
| 7  | 0,759        | 40,97        | 47,04 | 53,11 | 60,70  | 66,01  | 78,91  | 84,22  | 103,19 |        |
| 8  | 0,763        | 41,21        | 47,32 | 53,42 | 61,06  | 66,40  | 79,37  | 84,72  | 103,80 |        |
| 9  | 0,768        | 41,45        | 47,59 | 53,73 | 61,41  | 66,78  | 79,83  | 85,21  | 104,40 |        |
| 10   | 0,772        | 41,69        | 47,87 | 54,04 | 61,76  | 67,17  | 80,29  | 85,70  | 105,00 |        |
| 11   | 0,776        | 41,93        | 48,14 | 54,35 | 62,12  | 67,55  | 80,75  | 86,19  | 105,60 |        |
| Dia 04   | 12           | <b>0,781</b> | 42,17 | 48,42 | 54,66  | 62,47  | 67,94  | 81,22  | 86,68  | 106,20 |
|  | 13           | 0,805        | 43,44 | 49,88 | 56,32  | 64,36  | 69,99  | 83,67  | 89,30  | 109,42 |
|  | 14           | 0,828        | 44,72 | 51,34 | 57,97  | 66,25  | 72,05  | 86,13  | 91,92  | 112,63 |
|  | 15           | 0,852        | 45,99 | 52,81 | 59,62  | 68,14  | 74,10  | 88,58  | 94,54  | 115,84 |
|  | 16           | 0,875        | 47,27 | 54,27 | 61,28  | 70,03  | 76,16  | 91,04  | 97,17  | 119,05 |
|  | 17           | 0,899        | 48,54 | 55,74 | 62,93  | 71,92  | 78,21  | 93,49  | 99,79  | 122,26 |
|  | 18           | 0,923        | 49,82 | 57,20 | 64,58  | 73,81  | 80,27  | 95,95  | 102,41 | 125,47 |
|  | 19           | 0,946        | 51,09 | 58,66 | 66,23  | 75,70  | 82,32  | 98,40  | 105,03 | 128,68 |
|  | 20           | 0,970        | 52,37 | 60,13 | 67,89  | 77,59  | 84,37  | 100,86 | 107,65 | 131,89 |
|  | 21           | 0,993        | 53,64 | 61,59 | 69,54  | 79,47  | 86,43  | 103,32 | 110,27 | 135,11 |
|  | 22           | 1,017        | 54,92 | 63,06 | 71,19  | 81,36  | 88,48  | 105,77 | 112,89 | 138,32 |
| 23   | 1,041        | 56,20        | 64,52 | 72,85 | 83,25  | 90,54  | 108,23 | 115,51 | 141,53 |        |
| 24   | <b>1,064</b> | 57,47        | 65,98 | 74,50 | 85,14  | 92,59  | 110,68 | 118,13 | 144,74 |        |
| 1  | 1,088        | 58,75        | 67,45 | 76,15 | 87,03  | 94,65  | 113,14 | 120,75 | 147,95 |        |
| 2  | 1,111        | 60,02        | 68,91 | 77,80 | 88,92  | 96,70  | 115,59 | 123,38 | 151,16 |        |
| 3  | 1,135        | 61,30        | 70,38 | 79,46 | 90,81  | 98,75  | 118,05 | 126,00 | 154,37 |        |
| 4  | 1,159        | 62,57        | 71,84 | 81,11 | 92,70  | 100,81 | 120,51 | 128,62 | 157,58 |        |
| 5  | 1,182        | 63,85        | 73,30 | 82,76 | 94,59  | 102,86 | 122,96 | 131,24 | 160,80 |        |
| 6  | 1,206        | 65,12        | 74,77 | 84,42 | 96,47  | 104,92 | 125,42 | 133,86 | 164,01 |        |
| 7  | 1,230        | 66,40        | 76,23 | 86,07 | 98,36  | 106,97 | 127,87 | 136,48 | 167,22 |        |
| 8  | 1,253        | 67,67        | 77,70 | 87,72 | 100,25 | 109,03 | 130,33 | 139,10 | 170,43 |        |
| 9  | 1,277        | 68,95        | 79,16 | 89,37 | 102,14 | 111,08 | 132,78 | 141,72 | 173,64 |        |
| 10   | 1,300        | 70,22        | 80,62 | 91,03 | 104,03 | 113,13 | 135,24 | 144,34 | 176,85 |        |
| 11   | 1,324        | 71,50        | 82,09 | 92,68 | 105,92 | 115,19 | 137,70 | 146,96 | 180,06 |        |
| Dia 05   | 12           | <b>1,348</b> | 72,77 | 83,55 | 94,33  | 107,81 | 117,24 | 140,15 | 149,58 | 183,28 |
|  | 13           | 1,325        | 71,54 | 82,14 | 92,74  | 105,99 | 115,26 | 137,79 | 147,06 | 180,18 |
|  | 14           | 1,302        | 70,31 | 80,73 | 91,15  | 104,17 | 113,28 | 135,42 | 144,54 | 177,09 |
|  | 15           | 1,279        | 69,09 | 79,32 | 89,56  | 102,35 | 111,31 | 133,05 | 142,01 | 173,99 |
|  | 16           | 1,257        | 67,86 | 77,91 | 87,96  | 100,53 | 109,33 | 130,69 | 139,49 | 170,90 |
|  | 17           | 1,234        | 66,63 | 76,50 | 86,37  | 98,71  | 107,35 | 128,32 | 136,96 | 167,81 |
|  | 18           | 1,211        | 65,40 | 75,09 | 84,78  | 96,89  | 105,37 | 125,96 | 134,44 | 164,71 |

| Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Planalto |       |              |       |       |       |       |        |        |        |        |
|--|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Dias   | horas | Q Adm        | 5     | 10    | 20    | 50    | 100    | 500    | 1.000  | 10.000 |
|  |       |              | 54,00 | 62,00 | 70,00 | 80,00 | 87,00  | 104,00 | 111,00 | 136,00 |
| Dias   | 19    | 1,188        | 64,17 | 73,68 | 83,19 | 95,07 | 103,39 | 123,59 | 131,91 | 161,62 |
|  | 20    | 1,166        | 62,94 | 72,27 | 81,60 | 93,25 | 101,41 | 121,23 | 129,39 | 158,53 |
|  | 21    | 1,143        | 61,72 | 70,86 | 80,00 | 91,43 | 99,43  | 118,86 | 126,86 | 155,43 |
|  | 22    | 1,120        | 60,49 | 69,45 | 78,41 | 89,61 | 97,45  | 116,50 | 124,34 | 152,34 |
|  | 23    | 1,097        | 59,26 | 68,04 | 76,82 | 87,79 | 95,47  | 114,13 | 121,81 | 149,25 |
|  | 24    | <b>1,075</b> | 58,03 | 66,63 | 75,23 | 85,97 | 93,50  | 111,77 | 119,29 | 146,15 |
|  | 1     | 1,052        | 56,80 | 65,22 | 73,63 | 84,15 | 91,52  | 109,40 | 116,76 | 143,06 |
|  | 2     | 1,029        | 55,58 | 63,81 | 72,04 | 82,33 | 89,54  | 107,03 | 114,24 | 139,97 |
|  | 3     | 1,006        | 54,35 | 62,40 | 70,45 | 80,51 | 87,56  | 104,67 | 111,71 | 136,87 |
|  | 4     | 0,984        | 53,12 | 60,99 | 68,86 | 78,69 | 85,58  | 102,30 | 109,19 | 133,78 |
|  | 5     | 0,961        | 51,89 | 59,58 | 67,27 | 76,88 | 83,60  | 99,94  | 106,66 | 130,69 |
| Dias   | 6     | 0,938        | 50,66 | 58,17 | 65,67 | 75,06 | 81,62  | 97,57  | 104,14 | 127,59 |
|  | 7     | 0,915        | 49,43 | 56,76 | 64,08 | 73,24 | 79,64  | 95,21  | 101,61 | 124,50 |
|  | 8     | 0,893        | 48,21 | 55,35 | 62,49 | 71,42 | 77,67  | 92,84  | 99,09  | 121,41 |
|  | 9     | 0,870        | 46,98 | 53,94 | 60,90 | 69,60 | 75,69  | 90,48  | 96,57  | 118,31 |
|  | 10    | 0,847        | 45,75 | 52,53 | 59,30 | 67,78 | 73,71  | 88,11  | 94,04  | 115,22 |
|  | 11    | 0,824        | 44,52 | 51,12 | 57,71 | 65,96 | 71,73  | 85,74  | 91,52  | 112,13 |
|  | 12    | <b>0,802</b> | 43,29 | 49,71 | 56,12 | 64,14 | 69,75  | 83,38  | 88,99  | 109,03 |
|  | 13    | 0,797        | 43,05 | 49,43 | 55,81 | 63,78 | 69,36  | 82,91  | 88,50  | 108,43 |
|  | 14    | 0,793        | 42,81 | 49,15 | 55,50 | 63,42 | 68,97  | 82,45  | 88,00  | 107,82 |
|  | 15    | 0,788        | 42,57 | 48,88 | 55,18 | 63,07 | 68,58  | 81,99  | 87,50  | 107,21 |
|  | 16    | 0,784        | 42,33 | 48,60 | 54,87 | 62,71 | 68,20  | 81,52  | 87,01  | 106,60 |
| Dia 06   | 17    | 0,779        | 42,09 | 48,32 | 54,56 | 62,35 | 67,81  | 81,06  | 86,51  | 106,00 |
|  | 18    | 0,775        | 41,85 | 48,04 | 54,24 | 61,99 | 67,42  | 80,59  | 86,02  | 105,39 |
|  | 19    | 0,770        | 41,60 | 47,77 | 53,93 | 61,64 | 67,03  | 80,13  | 85,52  | 104,78 |
|  | 20    | 0,766        | 41,36 | 47,49 | 53,62 | 61,28 | 66,64  | 79,66  | 85,02  | 104,17 |
|  | 21    | 0,762        | 41,12 | 47,21 | 53,31 | 60,92 | 66,25  | 79,20  | 84,53  | 103,57 |
|  | 22    | 0,757        | 40,88 | 46,94 | 52,99 | 60,56 | 65,86  | 78,73  | 84,03  | 102,96 |
|  | 23    | 0,753        | 40,64 | 46,66 | 52,68 | 60,21 | 65,47  | 78,27  | 83,54  | 102,35 |
|  | 24    | <b>0,748</b> | 40,40 | 46,38 | 52,37 | 59,85 | 65,09  | 77,80  | 83,04  | 101,74 |
|  | 1     | 0,744        | 40,16 | 46,11 | 52,06 | 59,49 | 64,70  | 77,34  | 82,54  | 101,14 |
|  | 2     | 0,739        | 39,92 | 45,83 | 51,74 | 59,13 | 64,31  | 76,87  | 82,05  | 100,53 |
|  | 3     | 0,735        | 39,67 | 45,55 | 51,43 | 58,78 | 63,92  | 76,41  | 81,55  | 99,92  |
| Dia 07   | 4     | 0,730        | 39,43 | 45,27 | 51,12 | 58,42 | 63,53  | 75,95  | 81,06  | 99,31  |
|  | 5     | 0,726        | 39,19 | 45,00 | 50,80 | 58,06 | 63,14  | 75,48  | 80,56  | 98,71  |
|  | 6     | 0,721        | 38,95 | 44,72 | 50,49 | 57,70 | 62,75  | 75,02  | 80,06  | 98,10  |
|  | 7     | 0,717        | 38,71 | 44,44 | 50,18 | 57,35 | 62,36  | 74,55  | 79,57  | 97,49  |
|  | 8     | 0,712        | 38,47 | 44,17 | 49,87 | 56,99 | 61,98  | 74,09  | 79,07  | 96,88  |
|  | 9     | 0,708        | 38,23 | 43,89 | 49,55 | 56,63 | 61,59  | 73,62  | 78,58  | 96,27  |
|  | 10    | 0,703        | 37,99 | 43,61 | 49,24 | 56,27 | 61,20  | 73,16  | 78,08  | 95,67  |
|  | 11    | 0,699        | 37,74 | 43,34 | 48,93 | 55,92 | 60,81  | 72,69  | 77,59  | 95,06  |
|  | 12    | <b>0,695</b> | 37,50 | 43,06 | 48,62 | 55,56 | 60,42  | 72,23  | 77,09  | 94,45  |
|  | 13    | 0,692        | 37,36 | 42,89 | 48,43 | 55,34 | 60,19  | 71,95  | 76,79  | 94,08  |
|  | 14    | 0,689        | 37,21 | 42,72 | 48,24 | 55,13 | 59,95  | 71,66  | 76,49  | 93,71  |
| 15   | 0,686 | 37,06        | 42,55 | 48,05 | 54,91 | 59,71 | 71,38  | 76,19  | 93,35  |        |
| 16   | 0,684 | 36,92        | 42,39 | 47,86 | 54,69 | 59,48 | 71,10  | 75,89  | 92,98  |        |
| 17   | 0,681 | 36,77        | 42,22 | 47,67 | 54,48 | 59,24 | 70,82  | 75,58  | 92,61  |        |
| 18   | 0,678 | 36,62        | 42,05 | 47,48 | 54,26 | 59,01 | 70,54  | 75,28  | 92,24  |        |
| 19   | 0,676 | 36,48        | 41,88 | 47,29 | 54,04 | 58,77 | 70,25  | 74,98  | 91,87  |        |

| Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Planalto |       |              |       |       |       |       |       |        |        |        |
|--|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Dias   | horas | Q<br>Adm     | 5     | 10    | 20    | 50    | 100   | 500    | 1.000  | 10.000 |
|  |       |              | 54,00 | 62,00 | 70,00 | 80,00 | 87,00 | 104,00 | 111,00 | 136,00 |
| Dias   | 20    | 0,673        | 36,33 | 41,71 | 47,10 | 53,82 | 58,53 | 69,97  | 74,68  | 91,50  |
|  | 21    | 0,670        | 36,19 | 41,55 | 46,91 | 53,61 | 58,30 | 69,69  | 74,38  | 91,13  |
|  | 22    | 0,667        | 36,04 | 41,38 | 46,72 | 53,39 | 58,06 | 69,41  | 74,08  | 90,76  |
|  | 23    | 0,665        | 35,89 | 41,21 | 46,53 | 53,17 | 57,83 | 69,13  | 73,78  | 90,40  |
|  | 24    | <b>0,662</b> | 35,75 | 41,04 | 46,34 | 52,96 | 57,59 | 68,84  | 73,48  | 90,03  |
|  | 1     | 0,659        | 35,60 | 40,87 | 46,15 | 52,74 | 57,36 | 68,56  | 73,18  | 89,66  |
|  | 2     | 0,657        | 35,45 | 40,71 | 45,96 | 52,52 | 57,12 | 68,28  | 72,88  | 89,29  |
|  | 3     | 0,654        | 35,31 | 40,54 | 45,77 | 52,31 | 56,88 | 68,00  | 72,58  | 88,92  |
|  | 4     | 0,651        | 35,16 | 40,37 | 45,58 | 52,09 | 56,65 | 67,72  | 72,27  | 88,55  |
|  | 5     | 0,648        | 35,01 | 40,20 | 45,39 | 51,87 | 56,41 | 67,43  | 71,97  | 88,18  |
|  | 6     | 0,646        | 34,87 | 40,03 | 45,20 | 51,66 | 56,18 | 67,15  | 71,67  | 87,82  |
| Dias   | 7     | 0,643        | 34,72 | 39,87 | 45,01 | 51,44 | 55,94 | 66,87  | 71,37  | 87,45  |
|  | 8     | 0,640        | 34,57 | 39,70 | 44,82 | 51,22 | 55,70 | 66,59  | 71,07  | 87,08  |
|  | 9     | 0,638        | 34,43 | 39,53 | 44,63 | 51,01 | 55,47 | 66,31  | 70,77  | 86,71  |
|  | 10    | 0,635        | 34,28 | 39,36 | 44,44 | 50,79 | 55,23 | 66,02  | 70,47  | 86,34  |
|  | 11    | 0,632        | 34,14 | 39,19 | 44,25 | 50,57 | 55,00 | 65,74  | 70,17  | 85,97  |
|  | 12    | <b>0,629</b> | 33,99 | 39,02 | 44,06 | 50,35 | 54,76 | 65,46  | 69,87  | 85,60  |
|  | 13    | 0,628        | 33,90 | 38,92 | 43,94 | 50,22 | 54,61 | 65,28  | 69,68  | 85,37  |
|  | 14    | 0,626        | 33,80 | 38,81 | 43,82 | 50,08 | 54,46 | 65,10  | 69,49  | 85,14  |
|  | 15    | 0,624        | 33,71 | 38,71 | 43,70 | 49,94 | 54,31 | 64,93  | 69,30  | 84,90  |
|  | 16    | 0,623        | 33,62 | 38,60 | 43,58 | 49,81 | 54,16 | 64,75  | 69,11  | 84,67  |
|  | 17    | 0,621        | 33,53 | 38,49 | 43,46 | 49,67 | 54,01 | 64,57  | 68,92  | 84,44  |
| Dia<br>08  | 18    | 0,619        | 33,43 | 38,39 | 43,34 | 49,53 | 53,87 | 64,39  | 68,72  | 84,20  |
|  | 19    | 0,617        | 33,34 | 38,28 | 43,22 | 49,39 | 53,72 | 64,21  | 68,53  | 83,97  |
|  | 20    | 0,616        | 33,25 | 38,17 | 43,10 | 49,26 | 53,57 | 64,03  | 68,34  | 83,74  |
|  | 21    | 0,614        | 33,16 | 38,07 | 42,98 | 49,12 | 53,42 | 63,86  | 68,15  | 83,50  |
|  | 22    | 0,612        | 33,06 | 37,96 | 42,86 | 48,98 | 53,27 | 63,68  | 67,96  | 83,27  |
|  | 23    | 0,611        | 32,97 | 37,86 | 42,74 | 48,85 | 53,12 | 63,50  | 67,77  | 83,04  |
|  | 24    | <b>0,609</b> | 32,88 | 37,75 | 42,62 | 48,71 | 52,97 | 63,32  | 67,58  | 82,80  |
|  | 1     | 0,607        | 32,79 | 37,64 | 42,50 | 48,57 | 52,82 | 63,14  | 67,39  | 82,57  |
|  | 2     | 0,605        | 32,69 | 37,54 | 42,38 | 48,43 | 52,67 | 62,96  | 67,20  | 82,34  |
|  | 3     | 0,604        | 32,60 | 37,43 | 42,26 | 48,30 | 52,52 | 62,79  | 67,01  | 82,10  |
|  | 4     | 0,602        | 32,51 | 37,32 | 42,14 | 48,16 | 52,37 | 62,61  | 66,82  | 81,87  |
| Dia<br>09  | 5     | 0,600        | 32,42 | 37,22 | 42,02 | 48,02 | 52,22 | 62,43  | 66,63  | 81,64  |
|  | 6     | 0,599        | 32,32 | 37,11 | 41,90 | 47,89 | 52,08 | 62,25  | 66,44  | 81,41  |
|  | 7     | 0,597        | 32,23 | 37,00 | 41,78 | 47,75 | 51,93 | 62,07  | 66,25  | 81,17  |
|  | 8     | 0,595        | 32,14 | 36,90 | 41,66 | 47,61 | 51,78 | 61,89  | 66,06  | 80,94  |
|  | 9     | 0,593        | 32,04 | 36,79 | 41,54 | 47,47 | 51,63 | 61,72  | 65,87  | 80,71  |
|  | 10    | 0,592        | 31,95 | 36,69 | 41,42 | 47,34 | 51,48 | 61,54  | 65,68  | 80,47  |
|  | 11    | 0,590        | 31,86 | 36,58 | 41,30 | 47,20 | 51,33 | 61,36  | 65,49  | 80,24  |
|  | 12    | <b>0,588</b> | 31,77 | 36,47 | 41,18 | 47,06 | 51,18 | 61,18  | 65,30  | 80,01  |
|  | 13    | 0,587        | 31,72 | 36,42 | 41,12 | 47,00 | 51,11 | 61,10  | 65,21  | 79,90  |
|  | 14    | 0,587        | 31,68 | 36,38 | 41,07 | 46,94 | 51,04 | 61,02  | 65,13  | 79,79  |
|  | 15    | 0,586        | 31,64 | 36,33 | 41,02 | 46,87 | 50,98 | 60,94  | 65,04  | 79,69  |
| 16   | 0,585 | 31,60        | 36,28 | 40,96 | 46,81 | 50,91 | 60,86 | 64,95  | 79,58  |        |
| 17   | 0,584 | 31,56        | 36,23 | 40,91 | 46,75 | 50,84 | 60,77 | 64,87  | 79,47  |        |
| 18   | 0,584 | 31,51        | 36,18 | 40,85 | 46,69 | 50,77 | 60,69 | 64,78  | 79,37  |        |
| 19   | 0,583 | 31,47        | 36,13 | 40,80 | 46,62 | 50,70 | 60,61 | 64,69  | 79,26  |        |
| 20   | 0,582 | 31,43        | 36,09 | 40,74 | 46,56 | 50,64 | 60,53 | 64,61  | 79,16  |        |

| Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Planalto |       |              |       |       |       |       |       |        |        |        |
|--|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Dias   | horas | Q Adm        | 5     | 10    | 20    | 50    | 100   | 500    | 1.000  | 10.000 |
|  |       |              | 54,00 | 62,00 | 70,00 | 80,00 | 87,00 | 104,00 | 111,00 | 136,00 |
|  | 21    | 0,581        | 31,39 | 36,04 | 40,69 | 46,50 | 50,57 | 60,45  | 64,52  | 79,05  |
|  | 22    | 0,580        | 31,35 | 35,99 | 40,63 | 46,44 | 50,50 | 60,37  | 64,43  | 78,94  |
|  | 23    | 0,580        | 31,30 | 35,94 | 40,58 | 46,37 | 50,43 | 60,29  | 64,35  | 78,84  |
|  | 24    | <b>0,579</b> | 31,26 | 35,89 | 40,52 | 46,31 | 50,36 | 60,21  | 64,26  | 78,73  |
|  | 1     | 0,578        | 31,22 | 35,84 | 40,47 | 46,25 | 50,30 | 60,12  | 64,17  | 78,62  |
|  | 2     | 0,577        | 31,18 | 35,80 | 40,41 | 46,19 | 50,23 | 60,04  | 64,09  | 78,52  |
|  | 3     | 0,577        | 31,13 | 35,75 | 40,36 | 46,12 | 50,16 | 59,96  | 64,00  | 78,41  |
|  | 4     | 0,576        | 31,09 | 35,70 | 40,30 | 46,06 | 50,09 | 59,88  | 63,91  | 78,31  |
|  | 5     | 0,575        | 31,05 | 35,65 | 40,25 | 46,00 | 50,02 | 59,80  | 63,82  | 78,20  |
|  | 6     | 0,574        | 31,01 | 35,60 | 40,20 | 45,94 | 49,96 | 59,72  | 63,74  | 78,09  |
|  | 7     | 0,573        | 30,97 | 35,55 | 40,14 | 45,87 | 49,89 | 59,64  | 63,65  | 77,99  |
|  | 8     | 0,573        | 30,92 | 35,50 | 40,09 | 45,81 | 49,82 | 59,56  | 63,56  | 77,88  |
|  | 9     | 0,572        | 30,88 | 35,46 | 40,03 | 45,75 | 49,75 | 59,47  | 63,48  | 77,77  |
|  | 10    | 0,571        | 30,84 | 35,41 | 39,98 | 45,69 | 49,69 | 59,39  | 63,39  | 77,67  |
|  | 11    | 0,570        | 30,80 | 35,36 | 39,92 | 45,62 | 49,62 | 59,31  | 63,30  | 77,56  |
| Dia  | 12    | <b>0,570</b> | 30,75 | 35,31 | 39,87 | 45,56 | 49,55 | 59,23  | 63,22  | 77,46  |

No Gráfico 3 apresenta-se os hidrogramas de cheia para os diferentes tempos de recorrência ao longo do período determinado.

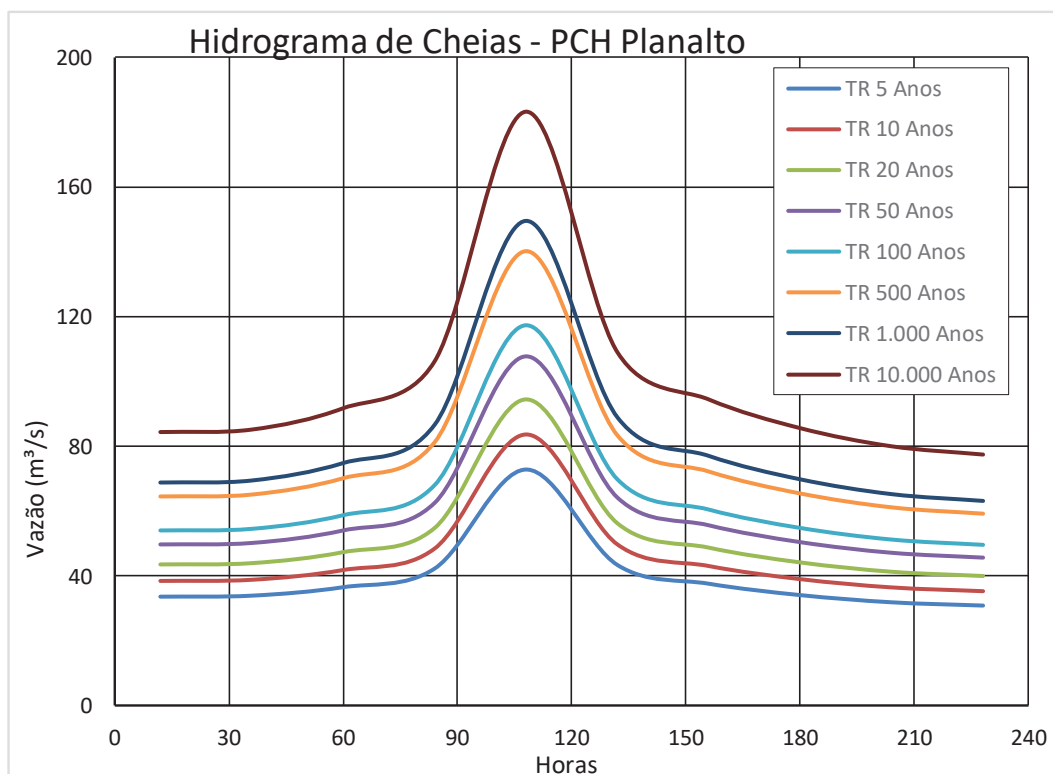


Gráfico 3 – Hidrograma de Cheias PCH Planalto para diversos Tempos de Recorrência

As curvas do hidrograma de cheias obtidas indicam que os dados obtidos possuem consistência e distribuição adequados sendo então considerados corretos e suficientes para o estudo de cheias e rompimento no reservatório da PCH Planalto.

#### 5.2.4.4 Capacidade de descarga do vertedouro

Conforme a ficha técnica da PCH Planalto no projeto básico o vertedouro foi dimensionado para a vazão de 268 m<sup>3</sup>/s na sua capacidade máxima.

Considerando o projeto como construído e o nível máximo maximorum do reservatório na elevação 640,40 m, ou seja, considerando uma borda livre de 0,60 m em relação a crista da barragem a capacidade de descarga do vertedouro resulta nos 268 m<sup>3</sup>/s definidos no projeto básico.

Na atualização da hidrologia (1963 a 2015) a cheia máxima instantânea com tempo de recorrência decamilenar resultou em 183 m<sup>3</sup>/s. Com essa vazão de pico no hidrograma de cheias para a TR 10.000 anos a simulação de escoamento do programa HEC HAS indicou o nível máx max 639,70 m indicando segurança no dimensionamento do vertedouro da PCH Planalto, sem risco de galgamento da barragem.

A redução no pico de cheia da PCH Planalto está de acordo com o relato da equipe de operação da usina onde os eventos de vazões acima da turbinada máxima, causando vertimento, são extremamente raros, como indicado na hidrologia.

#### 5.2.5 Calibração do modelo matemático

Com os dados da restituição, curvas de níveis e níveis de água (dados do item 5.2.2), foi calibrada a calha do rio no trecho estudado no programa Hec-Ras. A Figura 34 apresenta as seções lançadas no programa e a Figura 35 apresenta o perfil do rio com os níveis de água obtidos para a cheia com tempo de recorrência de 10.000 anos associada ao rompimento da barragem de Planalto.

O desenho PLA-C-SRE-003-00-19 – Seções da Restituição, que está no caderno de desenhos, apresenta a localização das seções.

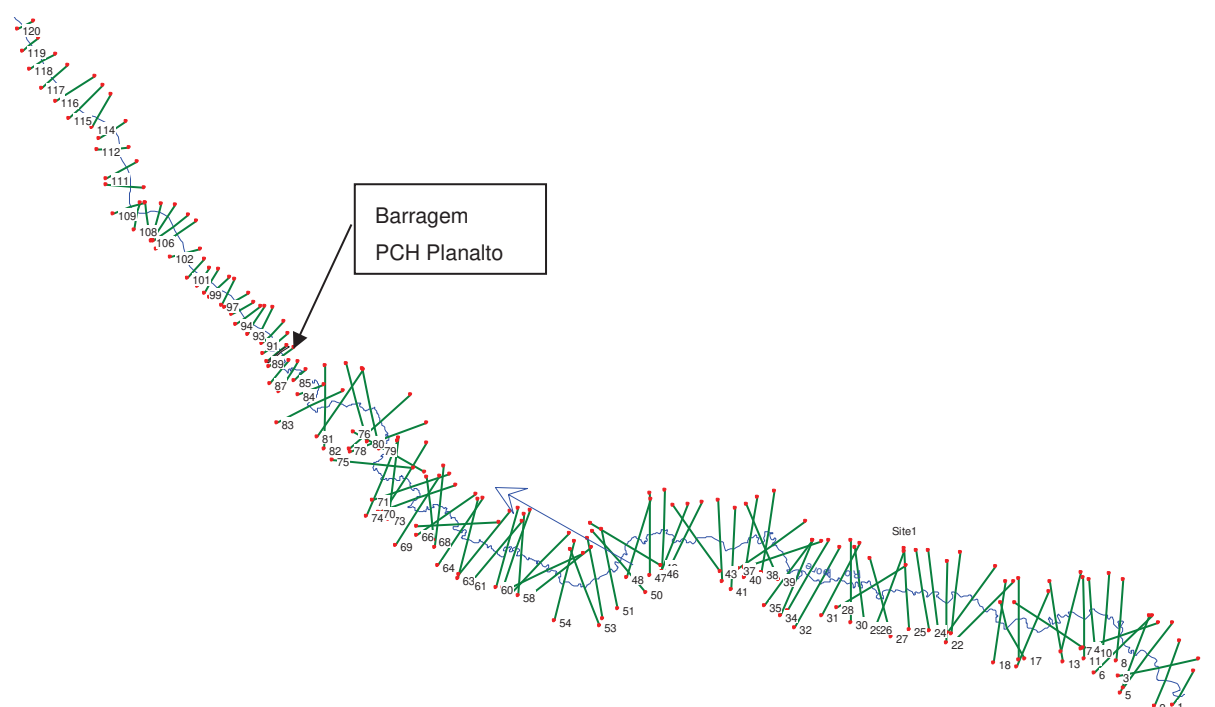


Figura 34 – Seções lançadas no Hec-Ras



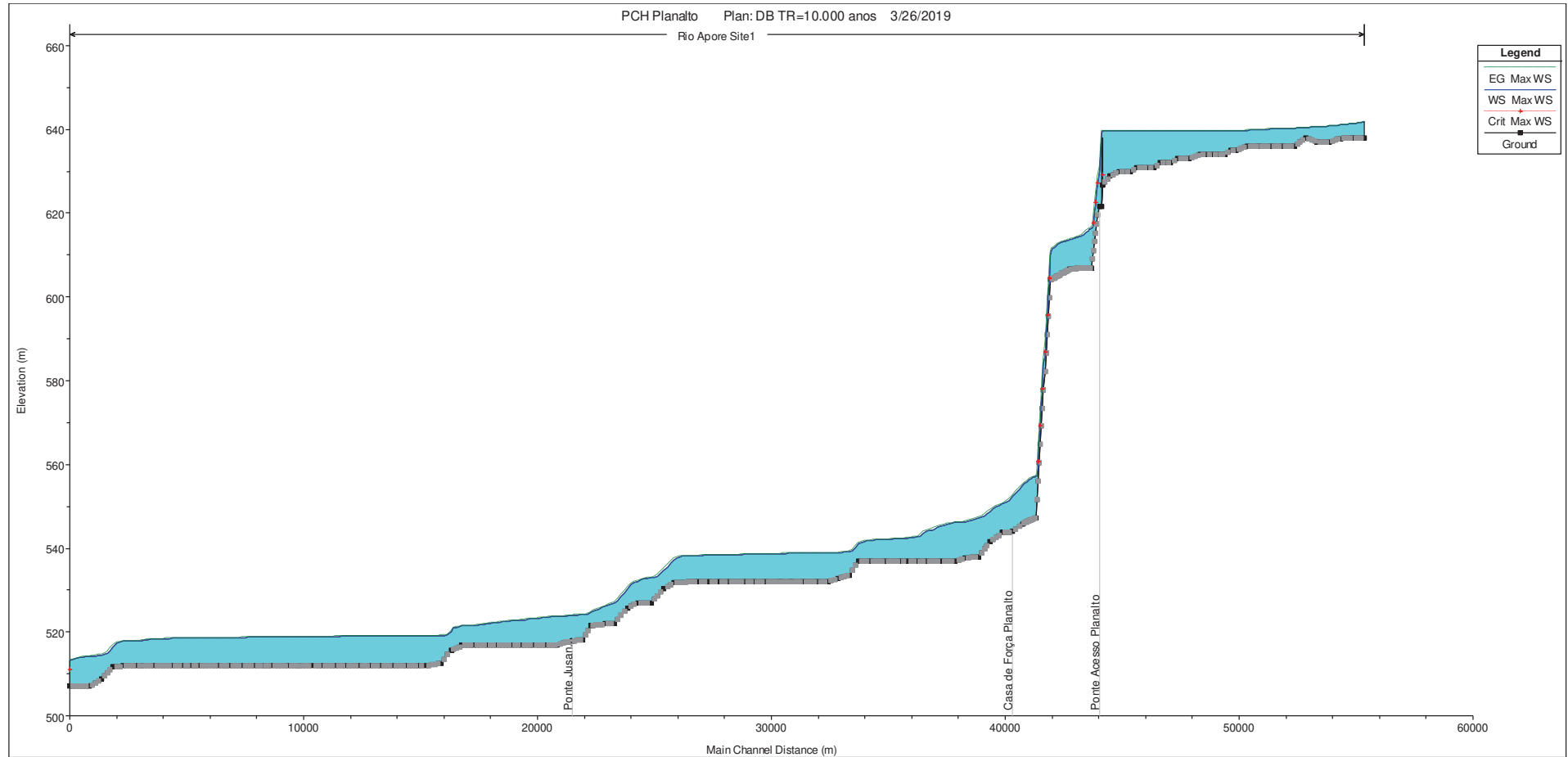


Figura 35 – Perfil do Rio Aporé com Barramento – TR=10.000 anos

### 5.3 Causa considerada para o rompimento

Para as simulações das cheias naturais sem o rompimento da barragem verifica-se que não há galgamento em nenhuma parte da seção da barragem com o vertedouro operando em condições normais, conforme a Tabela 13.

Para determinar o rompimento, devido às características da barragem, a hipótese considerada foi vazamento (piping) na barragem de terra na seção de maior altura.

#### 5.3.1 Dados utilizados para formação da brecha

Para a simulação de rompimento foi adotada uma brecha com geometria trapezoidal, localizada no centro da barragem, com altura de 13,00 metros e largura de 13 m no pé da barragem, dentro do limite de  $0,5H < B < 3H$  estabelecido pelos critérios científicos de tamanho da brecha, de forma que a simulação apresente resultados conservativos. A inclinação do talude esquerdo e do talude direito é de 1 H:1 V resultando em aproximadamente 39 m de largura na crista.

A Figura 36 apresenta a modelagem da barragem no Hec-Ras.

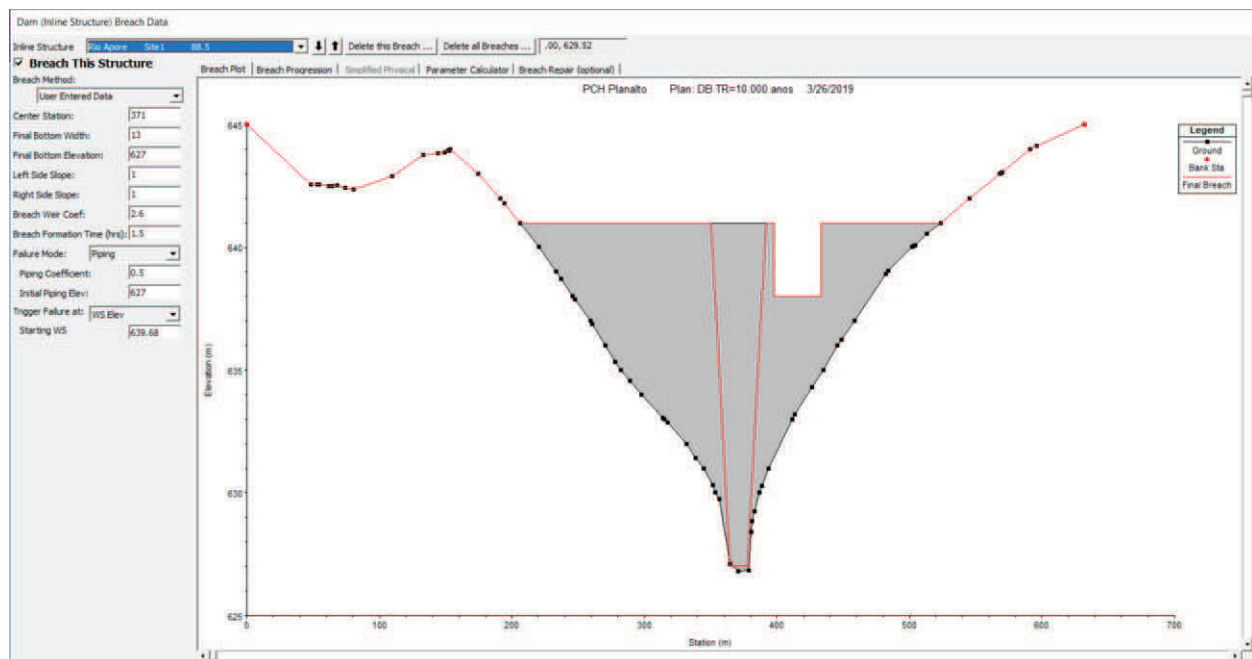


Figura 36 – Dados do Barramento terra – Hec-Ras

O tempo de 90 minutos foi adotado de acordo com os critérios científicos de tempo de formação da brecha, conforme descrito e apresentado na Figura 29 e definido no item 5.1.4.2 Tempo de rompimento.

### 5.4 Simulações Realizadas

Primeiramente simulou-se o Rio Aporé na situação natural para a vazão de cheia decamilenar, para depois simular o rompimento da barragem (dam break) da PCH Planalto.

- Simulação 1 – Condição de enchente (TR=100 e 10.000 anos) sem rompimento da Barragem (Natural);

- Simulação 2 – Condição de enchente (TR=100 e 10.000 anos) com Rompimento da Barragem da PCH Planalto (Dam Break).

Na tabela abaixo estão apresentados os picos de vazão do hidrograma de cheia na barragem da PCH Planalto.

Tabela 12 – Hidrograma para PCH Planalto

| TR (anos) | Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s) |
|-----------|--|
| 100       | 117,24                                     |
| 10.000    | 183,28                                     |

#### 5.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 13 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem e Casa de Força da PCH Planalto somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Planalto para os tempos de recorrência de 100 e 10.000 anos.

Somente é considerado galgamento/inundação acima de 50 cm, pois este limite está dentro do erro esperado da modelagem.

Tabela 13 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Planalto sem rompimento da Barragem

| Estrutura                    | Distância em relação Barragem Planalto (km) | Cota de Proteção (m) | TR 100                 | TR 10.000              |
|------------------------------|---|----------------------|------------------------|------------------------|
|                              |   |                      | NA Máximo Enchente (m) | NA Máximo Enchente (m) |
| Barragem - PCH Planalto      | 0,00  | 641,00               | 639,25                 | 639,69                 |
| Ponte Acesso Planalto        | 0,15  | ND                   | 624,47                 | 625,08                 |
| Casa de Força - PCH Planalto | 3,86  | 548,60               | 546,96                 | 547,53                 |
| Ponte jusante                | 22,69                                       | ND                   | 521,56                 | 521,84                 |

(\*) Dado não disponível

Não ocorre galgamento de nenhuma estrutura de jusante.

#### 5.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

A simulação de rompimento foi efetuada para a cheia de projeto da Barragem (tempo de recorrência de 100 e 10.000 anos), com o rompimento ocorrendo no pico do hidrograma de enchente (Tabela 12).

A Tabela 14 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos na Barragem e no trecho de jusante com a consideração do rompimento da Barragem de Planalto.

Tabela 14 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Planalto com rompimento da Barragem

| Estrutura                    | Distância em relação Barragem Planalto (km) | Cota de Proteção (m) | TR 100                   | TR 10.000                |
|------------------------------|---|----------------------|--------------------------|--------------------------|
|                              |   |                      | NA Máximo Rompimento (m) | NA Máximo Rompimento (m) |
| Barragem - PCH Planalto      | 0,00  | 641,00               | 639,24                   | 639,68                   |
| Ponte Acesso Planalto        | 0,15  | ND                   | 629,68                   | 630,06                   |
| Casa de Força - PCH Planalto | 3,86  | 548,60               | 551,95                   | 552,27                   |
| Ponte jusante                | 22,69                                       | ND                   | 523,46                   | 523,93                   |

(\*) Dado não disponível

Na Casa de Força só ocorre galgamento em caso de rompimento da Barragem Planalto. A Ponte de acesso a usina, por estar no pé da barragem também será atingida caso ocorra rompimento da barragem.

## 5.5 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Planalto, para as condições de ocorrência de enchentes naturais e com rompimento da barragem. A Tabela 15 apresenta os níveis com condições de enchentes e rompimento da Barragem na Casa de Força, onde ocorre inundação com rompimento.

Tabela 15 – Níveis obtidos nas Casa de Força – Natural e com rompimento Barragem Planalto

| Estrutura               | Distância em relação Barragem Planalto (km) | Cota de Proteção (m) | NA Máximo na Casa de Força (m) |                |
|-------------------------|---|----------------------|--------------------------------|----------------|
|                         |   |                      | TR 100 anos                    | TR 10.000 anos |
| Natural sem rompimento  | 22,69                                       | 548,60               | 548,60                         | 547,53         |
| Com rompimento barragem |   |                      | 551,95                         | 552,27         |

(\*\*) Dados destacados em vermelho, ocorreu galgamento da estrutura devido rompimento Barragem Planalto

A Tabela 16 apresenta os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda ( $\Delta$ ), que é a diferença de nível entre as duas hipóteses para todas as seções da restituição definidas no estudo. Os pontos dos barramentos a jusante estão selecionados junto com outras seções de interesse que estão definidas nas descrições.

- Condição Natural – Sem rompimento da Barragem;
- Dam Break – Com rompimento da Barragem.

Tabela 16 – Níveis de Água Máximos - Sem e Com o Dam Break - Rompimento da PCH Planalto

| Seção | Descrição | PERFIL                     |                          |                   | TR 100 ANOS |           |       |                      |                   | TR 10.000 ANOS |           |       |                      |                   |
|-------|-----------|----------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------|----------------------|-------------------|----------------|-----------|-------|----------------------|-------------------|
|       |           | Distância entre seções (m) | Distância Acumulada (km) | Cota do Fundo (m) | NA (m)      |           |       | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) | NA (m)         |           |       | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) |
|       |           |                            |                          |                   | Natural     | Dam Break | Δ     |                      |                   | Natural        | Dam Break | Δ     |                      |                   |
| 120   |           | 500,0                      | 55,36                    | 638,00            | 641,43      | 641,43    | 0,00  | 0,80                 | 117,11            | 641,78         | 641,78    | 0,00  | 0,96                 | 183,23            |
| 119   |           | 500,0                      | 54,86                    | 638,00            | 641,16      | 641,16    | 0,00  | 0,60                 | 117,00            | 641,42         | 641,42    | 0,00  | 0,66                 | 182,97            |
| 118   |           | 500,0                      | 54,36                    | 637,85            | 640,76      | 640,76    | 0,00  | 0,56                 | 116,77            | 641,05         | 641,05    | 0,00  | 0,58                 | 182,57            |
| 117   |           | 500,0                      | 53,86                    | 637,00            | 640,49      | 640,49    | 0,00  | 0,46                 | 116,39            | 640,80         | 640,80    | 0,00  | 0,49                 | 181,80            |
| 116   |           | 500,0                      | 53,36                    | 636,98            | 640,34      | 640,34    | 0,00  | 0,45                 | 116,22            | 640,65         | 640,65    | 0,00  | 0,47                 | 181,24            |
| 115   |           | 500,0                      | 52,86                    | 638,00            | 640,12      | 640,12    | 0,00  | 0,52                 | 115,90            | 640,48         | 640,48    | 0,00  | 0,51                 | 180,76            |
| 114   |           | 500,0                      | 52,36                    | 636,00            | 639,85      | 639,85    | 0,00  | 0,54                 | 115,31            | 640,28         | 640,28    | 0,00  | 0,56                 | 179,69            |
| 113   |           | 500,0                      | 51,86                    | 636,00            | 639,73      | 639,73    | 0,00  | 0,40                 | 114,87            | 640,16         | 640,16    | 0,00  | 0,42                 | 178,76            |
| 112   |           | 500,0                      | 51,36                    | 636,00            | 639,64      | 639,64    | 0,00  | 0,40                 | 114,35            | 640,08         | 640,08    | 0,00  | 0,40                 | 177,42            |
| 111   |           | 500,0                      | 50,86                    | 635,98            | 639,50      | 639,50    | 0,00  | 0,55                 | 112,89            | 639,95         | 639,95    | 0,00  | 0,59                 | 174,90            |
| 110   |           | 500,0                      | 50,36                    | 635,95            | 639,37      | 639,36    | -0,01 | 0,36                 | 112,07            | 639,82         | 639,82    | 0,00  | 0,38                 | 174,77            |
| 109   |           | 221,3                      | 49,86                    | 634,99            | 639,29      | 639,28    | -0,01 | 0,29                 | 111,97            | 639,74         | 639,74    | 0,00  | 0,32                 | 174,60            |
| 108   |           | 228,7                      | 49,63                    | 634,94            | 639,27      | 639,26    | -0,01 | 0,26                 | 111,93            | 639,72         | 639,71    | -0,01 | 0,31                 | 174,53            |
| 107   |           | 307,9                      | 49,41                    | 634,00            | 639,27      | 639,26    | -0,01 | 0,15                 | 111,89            | 639,72         | 639,70    | -0,02 | 0,20                 | 174,52            |
| 106   |           | 242,2                      | 49,10                    | 634,00            | 639,26      | 639,25    | -0,01 | 0,11                 | 111,67            | 639,71         | 639,70    | -0,01 | 0,15                 | 174,16            |
| 105   |           | 296,4                      | 48,86                    | 633,99            | 639,26      | 639,25    | -0,01 | 0,06                 | 111,55            | 639,71         | 639,70    | -0,01 | 0,08                 | 173,86            |
| 104   |           | 203,6                      | 48,56                    | 633,98            | 639,26      | 639,25    | -0,01 | 0,06                 | 111,56            | 639,71         | 639,70    | -0,01 | 0,08                 | 173,96            |
| 103   |           | 500,0                      | 48,36                    | 633,96            | 639,26      | 639,25    | -0,01 | 0,06                 | 110,82            | 639,71         | 639,70    | -0,01 | 0,08                 | 173,11            |
| 102   |           | 500,0                      | 47,86                    | 632,99            | 639,26      | 639,25    | -0,01 | 0,07                 | 110,63            | 639,71         | 639,69    | -0,02 | 0,09                 | 172,30            |
| 101   |           | 278,1                      | 47,36                    | 632,97            | 639,26      | 639,25    | -0,01 | 0,10                 | 109,40            | 639,70         | 639,69    | -0,01 | 0,14                 | 171,34            |
| 100   |           | 221,9                      | 47,08                    | 632,00            | 639,26      | 639,25    | -0,01 | 0,07                 | 109,11            | 639,70         | 639,69    | -0,01 | 0,10                 | 171,65            |
| 99    |           | 231,9                      | 46,86                    | 632,00            | 639,26      | 639,24    | -0,02 | 0,07                 | 109,00            | 639,70         | 639,69    | -0,01 | 0,10                 | 171,18            |
| 98    |           | 268,1                      | 46,62                    | 631,99            | 639,26      | 639,24    | -0,02 | 0,08                 | 108,98            | 639,70         | 639,69    | -0,01 | 0,11                 | 170,43            |
| 97    |           | 265,6                      | 46,36                    | 631,00            | 639,26      | 639,24    | -0,02 | 0,07                 | 108,55            | 639,70         | 639,69    | -0,01 | 0,10                 | 170,67            |

| PERFIL                   |               |                            |                          |                   | TR 100 ANOS |           |       |                      |                   | TR 10.000 ANOS |           |       |                      |                   |
|--------------------------|---------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------|----------------------|-------------------|----------------|-----------|-------|----------------------|-------------------|
| Seção                    | Descrição     | Distância entre seções (m) | Distância Acumulada (km) | Cota do Fundo (m) | NA (m)      |           |       | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) | NA (m)         |           |       | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) |
|                          |               |                            |                          |                   | Natural     | Dam Break | Δ     |                      |                   | Natural        | Dam Break | Δ     |                      |                   |
| 96                       |               | 234,4                      | 46,09                    | 631,00            | 639,26      | 639,24    | -0,02 | 0,05                 | 108,13            | 639,70         | 639,69    | -0,01 | 0,08                 | 170,15            |
| 95                       |               | 236,3                      | 45,86                    | 630,99            | 639,26      | 639,24    | -0,02 | 0,06                 | 107,79            | 639,70         | 639,68    | -0,02 | 0,08                 | 170,10            |
| 94                       |               | 263,7                      | 45,62                    | 630,97            | 639,25      | 639,24    | -0,01 | 0,05                 | 108,09            | 639,70         | 639,68    | -0,02 | 0,07                 | 169,05            |
| 93                       |               | 237,7                      | 45,36                    | 630,00            | 639,25      | 639,24    | -0,01 | 0,03                 | 107,12            | 639,70         | 639,68    | -0,02 | 0,05                 | 169,52            |
| 92                       |               | 262,3                      | 45,12                    | 629,99            | 639,25      | 639,24    | -0,01 | 0,03                 | 106,87            | 639,70         | 639,68    | -0,02 | 0,04                 | 168,65            |
| 91                       |               | 380,2                      | 44,86                    | 629,93            | 639,25      | 639,24    | -0,01 | 0,04                 | 106,76            | 639,70         | 639,68    | -0,02 | 0,06                 | 168,63            |
| 90                       |               | 309,8                      | 44,47                    | 628,95            | 639,25      | 639,24    | -0,01 | 0,04                 | 105,67            | 639,70         | 639,68    | -0,02 | 0,06                 | 167,02            |
| 89                       |               | 149,0                      | 44,17                    | 626,79            | 639,25      | 639,24    | -0,01 | 0,08                 | 105,29            | 639,69         | 639,68    | -0,01 | 0,11                 | 166,90            |
| <b>Barragem Planalto</b> |               |                            |                          |                   |             |           |       |                      |                   |                |           |       |                      |                   |
| 88                       | Ponte Acesso  | 341,0                      | 44,02                    | 621,66            | 624,47      | 629,68    | 5,21  | 4,79                 | 1677,28           | 625,08         | 630,06    | 4,98  | 4,83                 | 1885,51           |
| 87                       |               | 520,0                      | 43,68                    | 606,93            | 611,23      | 616,20    | 4,97  | 1,98                 | 1663,60           | 611,73         | 616,52    | 4,79  | 2,06                 | 1855,45           |
| 86                       |               | 380,0                      | 43,16                    | 606,84            | 610,47      | 614,17    | 3,70  | 1,32                 | 1587,85           | 610,80         | 614,45    | 3,65  | 1,33                 | 1758,43           |
| 85                       |               | 840,0                      | 42,78                    | 606,68            | 610,01      | 613,46    | 3,45  | 1,52                 | 1551,10           | 610,32         | 613,71    | 3,39  | 1,58                 | 1720,75           |
| 84                       |               | 635,0                      | 41,94                    | 604,11            | 604,90      | 609,75    | 4,85  | 3,31                 | 1528,97           | 605,22         | 610,07    | 4,85  | 3,18                 | 1681,21           |
| 83                       |               | 545,0                      | 41,30                    | 547,29            | 550,22      | 556,82    | 6,60  | 1,17                 | 1510,91           | 550,91         | 557,23    | 6,32  | 1,18                 | 1673,37           |
| 82                       |               | 450,0                      | 40,76                    | 545,86            | 548,39      | 554,63    | 6,24  | 2,62                 | 1500,96           | 549,07         | 555,00    | 5,93  | 2,71                 | 1664,00           |
| 81                       | Casa de Força | 450,0                      | 40,31                    | 543,94            | 546,96      | 551,95    | 4,99  | 2,53                 | 1490,25           | 547,53         | 552,27    | 4,74  | 2,63                 | 1655,48           |
| 80                       |               | 500,0                      | 39,86                    | 543,70            | 546,12      | 550,25    | 4,13  | 1,27                 | 1473,69           | 546,55         | 550,55    | 4,00  | 1,32                 | 1637,57           |
| 79                       |               | 500,0                      | 39,36                    | 541,54            | 544,91      | 548,46    | 3,55  | 2,56                 | 1456,34           | 545,25         | 548,77    | 3,52  | 2,61                 | 1621,51           |
| 78                       |               | 550,0                      | 38,86                    | 538,01            | 541,97      | 546,89    | 4,92  | 1,80                 | 1408,51           | 542,55         | 547,25    | 4,70  | 1,86                 | 1574,78           |
| 77                       |               | 450,0                      | 38,31                    | 537,65            | 541,57      | 545,99    | 4,42  | 1,37                 | 1355,58           | 542,07         | 546,34    | 4,27  | 1,42                 | 1532,33           |
| 76                       |               | 600,0                      | 37,86                    | 537,00            | 541,50      | 545,78    | 4,28  | 1,10                 | 1347,41           | 541,98         | 546,12    | 4,14  | 1,16                 | 1524,67           |
| 75                       |               | 650,0                      | 37,26                    | 537,00            | 541,23      | 544,89    | 3,66  | 2,49                 | 1340,31           | 541,65         | 545,18    | 3,53  | 2,62                 | 1520,27           |
| 74                       |               | 350,0                      | 36,61                    | 537,00            | 540,84      | 543,85    | 3,01  | 1,73                 | 1335,29           | 541,17         | 544,10    | 2,93  | 1,83                 | 1514,81           |
| 73                       |               | 450,0                      | 36,26                    | 537,00            | 540,62      | 542,58    | 1,96  | 1,46                 | 1278,84           | 540,85         | 542,80    | 1,95  | 1,53                 | 1454,27           |
| 72                       |               | 295,0                      | 35,81                    | 537,00            | 540,50      | 542,24    | 1,74  | 0,77                 | 1189,50           | 540,71         | 542,43    | 1,72  | 0,82                 | 1382,86           |

| Seção | Descrição | PERFIL                     |                          |                   | TR 100 ANOS |           |      |                      |                   | TR 10.000 ANOS |           |      |                      |                   |
|-------|-----------|----------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-----------|------|----------------------|-------------------|----------------|-----------|------|----------------------|-------------------|
|       |           | Distância entre seções (m) | Distância Acumulada (km) | Cota do Fundo (m) | NA (m)      |           |      | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) | NA (m)         |           |      | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) |
|       |           |                            |                          |                   | Natural     | Dam Break | Δ    |                      |                   | Natural        | Dam Break | Δ    |                      |                   |
| 71    |           | 625,0                      | 35,51                    | 537,00            | 540,46      | 542,13    | 1,67 | 0,94                 | 1172,35           | 540,67         | 542,32    | 1,65 | 1,01                 | 1365,95           |
| 70    |           | 680,0                      | 34,89                    | 536,99            | 540,41      | 541,96    | 1,55 | 0,68                 | 1143,54           | 540,60         | 542,14    | 1,54 | 0,75                 | 1343,91           |
| 69    |           | 470,0                      | 34,21                    | 536,98            | 540,32      | 541,72    | 1,40 | 0,71                 | 1133,89           | 540,49         | 541,88    | 1,39 | 0,77                 | 1334,24           |
| 68    |           | 380,0                      | 33,74                    | 536,99            | 538,62      | 541,06    | 2,44 | 1,65                 | 1130,94           | 539,50         | 541,16    | 1,66 | 1,78                 | 1322,41           |
| 67    |           | 500,0                      | 33,36                    | 533,63            | 536,32      | 538,83    | 2,51 | 1,58                 | 1060,06           | 536,79         | 539,26    | 2,47 | 1,40                 | 1127,59           |
| 66    |           | 450,0                      | 32,86                    | 532,69            | 536,17      | 538,45    | 2,28 | 1,17                 | 733,33            | 536,64         | 538,94    | 2,30 | 1,16                 | 852,54            |
| 65    |           | 430,0                      | 32,41                    | 532,00            | 536,14      | 538,41    | 2,27 | 0,37                 | 699,67            | 536,61         | 538,91    | 2,30 | 0,38                 | 829,24            |
| 64    |           | 620,0                      | 31,98                    | 532,00            | 536,13      | 538,40    | 2,27 | 0,42                 | 681,12            | 536,60         | 538,90    | 2,30 | 0,43                 | 808,24            |
| 63    |           | 500,0                      | 31,36                    | 532,00            | 536,11      | 538,37    | 2,26 | 0,42                 | 659,27            | 536,58         | 538,87    | 2,29 | 0,43                 | 795,67            |
| 62    |           | 480,0                      | 30,86                    | 532,00            | 536,07      | 538,31    | 2,24 | 0,61                 | 627,03            | 536,54         | 538,82    | 2,28 | 0,64                 | 769,23            |
| 61    |           | 620,0                      | 30,38                    | 532,00            | 536,02      | 538,24    | 2,22 | 0,53                 | 594,92            | 536,49         | 538,75    | 2,26 | 0,57                 | 745,68            |
| 60    |           | 520,0                      | 29,76                    | 532,00            | 535,97      | 538,15    | 2,18 | 0,44                 | 570,82            | 536,43         | 538,67    | 2,24 | 0,49                 | 725,31            |
| 59    |           | 380,0                      | 29,24                    | 532,00            | 535,95      | 538,12    | 2,17 | 0,55                 | 565,18            | 536,41         | 538,63    | 2,22 | 0,61                 | 718,78            |
| 58    |           | 700,0                      | 28,86                    | 532,00            | 535,92      | 538,04    | 2,12 | 0,90                 | 555,73            | 536,36         | 538,53    | 2,17 | 0,99                 | 707,84            |
| 57    |           | 400,0                      | 28,16                    | 532,00            | 535,82      | 537,89    | 2,07 | 0,79                 | 541,45            | 536,25         | 538,39    | 2,14 | 0,87                 | 695,94            |
| 56    |           | 450,0                      | 27,76                    | 532,00            | 535,77      | 537,86    | 2,09 | 0,36                 | 539,57            | 536,20         | 538,36    | 2,16 | 0,40                 | 693,80            |
| 55    |           | 450,0                      | 27,31                    | 532,00            | 535,73      | 537,83    | 2,10 | 0,49                 | 538,28            | 536,16         | 538,33    | 2,17 | 0,54                 | 693,42            |
| 54    |           | 650,0                      | 26,86                    | 531,99            | 535,69      | 537,76    | 2,07 | 0,65                 | 538,02            | 536,11         | 538,26    | 2,15 | 0,71                 | 692,23            |
| 53    |           | 350,0                      | 26,21                    | 531,91            | 535,63      | 537,68    | 2,05 | 0,65                 | 537,26            | 536,04         | 538,17    | 2,13 | 0,72                 | 691,60            |
| 52    |           | 450,0                      | 25,86                    | 531,81            | 535,11      | 536,69    | 1,58 | 3,17                 | 537,15            | 535,43         | 537,07    | 1,64 | 3,47                 | 691,56            |
| 51    |           | 550,0                      | 25,41                    | 530,36            | 533,09      | 534,51    | 1,42 | 2,47                 | 537,09            | 533,42         | 534,81    | 1,39 | 2,56                 | 691,48            |
| 50    |           | 570,0                      | 24,86                    | 527,00            | 530,85      | 532,61    | 1,76 | 1,48                 | 536,48            | 531,21         | 533,01    | 1,80 | 1,63                 | 690,79            |
| 49    |           | 430,0                      | 24,29                    | 526,97            | 530,31      | 531,77    | 1,46 | 2,09                 | 536,19            | 530,61         | 532,11    | 1,50 | 2,28                 | 690,50            |
| 48    |           | 570,0                      | 23,86                    | 525,79            | 528,53      | 530,14    | 1,61 | 2,98                 | 536,08            | 528,95         | 530,44    | 1,49 | 3,09                 | 690,42            |
| 47    |           | 410,0                      | 23,29                    | 521,99            | 525,40      | 526,71    | 1,31 | 1,70                 | 535,86            | 525,68         | 526,99    | 1,31 | 1,85                 | 690,24            |
| 46    |           | 610,0                      | 22,88                    | 521,95            | 524,81      | 525,90    | 1,09 | 1,44                 | 535,63            | 525,01         | 526,17    | 1,16 | 1,53                 | 689,85            |

| PERFIL |           |                            |                          |                   | TR 100 ANOS |           |       |                      |                   | TR 10.000 ANOS |           |      |                      |                   |
|--------|-----------|----------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------|----------------------|-------------------|----------------|-----------|------|----------------------|-------------------|
| Seção  | Descrição | Distância entre seções (m) | Distância Acumulada (km) | Cota do Fundo (m) | NA (m)      |           |       | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) | NA (m)         |           |      | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) |
|        |           |                            |                          |                   | Natural     | Dam Break | Δ     |                      |                   | Natural        | Dam Break | Δ    |                      |                   |
| 45     |           | 320,0                      | 22,27                    | 521,49            | 523,28      | 524,29    | 1,01  | 1,78                 | 535,34            | 523,49         | 524,63    | 1,14 | 1,82                 | 683,36            |
| 44     |           | 470,0                      | 21,95                    | 518,16            | 521,66      | 523,68    | 2,02  | 0,83                 | 521,21            | 521,98         | 524,19    | 2,21 | 0,92                 | 673,67            |
| 43     | Ponte     | 620,0                      | 21,48                    | 517,86            | 521,56      | 523,46    | 1,90  | 1,34                 | 517,49            | 521,84         | 523,93    | 2,09 | 1,49                 | 669,01            |
| 42     |           | 500,0                      | 20,86                    | 517,00            | 521,43      | 523,26    | 1,83  | 0,75                 | 514,50            | 521,68         | 523,73    | 2,05 | 0,81                 | 666,17            |
| 41     |           | 560,0                      | 20,36                    | 517,00            | 521,33      | 523,03    | 1,70  | 1,24                 | 511,71            | 521,54         | 523,47    | 1,93 | 1,40                 | 663,42            |
| 40     |           | 490,0                      | 19,80                    | 517,00            | 521,21      | 522,80    | 1,59  | 0,98                 | 510,05            | 521,39         | 523,21    | 1,82 | 1,09                 | 660,78            |
| 39     |           | 380,0                      | 19,31                    | 517,00            | 521,07      | 522,48    | 1,41  | 0,90                 | 506,46            | 521,21         | 522,85    | 1,64 | 1,00                 | 656,20            |
| 38     |           | 670,0                      | 18,93                    | 516,99            | 520,91      | 522,29    | 1,38  | 0,66                 | 503,64            | 521,03         | 522,65    | 1,62 | 0,73                 | 653,43            |
| 37     |           | 400,0                      | 18,26                    | 516,97            | 520,67      | 521,96    | 1,29  | 0,89                 | 500,05            | 520,74         | 522,31    | 1,57 | 0,99                 | 650,53            |
| 36     |           | 590,0                      | 17,86                    | 516,80            | 520,45      | 521,67    | 1,22  | 1,27                 | 497,25            | 520,48         | 521,98    | 1,50 | 1,40                 | 648,08            |
| 35     |           | 492,0                      | 17,27                    | 516,84            | 520,07      | 521,25    | 1,18  | 1,00                 | 486,57            | 520,07         | 521,49    | 1,42 | 1,14                 | 645,12            |
| 34     |           | 468,0                      | 16,77                    | 516,76            | 519,93      | 521,12    | 1,19  | 0,66                 | 482,68            | 519,93         | 521,34    | 1,41 | 0,77                 | 644,67            |
| 33     |           | 430,0                      | 16,31                    | 515,69            | 519,31      | 519,70    | 0,39  | 2,45                 | 432,80            | 519,31         | 519,75    | 0,44 | 2,87                 | 557,66            |
| 32     |           | 670,0                      | 15,88                    | 512,52            | 519,18      | 519,17    | -0,01 | 0,16                 | 200,27            | 519,18         | 519,18    | 0,00 | 0,16                 | 200,27            |
| 31     |           | 295,0                      | 15,21                    | 512,00            | 519,16      | 519,16    | 0,00  | 0,28                 | 231,24            | 519,16         | 519,16    | 0,00 | 0,28                 | 231,24            |
| 30     |           | 520,0                      | 14,91                    | 512,00            | 519,16      | 519,16    | 0,00  | 0,26                 | 243,51            | 519,16         | 519,16    | 0,00 | 0,26                 | 243,51            |
| 29     |           | 585,0                      | 14,39                    | 512,00            | 519,15      | 519,15    | 0,00  | 0,24                 | 265,96            | 519,15         | 519,15    | 0,00 | 0,24                 | 265,96            |
| 28     |           | 520,0                      | 13,81                    | 512,00            | 519,12      | 519,12    | 0,00  | 0,46                 | 291,74            | 519,12         | 519,12    | 0,00 | 0,46                 | 291,74            |
| 27     |           | 430,0                      | 13,29                    | 512,00            | 519,10      | 519,10    | 0,00  | 0,26                 | 314,64            | 519,10         | 519,10    | 0,00 | 0,26                 | 314,64            |
| 26     |           | 500,0                      | 12,86                    | 512,00            | 519,06      | 519,06    | 0,00  | 0,69                 | 331,40            | 519,06         | 519,06    | 0,00 | 0,69                 | 331,40            |
| 25     |           | 550,0                      | 12,36                    | 512,00            | 519,03      | 519,03    | 0,00  | 0,52                 | 344,04            | 519,03         | 519,03    | 0,00 | 0,52                 | 344,04            |
| 24     |           | 450,0                      | 11,81                    | 512,00            | 518,99      | 518,99    | 0,00  | 0,60                 | 360,92            | 518,99         | 518,99    | 0,00 | 0,60                 | 360,92            |
| 23     |           | 550,0                      | 11,36                    | 512,00            | 518,93      | 518,93    | 0,00  | 0,78                 | 374,08            | 518,93         | 518,93    | 0,00 | 0,78                 | 374,08            |
| 22     |           | 450,0                      | 10,81                    | 512,00            | 518,87      | 518,87    | 0,00  | 0,42                 | 392,04            | 518,87         | 518,87    | 0,00 | 0,42                 | 392,04            |
| 21     |           | 510,0                      | 10,36                    | 512,00            | 518,84      | 518,84    | 0,00  | 0,38                 | 416,07            | 518,84         | 518,84    | 0,00 | 0,38                 | 416,07            |
| 20     |           | 490,0                      | 9,85                     | 512,00            | 518,83      | 518,83    | 0,00  | 0,30                 | 444,98            | 518,83         | 518,83    | 0,00 | 0,30                 | 444,98            |



| Seção | Descrição | PERFIL                     |                          |                   | TR 100 ANOS |           |       |                      |                   | TR 10.000 ANOS |           |      |                      |                   |
|-------|-----------|----------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------|----------------------|-------------------|----------------|-----------|------|----------------------|-------------------|
|       |           | Distância entre seções (m) | Distância Acumulada (km) | Cota do Fundo (m) | NA (m)      |           |       | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) | NA (m)         |           |      | Velocidade Máx (m/s) | Vazão Máx. (m³/s) |
|       |           |                            |                          |                   | Natural     | Dam Break | Δ     |                      |                   | Natural        | Dam Break | Δ    |                      |                   |
| 19    |           | 750,0                      | 9,36                     | 512,00            | 518,82      | 518,82    | 0,00  | 0,25                 | 481,36            | 518,82         | 518,82    | 0,00 | 0,25                 | 481,36            |
| 18    |           | 330,0                      | 8,61                     | 512,00            | 518,80      | 518,80    | 0,00  | 0,33                 | 557,91            | 518,80         | 518,80    | 0,00 | 0,33                 | 557,91            |
| 17    |           | 370,0                      | 8,28                     | 512,00            | 518,78      | 518,78    | 0,00  | 0,41                 | 591,48            | 518,78         | 518,78    | 0,00 | 0,41                 | 591,48            |
| 16    |           | 550,0                      | 7,91                     | 512,00            | 518,73      | 518,73    | 0,00  | 0,55                 | 616,84            | 518,73         | 518,73    | 0,00 | 0,55                 | 616,84            |
| 15    |           | 500,0                      | 7,36                     | 512,00            | 518,71      | 518,71    | 0,00  | 0,29                 | 656,79            | 518,71         | 518,71    | 0,00 | 0,29                 | 656,79            |
| 14    |           | 500,0                      | 6,86                     | 512,00            | 518,71      | 518,71    | 0,00  | 0,24                 | 722,39            | 518,71         | 518,71    | 0,00 | 0,24                 | 722,39            |
| 13    |           | 826,4                      | 6,36                     | 512,00            | 518,69      | 518,69    | 0,00  | 0,34                 | 782,80            | 518,69         | 518,69    | 0,00 | 0,34                 | 782,80            |
| 12    |           | 355,1                      | 5,53                     | 511,99            | 518,67      | 518,68    | 0,01  | 0,30                 | 880,56            | 518,67         | 518,67    | 0,00 | 0,30                 | 880,56            |
| 11    |           | 358,5                      | 5,17                     | 512,00            | 518,64      | 518,65    | 0,01  | 0,54                 | 923,34            | 518,64         | 518,64    | 0,00 | 0,54                 | 923,34            |
| 10    |           | 413,7                      | 4,82                     | 511,99            | 518,59      | 518,59    | 0,00  | 0,60                 | 950,84            | 518,59         | 518,59    | 0,00 | 0,60                 | 950,84            |
| 9     |           | 826,3                      | 4,40                     | 511,99            | 518,49      | 518,49    | 0,00  | 0,97                 | 977,46            | 518,49         | 518,49    | 0,00 | 0,97                 | 977,46            |
| 8     |           | 489,4                      | 3,58                     | 511,98            | 518,40      | 518,40    | 0,00  | 0,48                 | 1043,20           | 518,40         | 518,40    | 0,00 | 0,48                 | 1043,20           |
| 7     |           | 230,6                      | 3,09                     | 511,95            | 517,96      | 517,95    | -0,01 | 0,79                 | 1100,92           | 517,96         | 517,96    | 0,00 | 0,79                 | 1100,92           |
| 6     |           | 573,0                      | 2,86                     | 511,88            | 517,90      | 517,89    | -0,01 | 0,83                 | 1110,61           | 517,90         | 517,90    | 0,00 | 0,83                 | 1110,61           |
| 5     |           | 427,0                      | 2,28                     | 511,88            | 517,76      | 517,77    | 0,01  | 0,56                 | 1172,99           | 517,76         | 517,76    | 0,00 | 0,56                 | 1172,99           |
| 4     |           | 500,0                      | 1,86                     | 511,64            | 516,30      | 516,34    | 0,04  | 3,84                 | 1210,87           | 516,30         | 516,30    | 0,00 | 3,84                 | 1210,87           |
| 3     |           | 500,0                      | 1,36                     | 508,71            | 514,57      | 514,55    | -0,02 | 2,03                 | 1260,78           | 514,57         | 514,57    | 0,00 | 2,03                 | 1260,78           |
| 2     |           | 855,1                      | 0,86                     | 507,00            | 514,15      | 514,16    | 0,01  | 1,78                 | 1175,45           | 514,15         | 514,15    | 0,00 | 1,78                 | 1175,45           |
| 1     |           | 0,0                        | 0,00                     | 506,45            | 513,13      | 513,30    | 0,17  | 1,54                 | 1497,60           | 513,13         | 513,13    | 0,00 | 1,54                 | 1497,60           |

- A partir da Seção 32 a onda devido ao rompimento da barragem possui altura menor que 10 cm podendo assim considerar que a partir desse ponto a onda está amortecida sendo que a partir desse ponto os níveis de água dependem apenas das cheias naturais sem influência do rompimento da barragem.

## 5.6 Limite Físico a Jusante da PCH Planalto

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da PCH Planalto até o encontro do rio Aporé com rio da Prata, compreendendo cerca de 55,00 km. Este trecho compreende:

- Zona de autossalvamento (30 minutos ou 10 km);
- 25 km – Historicamente trecho onde ocorre vítimas fatais;
- 3 horas após rompimento da barragem Planalto;
- Encontro com rio de maior capacidade – rio da Prata.

## 5.7 Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse

As benfeitoras foram identificadas pelo *Google Earth/Restituição* e verificadas em campo na realização da visita de reconhecimento do Anexo I.

Considerando o momento da ruptura descritos no item 5.3, serão apresentados os cotogramas das seções onde foram detectadas benfeitorias em risco, não existe população a jusante, somente a própria casa de força e duas pontes, listadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Localização das Seções de Interesse

| Seções | Descrição                    | Estaca (m) | Distância em Relação Barragem Planalto |
|--------|------------------------------|------------|--|
| 89     | Barragem PCH Planalto        | 44310,00   | 0,00                                   |
| 88     | Ponte Acesso Planalto        | 44161,00   | 0,15                                   |
| 81     | Casa de Força - PCH Planalto | 40450,00   | 3,86                                   |
| 69     | Limite ZAS                   | 34350,00   | 9,96                                   |
| 43     | Ponte jusante                | 21620,00   | 22,69                                  |

Para cada seção foi determinado quanto tempo levou para que a onda ocasionada pela ruptura do barramento chegue na seção e atinja o nível máximo. Nos cotogramas o eixo X corresponde ao tempo a partir do rompimento e o eixo Y o nível em metros atingido pela onda de cheia.

A linha cheia traçada nos cotogramas abaixo representa a vazão estudada que foi a cheia com tempo de recorrência de 100 e de 10.000 anos. A Figura 37 indica a legenda dos traçados utilizados para cada simulação, linha contínua para vazão de cheia natural e tracejada para cheia juntamente com o rompimento dam break, sendo a linha azul a recorrência de 100 anos e linha vermelha a recorrência de 10.000 anos.

Linhas com grande variação nos cotogramas, como um serrilhado, indicam trechos onde ocorrem grandes variações de níveis. Nesses trechos o escoamento se comporta como em uma corredeira ocorrendo flutuação rápida nos níveis de água indicando grande velocidade e variação do fluxo de fluvial para torrencial. Em alguns casos a variação de nível é tão acentuada que impossibilita ao programa reproduzir o cotograma de maneira consistente.



Figura 37 – Legenda dos Cotogramas

Na sequência estão descritos os resultados em todas as seções de interesse definidas, com a figura do local, indicação dos níveis máximos de água para as condições naturais e dam break, a altura máxima da onda, o tempo de início de chegada da onda de cheia e o tempo para o pico máximo da onda de cheia com o rompimento da barragem.

Todas as seções indicadas também estão definidas nos desenhos dos mapas de inundação com os respectivos níveis e tempos de início e pico da onda de cheia para o rompimento.

### 5.7.1 SL-88 – Ponte Acesso a PCH Planalto

A ponte de acesso a PCH Planalto, identificada pela seção SL-88, está localizada cerca de 0,15 km da barragem PCH Planalto (Figura 38).



Figura 38 – Ponte Acesso Planalto - SL-88

Tabela 18 – Detalhe das simulações - SL-88 – Ponte Acesso Planalto

| HIDROGRAMA  | Nível de água (m) |           | Altura Máxima da Onda (m) | Tempo de Início da Onda (hh:mm) | Tempo de Pico Onda (hh:mm) |
|-------------|-------------------|-----------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|             | Natural           | Dam Break |                           |                                 |                            |
| 100 ANOS    | 624,47            | 629,68    | 5,21                      | 00:00                           | 01:35                      |
| 10.000 ANOS | 625,08            | 630,06    | 4,98                      | 00:00                           | 01:35                      |

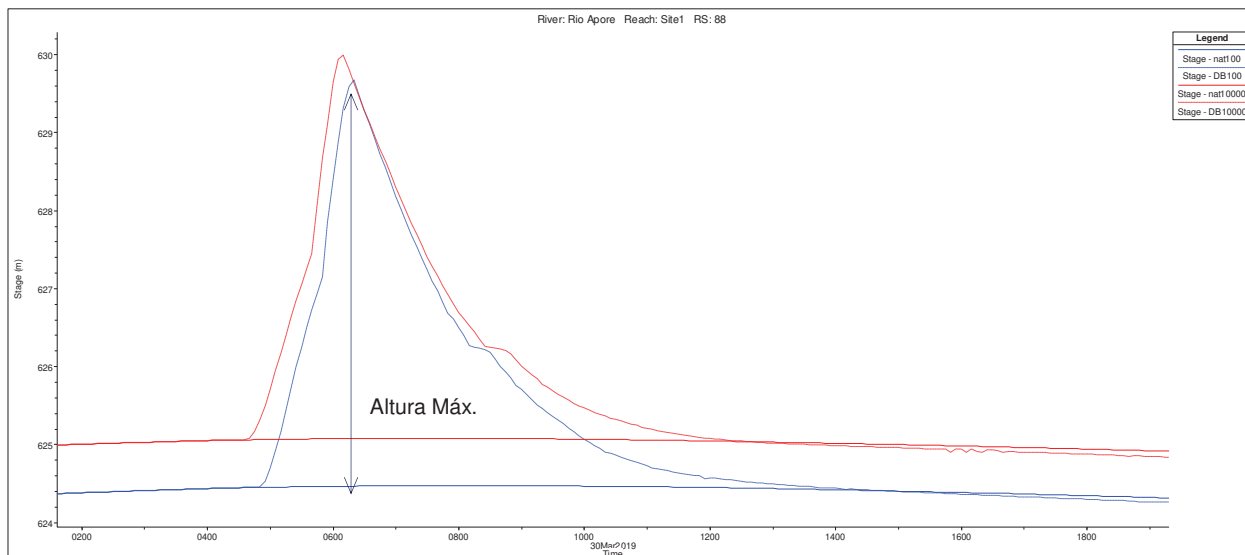


Figura 39 – Cotagrama - SL-88 – Ponte Acesso Planalto

### 5.7.2 SL-81 – Casa de Força PCH Planalto

A Casa de Força da PCH Planalto a jusante da Barragem PCH Planalto está identificada como seção SL-81, localizada a 3,86 km da barragem PCH Planalto (Figura 40).



Figura 40 – Localização Casa de Força Planalto - SL-81

Tabela 19 – Detalhe das simulações - SL-81 – Casa de Força Planalto

| HIDROGRAMA  | Nível de água (m) |           | Altura Máxima da Onda (m) | Tempo de Início da Onda (hh:mm) | Tempo de Pico Onda (hh:mm) |
|-------------|-------------------|-----------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|             | Natural           | Dam Break |                           |                                 |                            |
| 100 ANOS    | 546,96            | 551,95    | 4,99                      | 00:25                           | 02:00                      |
| 10.000 ANOS | 547,53            | 552,27    | 4,74                      | 00:20                           | 02:00                      |

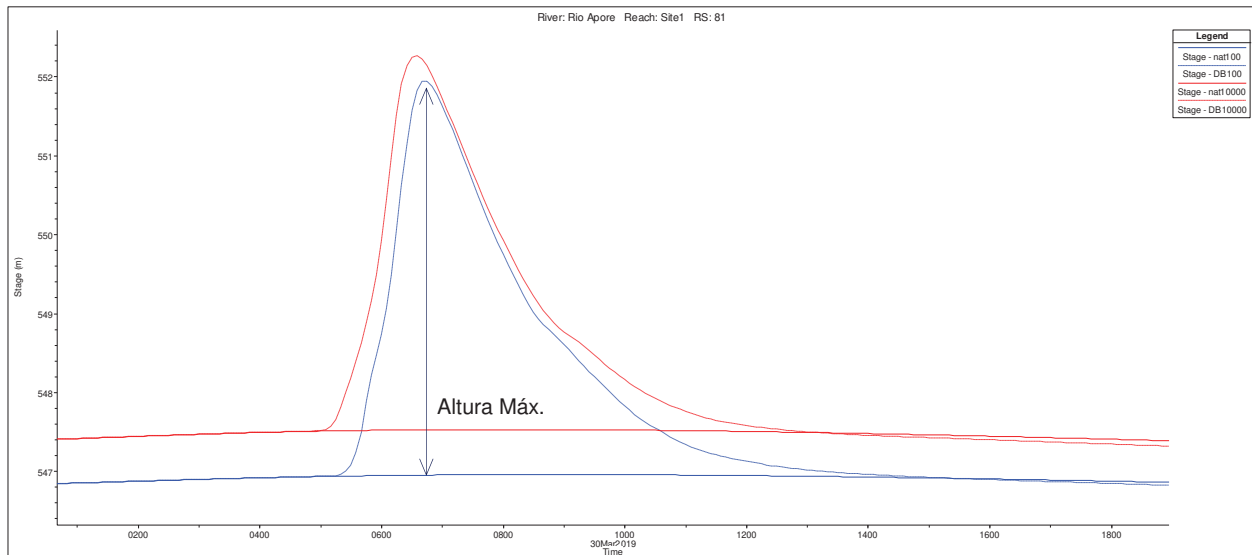


Figura 41 – Cotagrama - SL-81 – Casa de Força Planalto

### 5.7.3 SL-69 – Limite do ZAS

O limite do ZAS fica definido como 10 km a jusante da barragem da PCH Planalto na seção SL-69 (Figura 42).

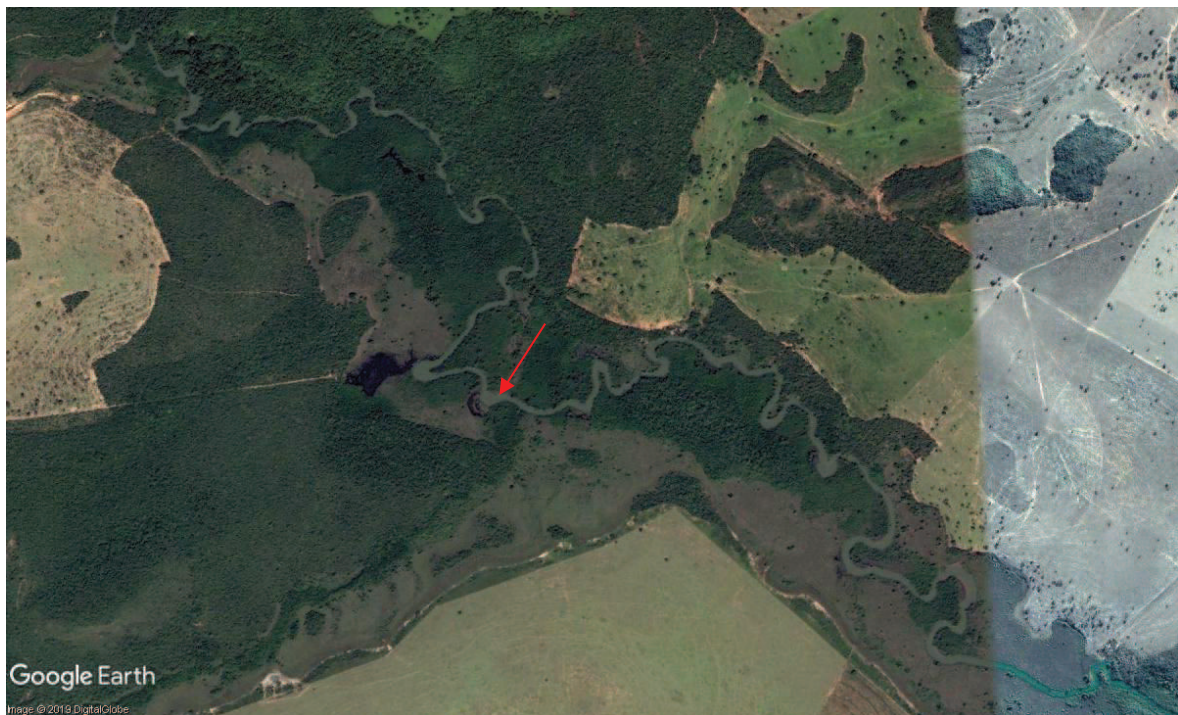


Figura 42 – Limite do ZAS na seção SL-69

Tabela 20 – Detalhe das simulações - SL-69 – Limite do ZAS

| HIDROGRAMA  | Nível de água (m) |           | Altura Máxima da Onda (m) | Tempo de Início da Onda (hh:mm) | Tempo de Pico Onda (hh:mm) |
|-------------|-------------------|-----------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|             | Natural           | Dam Break |                           |                                 |                            |
| 100 ANOS    | 540,32            | 541,72    | 1,40                      | 01:10                           | 02:50                      |
| 10.000 ANOS | 540,49            | 541,88    | 1,39                      | 01:00                           | 02:50                      |

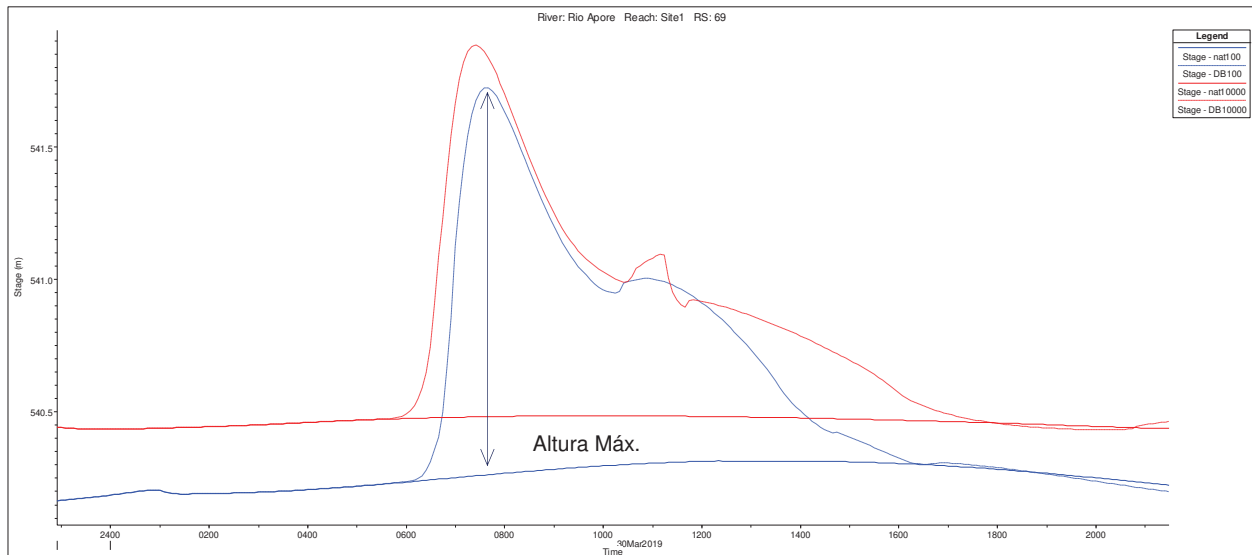


Figura 43 – Cotograma - SL-69 – Limite do ZAS

#### 5.7.4 SL-43 – Ponte Jusante

A ponte de jusante, identificada pela seção SL-43, está localizada cerca de 22,69 km da barragem PCH Planalto (Figura 44).

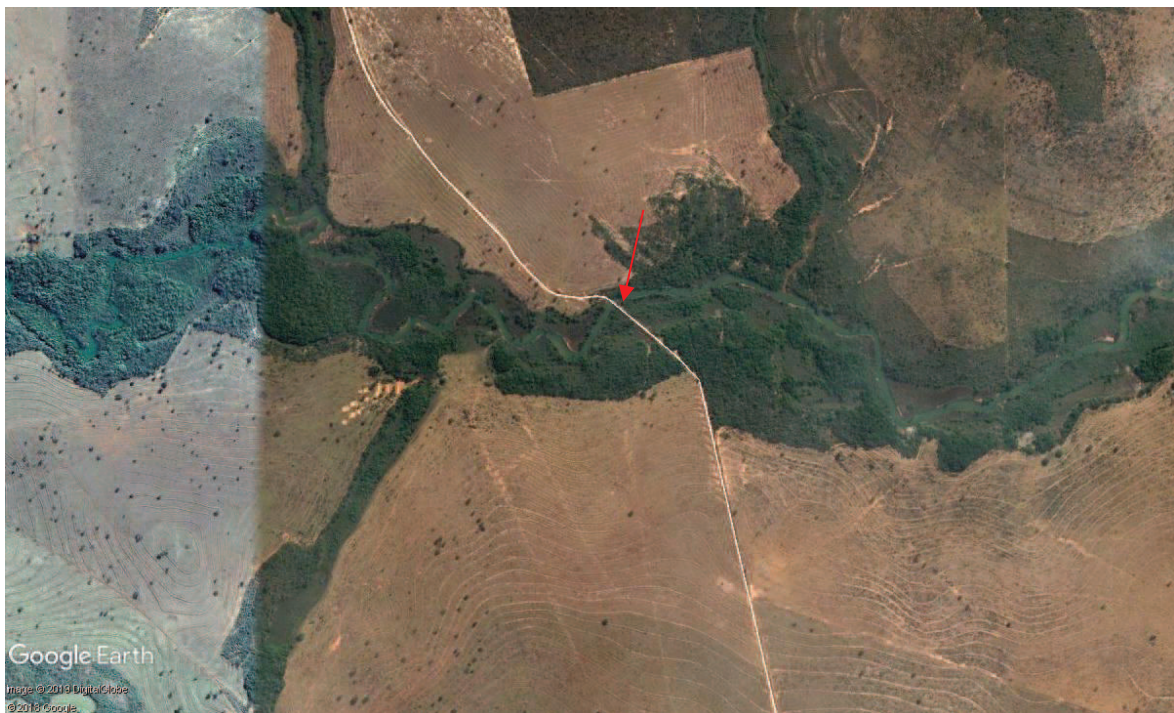


Figura 44 – Ponte de Jusante - SL-43

Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-43 – Ponte de Jusante

| HIDROGRAMA  | Nível de água (m) |           | Altura Máxima da Onda (m) | Tempo de Início da Onda (hh:mm) | Tempo de Pico Onda (hh:mm) |
|-------------|-------------------|-----------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|             | Natural           | Dam Break |                           |                                 |                            |
| 100 ANOS    | 521,56            | 523,46    | 1,90                      | 02:50                           | 05:45                      |
| 10.000 ANOS | 521,84            | 523,93    | 2,09                      | 02:10                           | 05:25                      |

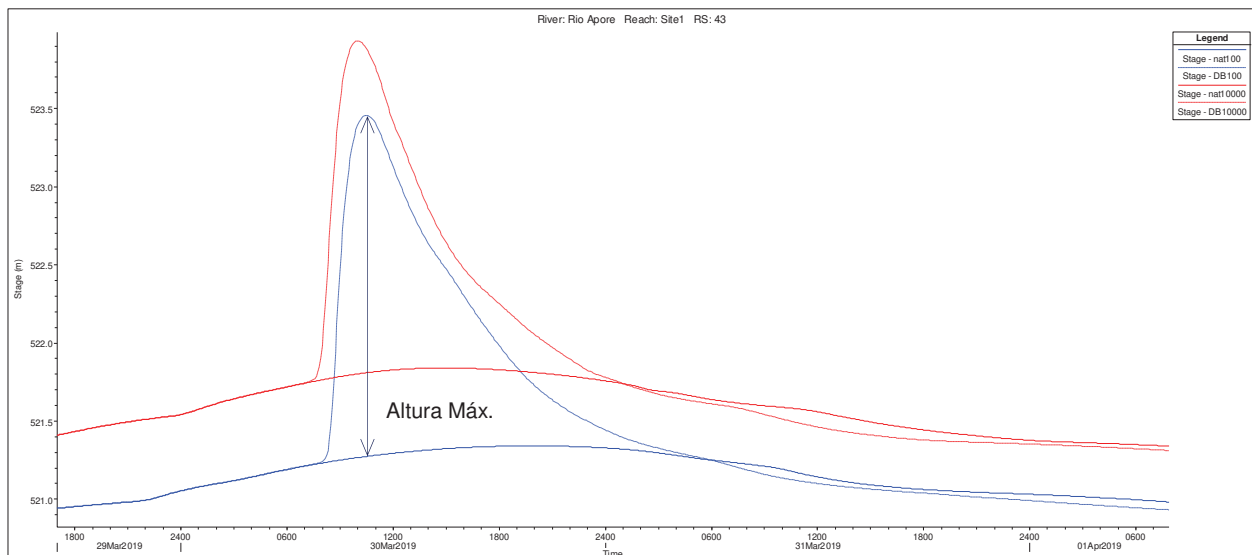


Figura 45 – Cotagrama - SL-43 – Ponte de Jusante

### 5.7.5 Resumo Geral das Seções de Interesse

#### A

Tabela 22 abaixo apresenta o resumo dos tempos da onda de cheia após rompimento da barragem em cada seção de interesse do trecho de jusante. Estão indicados na tabela a distância da barragem até as seções e para o rompimento da barragem o tempo de início da onda de cheia, o tempo para atingir o pico, o nível de água normal sem rompimento, o nível máximo de água com o rompimento e a altura máxima da onda de cheia nas seções de interesse considerando a cheia de projeto com tempo de recorrência de 100 anos e TR-10.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no caderno de desenhos possuem destaque para os locais próximos das seções indicadas na

Tabela 22 onde nos mapas apresenta-se os níveis de água definidos para a condição natural, condição com Dam Break, altura de onda, tempo de chegada da onda e o tempo de pico da mesma para cada seção.

A partir da seção 32 a onda de cheia devido ao rompimento da barragem da PCH Planalto está amortecida não resultando em elevação do nível de água em comparação aos níveis de cheia natural para os dois tempos de recorrência utilizados (100 e 10.000 anos).

Tabela 22 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção

| Seções de Interesse                              | Cota de Proteção (m) | Distância em Relação Barragem PCH Planalto (km) | DB 100 anos   |             |         |                   |            |             | DB 10.000 anos |             |         |                   |            |             |        |      |
|--|----------------------|---|---------------|-------------|---------|-------------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------|-------------------|------------|-------------|--------|------|
|  |                      |   | Tempo (hh:mm) |             |         | Nível de água (m) |            |             | Tempo (hh:mm)  |             |         | Nível de água (m) |            |             |        |      |
|  |                      |   | Δ Início Onda | Δ Pico Onda | Duração | Normal            | Rompimento | Máxima Onda | Δ Início Onda  | Δ Pico Onda | Duração | Normal            | Rompimento | Máxima Onda |        |      |
| <b>Barragem Planalto - Tempo após Rompimento</b> |                      |   |               |             |         |                   |            |             |                |             |         |                   |            |             |        |      |
| Rio Aporé  | 88                   | Ponte Acesso Planalto                           |               | 0,15        | 00:00   | 01:35             | 10:15      | 624,47      | 629,68         | 5,21        | 00:00   | 01:35             | 08:25      | 625,08      | 630,06 | 4,98 |
|  | 81                   | Casa de Força - PCH Planalto                    | 548,60        | 3,86        | 00:25   | 02:00             | 09:50      | 546,96      | 551,95         | 4,99        | 00:20   | 02:00             | 08:05      | 547,53      | 552,27 | 4,74 |
|  | 69                   | Limite ZAS                                      |               | 9,96        | 01:10   | 02:50             | 10:35      | 540,32      | 541,72         | 1,40        | 01:00   | 02:50             | 12:15      | 540,49      | 541,88 | 1,39 |
|  | 43                   | Ponte jusante                                   |               | 22,69       | 02:50   | 05:45             | 22:25      | 521,56      | 523,46         | 1,90        | 02:10   | 05:25             | 18:15      | 521,84      | 523,93 | 2,09 |

- Níveis destacados em vermelho indicam o local onde ocorreu galgamento da estrutura devido inundação e/ou rompimento da Barragem Planalto;
- A partir da Seção 43 – Ponte Jusante, cerca de 22,69 km a jusante da PCH Planalto, o tempo do pico da onda de inundação ultrapassa as três horas críticas que é um dos limites tradicionais de modelagem indicando a zona de maior risco;
- A zona de autossalvamento fica definida como 10 km da Barragem, ou seja, até SL-69 cerca de 9,96 km a jusante do barramento PCH Planalto;
- A partir da Seção 32 a onda de cheia devido ao rompimento da barragem pode ser considerada amortecida.



## 6 AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS

Deverão ser evitadas informações prematuras e inexatas a respeito do desenvolvimento da situação, a fim de impedir especulações e pânico, sendo de responsabilidade da Empresa Operadora, **PLANALTO ENERGÉTICA S.A.**, centralizar a veiculação de informações.

### 6.1 Identificação do Empreendedor

**Nome do Empreendedor:** Planalto Energética S.A. CNPJ 07.953.660/002-17

**PCH:** PCH Planalto

**Endereço:** Fazenda Planalto, S/N - Zona Rural - Aporé - GO - CEP: 75.825-000

**Fone:** (67) 3562-3359

**Representante Legal:** Pedro Pontual Maletti / Ricardo Jeronimo Pereira Rego Junior

**Endereço:** Av. Engenheiro Domingos Ferreira, Boa Viagem, nº2589 - 8º andar.

**Fone:** (81) 2137-7000

**E-mail:** [pedro.pontual@brennandenergia.com.br](mailto:pedro.pontual@brennandenergia.com.br)

[ricardo.rego@brennandenergia.com.br](mailto:ricardo.rego@brennandenergia.com.br)

**Responsável Técnico da Barragem:** Luiz Fernando Figueiredo Dias do Prado

**Fone:** (81) 2137-7013 Cel: (81) 8758-0233

**E-mail:** [luiz.prado@brennandenergia.com.br](mailto:luiz.prado@brennandenergia.com.br)

**Supervisor de Operação de Usina:** Willian Rodrigues dos Santos

**Fone:** (67) 3562-3359 - (67) 99933-6115

**E-mail:** [willian.santos@brennandenergia.com.br](mailto:willian.santos@brennandenergia.com.br)

**Operação de Usina:** COG – CUIABÁ.

**Fone:** (65) 3616-7408.

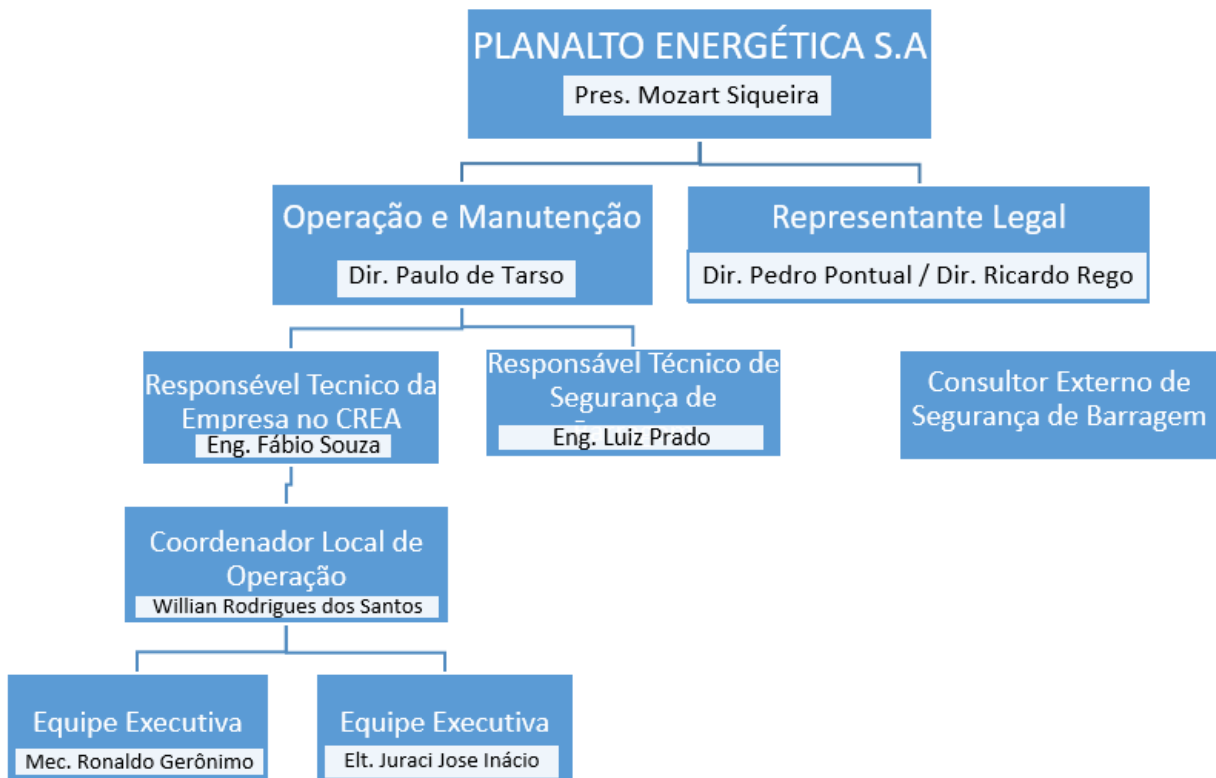
**E-mail:** [cog@brennandenergia.com.br](mailto:cog@brennandenergia.com.br)

### FUNCIONARIOS DA USINA

As áreas diretamente ligadas à operação da Usina estão listadas a seguir em ordem crescente de responsabilidade.

| Cargo               | Profissional Responsável     | Turno  | Contato          |
|---------------------|------------------------------|--------|------------------|
| Gerente de Operação | Willian Rodrigues dos Santos | Diurno | (67) 9 99336115  |
| Mecânico            | Ronaldo Gerônimo             |        | (67) 9 999312283 |
| Eletricista         | Juraci José Inácio           |        | (67) 9 98393829  |

Abaixo está apresentado o fluxograma da equipe técnica da segurança da Barragem.



Fluxograma 1 – Equipe interna da Segurança da Barragem Planalto

## 6.2 Agentes Externos

Tabela 23 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres

| ÓRGÃO  | TELEFONE COMERCIAL   |
|--|--|
| SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL - SEDEC | (61) 2034-5513<br><a href="mailto:sedec@integracao.gov.br">sedec@integracao.gov.br</a> |
| MINISTÉRIO DA DEFESA                                   | (61) 2023-9400<br><a href="http://www.defesa.gov.br/">www.defesa.gov.br/</a>           |
| COMANDO DO EXÉRCITO                                    | (61) 3415-5003<br><a href="http://www.eb.mil.br/">www.eb.mil.br/</a>                   |
| COMANDO DA MARINHA                                     | (61) 3429-1021<br><a href="http://www.marinha.mil.br/">www.marinha.mil.br/</a>         |
| COMANDO DA AERONÁUTICA                                 | (61) 3962-1507<br><a href="http://www.aer.mil.br/">www.aer.mil.br/</a>                 |

Tabela 24 – Órgãos do Estado de Goiás que possuem atribuições em casos de desastres

| ÓRGÃO   | CONTATO   |
|---|---|
| CORPO DE BOMBEIROS MILITAR                      | 193<br>(62) 3201-2030 / 3201-2031<br><a href="http://www.bombeiros.go.gov.br/">www.bombeiros.go.gov.br/</a>             |
| DEFESA CIVIL                                    | 199<br>(62) 3201-2000<br><a href="http://www.bombeiros.go.gov.br/defesa-civil">www.bombeiros.go.gov.br/defesa-civil</a> |
| POLÍCIA MILITAR DE GOIÁS                        | 190<br>(62) 3201-1456<br><a href="http://www.pm.go.gov.br">www.pm.go.gov.br</a>   |
| SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA – SSP | (62) 3201-1000<br><a href="http://www.ssp.go.gov.br/">www.ssp.go.gov.br/</a>  |
| SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE                   | (62) 3201-3479<br><a href="http://www.saude.go.gov.br/">www.saude.go.gov.br/</a>  |
| SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE – SECIMA  | (62) 3265-1389<br><a href="http://www.secima.go.gov.br/">www.secima.go.gov.br/</a>                                      |

Tabela 25 – Órgãos do Estado de Mato Grosso do Sul que possuem atribuições em casos de desastres

| ÓRGÃO   | CONTATO   |
|---|---|
| CORPO DE BOMBEIROS MILITAR                                | 193<br><a href="http://www.bombeiros.ms.gov.br/">www.bombeiros.ms.gov.br/</a>   |
| DEFESA CIVIL  | 199<br>(67) 3318-3835<br><a href="mailto:cedec@defesacivil.ms.gov.br">cedec@defesacivil.ms.gov.br</a><br><a href="http://www.defesacivil.ms.gov.br/">www.defesacivil.ms.gov.br/</a> |
| POLÍCIA MILITAR DO MATO GROSSO DO SUL                     | 190<br>(67) 3318-4405<br><a href="http://www.pm.ms.gov.br">www.pm.ms.gov.br</a>   |
| SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA – SEJUSP        | (67) 3318-6700<br><a href="http://www.sejusp.ms.gov.br/">www.sejusp.ms.gov.br/</a>  |
| SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE                             | (67) 3318-1600<br><a href="http://www.saude.ms.gov.br">www.saude.ms.gov.br</a>  |
| INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL - IMASUL | (67) 3318-5600   3318-6000<br><a href="http://www.imasul.ms.gov.br">www.imasul.ms.gov.br</a>  |

### 6.2.1 Outros Órgãos

Os municípios atingidos são: Chapadão do Sul – MS e Aporé - GO. Órgãos municipais que possuem atribuições natas em relação aos desastres:

#### Município – Chapadão do Sul

| ÓRGÃO                                 | ENDEREÇO   | CONTATO  |
|---------------------------------------|--|--|
| Prefeitura Municipal                  | Avenida Seis, 706 - Centro   Cep 79.560-000<br>Chapadão Do Sul - MS                  | (67) 3562-5680<br><a href="mailto:contato@chapadaodosul.ms.gov.br">contato@chapadaodosul.ms.gov.br</a><br><a href="http://www.chapadaodosul.ms.gov.br">www.chapadaodosul.ms.gov.br</a> |
| 7º Subgrupamento de Bombeiros Militar | Rua Brasil Leste, nº883, Polo Empresarial, CEP:79.560-000<br>em Chapadão do Sul – MS | (67) 3562-8600   |
| Delegacia de Polícia Militar          | Rua Vinte e Nove, 49, Chapadão do Sul - MS, 79560-000                                | (67) 3562-1268   |
| Polícia Civil                         | Av. Quatro, 1844-1858, Chapadão do Sul - MS, 79560-000                               | (67) 3562-1210   |
| Secretaria Municipal de Saúde         | Rua Dezoito, nº 876<br>Chapadão do Sul - MS  | (67) 3562 - 6600<br><a href="mailto:saude@chapadaodosul.ms.gov.br">saude@chapadaodosul.ms.gov.br</a>   |
| Hospital Municipal                    | Rua Dezesesseis, 1-215, Chapadão do Sul - MS, 79560-000                              | (67) 3562-1154   |

#### Município – Aporé

| ÓRGÃO                         | ENDEREÇO   | CONTATO  |
|-------------------------------|--|--|
| Prefeitura Municipal          | Rua Ari Pimenta, nº 313, Centro - Aporé-GO<br>CEP 75.825-000 | (64) 3644-1270<br><a href="http://www.apore.go.gov.br">www.apore.go.gov.br</a> |
| Secretaria Municipal de Saúde | Avenida João Nunes, nº331, Centro<br>Aporé - GO              | (64) 3644-1401<br><a href="mailto:smsapore@gmail.com">smsapore@gmail.com</a>   |
| Hospital Municipal            | Av. João Nunes, nº 301, Centro<br>Aporé - GO                 | (64) 3644-1164   |

## 7 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

O monitoramento de segurança se dará por duas condições: Hidrológica e Estrutural.

### 7.1 Condição Hidrológica

A condição hidrológica será controlada no Barramento, deverão ser monitorados os níveis do reservatório com leitura da régua automatizada e/ou visual para observação de uma eventual anomalia com potencial ruptura da barragem.

O vertedouro de soleira livre é a estrutura que controlará as cheias na PCH Planalto. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme a Figura 46 abaixo.

A **EMERGÊNCIA 2** poderá ocorrer em qualquer condição de escoamento em conjunto com o rompimento da barragem. Em condições naturais de cheias sem rompimento da barragem não ocorre inundação da população a jusante até a TR=10.000 anos.

Na Figura 46 estão indicados os diversos níveis de segurança baseados na vazão do vertedouro (possível de ser obtida pelo NA do reservatório), importante observar que a partir da cheia de 10.000 anos já fica definido o nível de emergência 1, sendo um evento extremo.

A Tabela 26 também indica os níveis de segurança com as respectivas ações a serem tomadas. Nessa tabela os níveis de segurança para a condição hidrológica estão descritos na alínea a).

### 7.2 Condição Estrutural

A boa condição estrutural do barramento se dará pelo monitoramento das estruturas conforme critérios estabelecidos no Plano de Segurança da Barragem (PSB).

O PSB tem como objetivo determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional da barragem e vertedouro, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análise e estudos necessários para determinar as soluções dos problemas.

O Plano de Segurança da Barragem contém os Manuais de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI) para a Barragem.

**A manutenção das boas condições estruturais do barramento da PCH Planalto garante a integridade da estrutura e reduzem drasticamente as possibilidades de um acidente com o rompimento da barragem.**

#### 7.2.1 Monitoramento das Estruturas

O sistema de monitoramento está contemplado nos manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e monitoramento do relatório de segurança da barragem, sendo que este faz parte do Plano de Segurança da Barragem que contém:

- Procedimentos de inspeções civis visuais informando onde e o que se deve observar;

- Listas de verificações a serem utilizadas nas inspeções civis;
- Instruções de trabalho para procedimentos de manutenções mais comuns de reparos nas estruturas.

Não menos importantes são os programas de inspeções visuais classificadas em três níveis:

#### 7.2.1.1 Inspeções Rotineiras

São aquelas que devem ser executadas pela equipe de operação junto com a leitura periódica da instrumentação da barragem. A frequência dessas inspeções deverá ser definida de acordo com o recomendado pela projetista no item a ser inspecionado. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas. Deverão ser preenchidas as listas de verificações de acompanhamento para cada estrutura civil.

#### 7.2.1.2 Inspeção de Segurança Regular

A inspeção de segurança regular será realizada por equipe de Segurança de Barragem, composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas de barramento do empreendimento e retratar suas condições de segurança, conservação e operação. A frequência destas inspeções deverá ser **bianual** conforme a classificação do barramento, Classe C. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados nas listas de verificações anuais. Também deverão ser analisados os dados das inspeções rotineiras, bem como os dados da instrumentação da Barragem.

Os relatórios de inspeção de segurança regular deverão conter minimamente estas informações:

- Identificação do representante legal do empreendedor;
- Identificação do responsável técnico;
- Avaliação da instrumentação disponível na barragem, indicando necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos;
- Avaliação de anomalias que acarretem em mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da barragem;
- Comparativo com inspeção de segurança regular anterior;
- Diagnóstico do nível de segurança da barragem;
- Indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da barragem.

#### 7.2.1.3 Inspeções Segurança Especial

As inspeções especiais serão realizadas quando convocada. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após uma grande enchente ou onde se detecte algum problema que mereça atenção especial na estrutura do barramento.

Depois de cheias e chuvas torrenciais com recorrência maior que 100 anos, observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências de água e indícios de instabilidade de taludes devem ser verificadas e caso observadas pode ser motivo para acionamento da inspeção especial. Aumento de escoamento nos medidores de vazão sem motivo aparente e principalmente com carreamento de material é motivo para acionamento de alerta e de inspeção especial.

### 7.2.2 Revisão Periódica de Segurança

A Revisão Periódica de Segurança (RPS) tem o objetivo de diagnosticar o estado geral de segurança da barragem com vistas aos avanços tecnológicos, atualização de informações hidrológicas na bacia bem como os critérios de projeto e uso do solo na bacia a montante do barramento e também ocupação da região a jusante, com vistas à novas ocupações na mancha de inundação. O RPS ser realizado a cada **10 anos** conforme a classificação da barragem (Classe C).

### 7.2.3 Tramitação das Informações

O fluxograma apresenta as atividades da equipe de inspeção e manutenção das estruturas civis e a interface com a Gerência da Usina sendo de inspeções e de ações.

O fluxograma de inspeções indica a sequência dos procedimentos para as inspeções nas estruturas de acordo com a periodicidade necessária.

O fluxograma de ações indica a sequência na tomada de decisões com base nos dados observados nas inspeções e no relatório das inspeções.

Caso o fluxograma de ações entrar em **EMERGÊNCIA 1** deverá seguir procedimento do Plano de Ação de Emergências, Item 7 - Caracterização dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura.

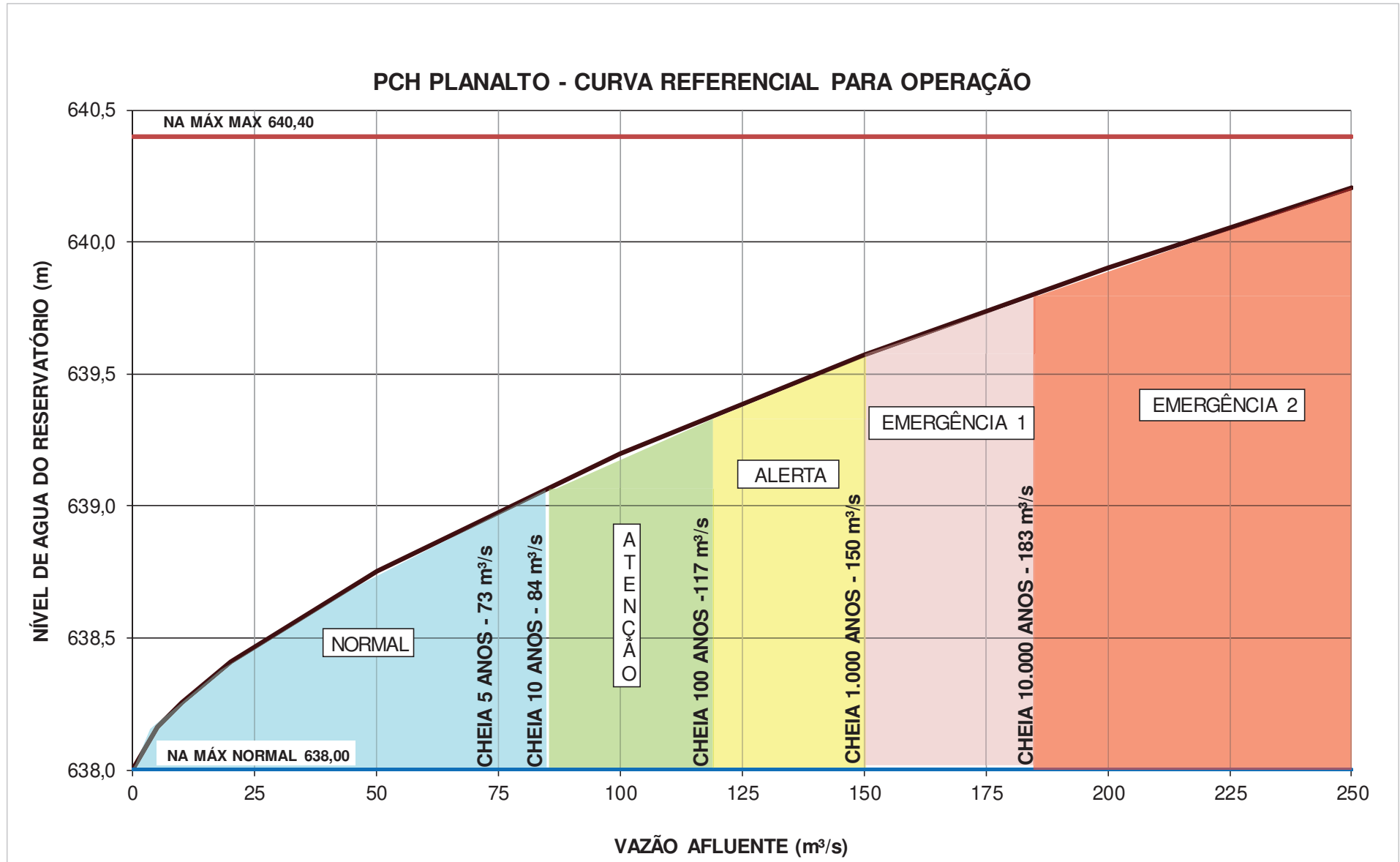


Figura 46 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura



Tabela 26 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

| Nível de Segurança  | Condições e Situações  |
|---|--|
| Nível Normal (azul)<br>a) Operação normal das estruturas de descarga  | a) cheia até 84 m³/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.  |
| Nível Atenção (verde)<br>a) Operação normal das estruturas de descarga  | a) cheia de 84 até 117 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente.   |
| Nível Alerta (amarelo)<br>a) Início Infiltração com carreamento de material acima do normal com qualquer condição hidrológica ou problema de operação nas comportas em qualquer condição de cheia | a) cheia de 117 até 150 m³/s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades;<br>b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou no sistema de operação do vertedouro.   |
| Nível Emergência 1 (Rosa)<br>a) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando na cota de coroamento da barragem com vertedouro sem condições de operação                             | a) cheia de 150 até 183 m³/s (TR entre 1.000 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades;<br>b) Infiltração sem controle com carreamento de material da barragem, possível rompimento da barragem. Aviso aos agentes externos da Emergência. |
| Nível Emergência 2 (vermelho)<br>a) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.   | Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Retirada dos atingidos de jusante   |

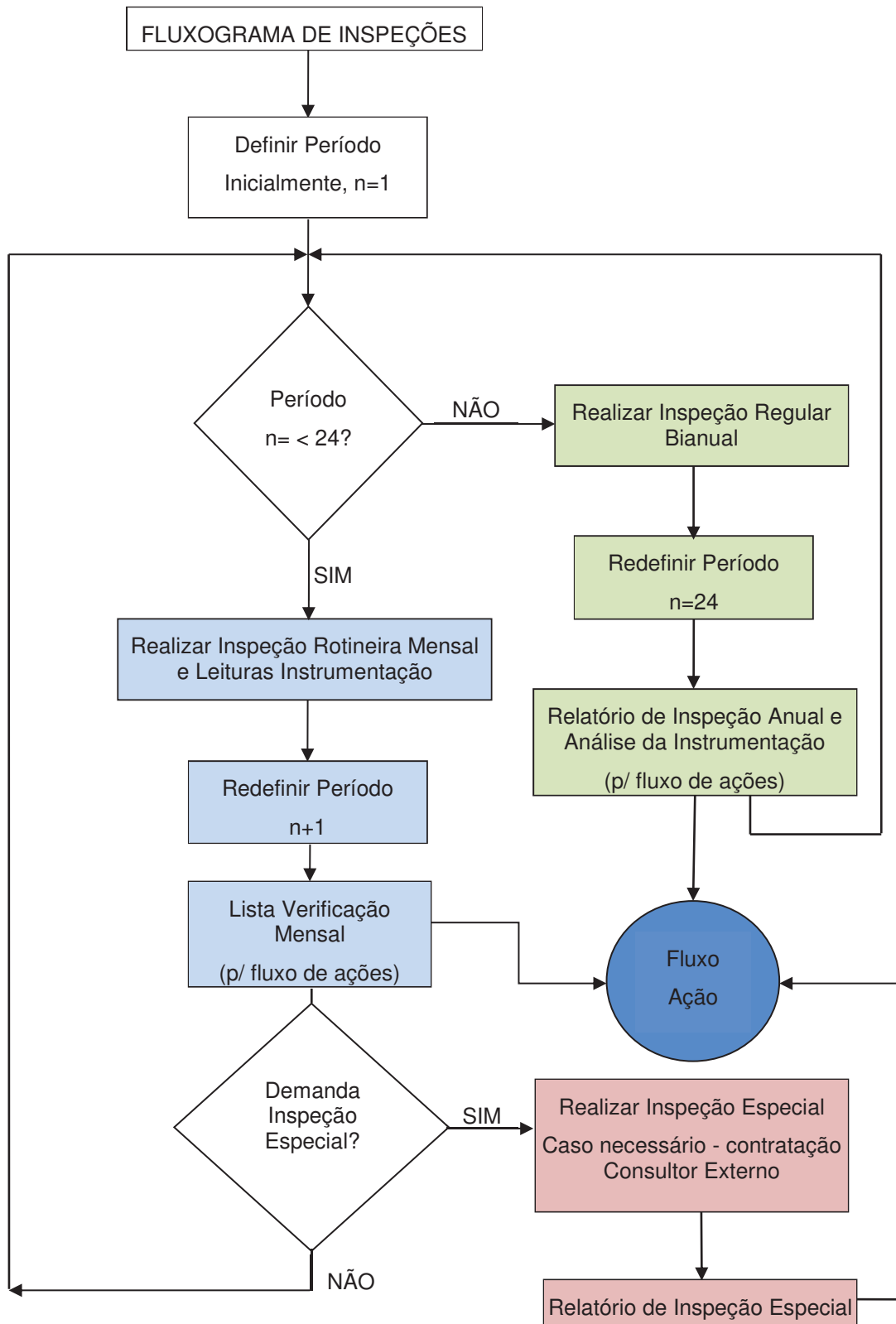
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

b) nível de alerta devido as condições de instrumentação, barragem ou sistema de operação do vertedouro.

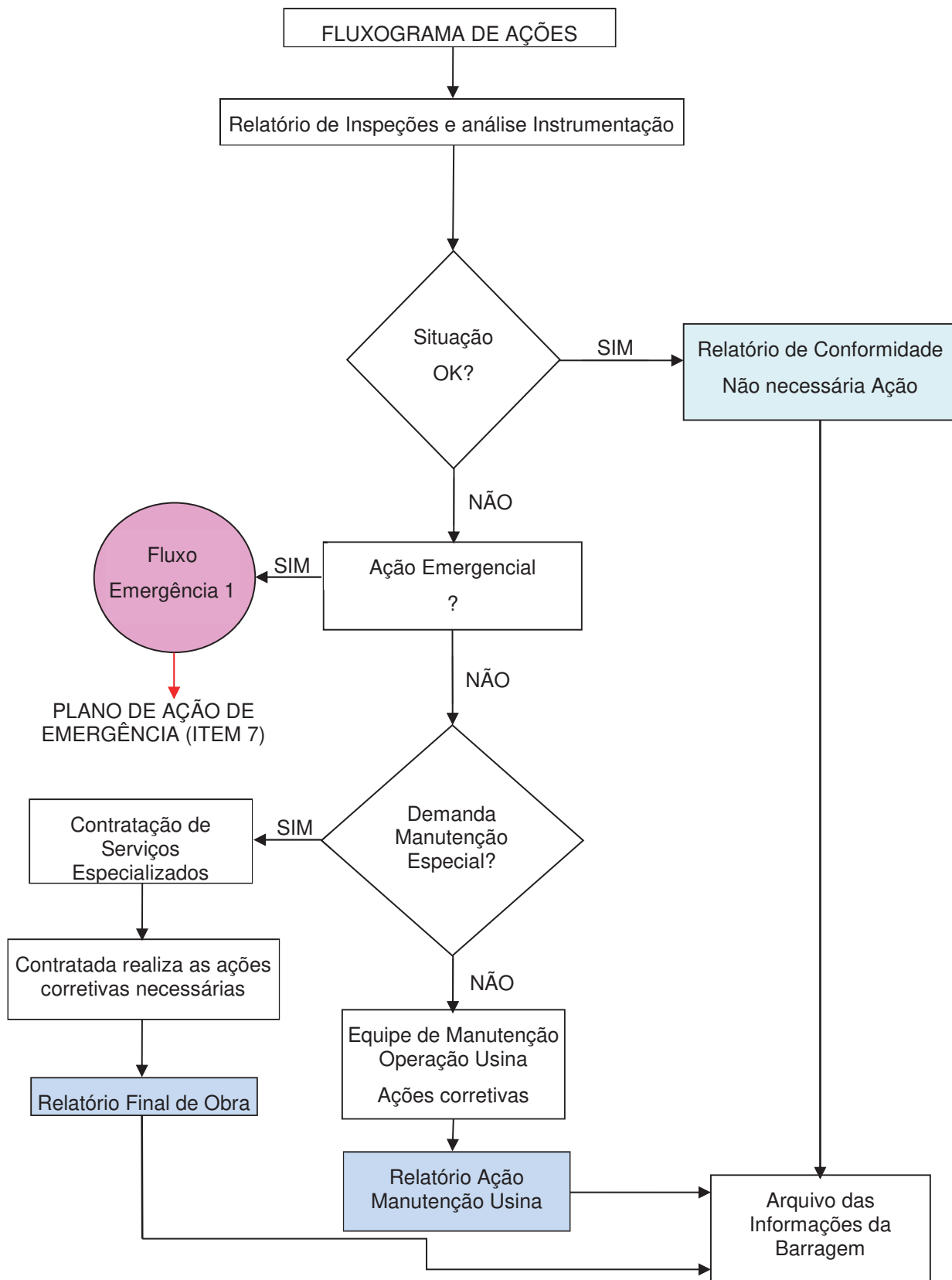
**EMERGÊNCIA 2** – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica por piping. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando retirada do pessoal da casa de força e o bloqueio dos acessos para as duas pontes a jusante. Sempre que entrar em EMERGÊNCIA 2 o rebaixamento do reservatório deve ser iniciado.

**IMPORTANTE** – A observação em campo de surgências de água na barragem, diminuição do Nível do reservatório repentino deve ser imediatamente informado ao supervisor.

Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das descargas de fundo o que reduz substancialmente o impacto da onda de cheia em um eventual rompimento preservando assim as estruturas e propriedades a jusante da barragem da PCH Planalto. Este procedimento deve ser realizado mediante orientação do responsável da segurança da barragem e realizado o quanto antes, visando preservar as estruturas a jusante e o próprio barramento.



Fluxograma 2 – Fluxograma de Inspeções – n = mês



Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações - manutenção das estruturas

## **8 RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS**

As possíveis consequências danosas que ocorrerem durante ou após uma situação de emergência as pessoas, as propriedades e a infraestrutura a jusante, não serão de responsabilidade dos encarregados desta operação se seguirem corretamente as regras operativas aprovadas.

Em situações de emergência, o processo de decisões sobre a operação do reservatório assumirá configuração descentralizada, que incluirá autoridade para mobilização de recursos humanos, materiais e financeiros.

O poder público, nos três diferentes níveis tem a responsabilidade de desenvolver ações e atividades de defesa civil, em situação de normalidade e anormalidade, garantindo o direito de propriedade e a incolumidade a vida, conforme a Lei Federal nº 895 de 16 de agosto de 1993.

Na falta de regulamentos ou reguladores governamentais, principalmente municipais, o proprietário da barragem deverá prever o seu desenvolvimento institucional em conjunto com os órgãos de Defesa Civil, Bombeiros e Prefeituras de modo a aprimorar o Plano de Ação para Emergências (PAE).

### **8.1 Agente Interno – PLANALTO ENERGÉTICA S.A.**

O proprietário da Usina é a PLANALTO ENERGÉTICA S.A., e também controla a operação da Usina.

Será de responsabilidade da empresa:

- Correção de qualquer deficiência constatada;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Usina e do reservatório;
- Inspeção e manutenção nas estruturas civis da Usina;
- Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos, disponibilidade de equipes preparadas bem como de equipamentos;
- Manutenção dos meios de comunicação prevendo sempre alternativas devido a possíveis falhas que são comuns em emergências;
- Manter observação sobre todas as estruturas da usina, principalmente nas mais distantes, contra possíveis ações predatórias de terceiros, incluindo animais;
- Aviso as Usinas de Jusante e propriedades mapeados nas condições de cheia ou em uma eventual ruptura da barragem.

**O Gerente da PCH Planalto, a ser designado, será o responsável pela sua Operação. O Gerente, ou a quem este designar, na ocorrência de emergência será o responsável pelo acionamento da Defesa Civil e/ou bombeiros.**

O Gerente da PCH Planalto será o responsável pela revisão deste PAE, pelos treinamentos aos operadores e todas as atividades relacionadas. Também será o contato para qualquer esclarecimento bem como verificar problemas relativos mesmo.

## **8.2 Agentes Externos**

Os agentes externos diretos serão a Defesa Civil dos estados Goiás e Mato Grosso Sul, Corpo de Bombeiros Chapadão do Sul - MS, prefeitura dos municípios de Chapadão do Sul e Aporé, Polícia Militar e Civil e Secretaria da Saúde destes municípios.

### **Defesa Civil**

As atribuições de Defesa Civil são:

- Coordenar as ações de Defesa Civil;
- Conhecer o Plano de Ações de Emergência da Usina e dentro de cada situação de um evento adverso de definir as providências que deverão ser tomadas, incluindo principalmente na ocorrência de emergência, as providências de evacuação das comunidades afetadas;
- Retirada dos atingidos de jusante;
- Vistoriar os municípios atingidos, lavrando o respectivo laudo, para montagem do processo de homologação de decretos de situação de emergência ou estado de calamidade pública;
- Comunicar ao Departamento de Defesa Civil do Governo Federal as ocorrências havidas, solicitando a liberação de recursos para socorro e assistência;
- Manter informado o Centro de Operações da Defesa Civil sobre as ocorrências e operações relacionadas com defesa civil atendidas e/ou executadas pelos órgãos membros;
- Elaborar plano de ação, mapeando e reconhecendo as áreas de risco inundáveis relativas à sua área de competência;
- Dispor de técnicos para colaborar no desenvolvimento de atividades visando reduzir o impacto do evento adverso sobre a população;
- Cadastrar o material disponível passível de utilização em ações de Defesa Civil;
- Sensibilizar e cadastrar organizações não governamentais dispostas a colaborar no desenvolvimento das campanhas de doações de alimentos e agasalhos;
- Desenvolver na sua área de competência, ações visando à preservação da ordem pública, da incolumidade das pessoas e do patrimônio nas áreas atingidas;

- Neutralizar qualquer indício de agitação da ordem pública quando da realização dos trabalhos de defesa civil nas áreas atingidas;
- Priorizar o emprego dos recursos materiais nas ações de Defesa Civil;
- Mover ações para implementação e supervisão para o suprimento de medicamentos e vacinas, o controle de qualidade da água e dos alimentos e a promoção da saúde nas áreas atingidas por desastres;
- Coordenar a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- Fiscalizar estabelecimentos comerciais e de atendimento ao público, visando evitar à manifestação de risco a saúde das populações das áreas atingidas;
- Orientação aos Distritos Rodoviários para que elaborem Plano preventivo para atuação em situações emergenciais;
- Disponibilizar escolas e ginásios de esportes, para abrigar a população desalojada;
- Na impossibilidade de restabelecimento rápido do fornecimento de água, providenciar o abastecimento através de caminhões pipa;
- Nos municípios não atendidos pela Empresa em que houver colapso do abastecimento de água, colaborar com o órgão municipal para solucionar rapidamente o problema de abastecimento a população, inclusive através de caminhões pipa.

### **Policia Militar**

- Manter o controle da frota de veículos, através do setor de transporte;
- Manter controle das rodovias estaduais e municipais, interditando-as ou adotando medidas de precaução naquela cuja utilização possam causar riscos aos usuários.

### **Corpo de Bombeiros**

- Difundir a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros.
- Atendimento imediato das emergências quando acionados;
- Desenvolver ações de socorro, em todos os municípios atingidos;
- Garantir a segurança, dentro e fora dos abrigos e acampamentos, assim como nas áreas atingidas;
- Promover a implantação de atendimento pré-hospitalar e de unidades de emergência, supervisionar a elaboração de planos de mobilização e de segurança dos hospitais, em situações de desastres;

**Secretaria da Saúde**

- Efetuar a profilaxia de abrigos e acampamentos provisórios, fiscalizando a ocorrência de doenças contagiosas e a higiene e saneamento;
- Dispor de equipes de médicos legistas, para emprego em áreas atingidas, se houver número elevado de óbitos.

**8.3 Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos**

Após o término do Plano de Ação de Emergência, deverá ser prevista uma apresentação deste para os agentes externos.

Esta apresentação deverá verificar a detecção da emergência, a tomada de decisão, os meios de comunicação, o fluxo de informação, o tempo de mobilização e os equipamentos, infraestrutura e pessoal disponível. A apresentação se encontra no Anexo II.

## 9 PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS

Ações preventivas devem ser iniciadas de maneira apropriada, para prevenir a ruptura ou para limitar danos onde a ruptura for inevitável.

Neste item serão descritas as providências a serem tomadas nas diversas situações, para as quais os sistemas de comunicação deverão ser operados continuamente, 24h pôr dia, 7 dias por semana. Os operadores e demais responsáveis deverão poder ser encontrados em qualquer tempo. As demais entidades envolvidas também devem manter a mesma capacidade de mobilização.

As condições de operação do reservatório serão monitoradas diretamente pela equipe da operação da Usina, continuamente, 24h por dia, 7 dias por semana, e pela equipe do centro de operação de geração COG-Cuiabá através de controle remoto via satélite.

As condições das estruturas do barramento e dos vertedouros também serão monitoradas através de inspeções: regulares e/ou remotas pela equipe da Usina, programadas pela equipe de inspeção e de emergências.

Conforme a Figura 46 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, do item 7 as situações serão classificadas como:

### 9.1 Situação normal (Azul)

#### Vazão Afluente < 83 m<sup>3</sup>/s, ou seja, cheias até TR=10 anos

- Observar o aumento do nível do reservatório, bem como a pluviometria da região;
- Realizar inspeção regular no barramento e nível do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura;
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

### 9.2 Situação atenção (Verde)

#### Vazão Afluente < 117 m<sup>3</sup>/s, ou seja, cheias até TR= 100 anos

- Observar o aumento do nível do reservatório, bem como a pluviometria da região;
- Realizar inspeção regular nas estruturas do barramento buscando observar alguma anomalia na estrutura que necessite reparo;



- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

**NAS SITUAÇÕES DE ATENÇÃO DEVERÃO SER AVISADOS TODOS AGENTES EXTERNOS.**

Após a condição de enchente (TR=100 anos) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.

### 9.3 Situação de alerta (Amarelo)

**Vazão Afluyente 117 a 150 m<sup>3</sup>/s, ou seja, cheias entre TR= 100 anos e TR= 1.000 anos**

Observar o aumento do nível do reservatório, bem como a pluviometria da região.

Quando uma situação de perigo está em desenvolvimento definir se as medidas pré-planejadas podem prevenir ou minimizar uma falha, caso negativo seguir medidas da situação irreversível.

Identificação das situações de perigo:

- Aumento do Nível do reservatório e possível aumento da pluviometria;
- Brecha na barragem de Concreto ou solo (percolação de água pela barragem);
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem em solo, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

**NAS SITUAÇÕES DE ATENÇÃO DEVERÃO SER AVISADOS TODOS AGENTES EXTERNOS.**

Após a condição de enchente (TR=1.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.

### 9.4 Situação de emergência 1 (Rosa)

**Vazão Afluyente 150 a 184 m<sup>3</sup>/s, ou seja, cheias entre TR= 1.000 anos e TR= 10.000 anos**

- Quando o nível do reservatório se encontra acima 639,70 m;
- Aumento da pluviometria e problemas no sistema de abertura das comportas podendo resultar em galgamento da barragem;
- Caso ocorra uma diminuição brusca do nível do reservatório e seja detectado vazamento na barragem, potencial ruptura da barragem, deverá ser acionado **EMERGÊNCIA 2**.

**NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 1 DEVERÃO SER AVISADOS OS AGENTES EXTERNOS E BLOQUEADOS OS ACESSOS AS PONTES A JUSANTE.**

Após a condição de enchente (TR=10.000 anos) deverá ser realizada uma inspeção no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.

O gerente regional de operação deverá utilizar os dados do item 0, buscando avaliar a emergência a acontecer.

### 9.5 Situação de emergência 2 (Vermelha)

**Vazão Afluente >966 m<sup>3</sup>/s, ou seja, cheias maiores que TR= 10.000 anos ou problema estrutural com risco de rompimento**

a) Irreversível

- Quando uma falha nas estruturas é inevitável ou já ocorreu.

Nesta situação a operadora deverá comunicar a defesa civil para o bloqueio dos acessos as pontes de jusante. No caso da PCH Planalto devem ser comunicados as Usinas da tabela que se encontra no desenho de Fluxograma de Acionamento.

b) Reversível

- Quando uma situação de perigo está em desenvolvimento, com aumento do nível do reservatório, porém a pluviometria está baixando, logo pode-se prevenir ou minimizar uma falha, caso negativo seguir medidas da situação “a) Irreversíveis”.

**NAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA 1 DEVERÃO SER RETIRADOS OS OPERADORES DA CASA DE FORÇA, AVISADOS OS AGENTES EXTERNOS E BLOQUEADOS OS ACESSOS AS PONTES A JUSANTE.**

O gerente regional de operação deverá utilizar os dados do item 7, buscando avaliar a emergência a acontecer.

## **10 ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS**

Os desenhos gerados para o Plano de Ação de Emergência da PCH Planalto estão no caderno de desenhos. O desenho PLA-C-AGE-001-00-19 – Localização e Acesso indicam o local onde se encontra a Usina e o desenho PLA-C-PRE-002-00-19 – Propriedades e Área Resguardada apresenta a área a ser isolada na propriedade da empresa.

O estudo das áreas de risco de desastre permitiu a elaboração de mapas temáticos, relacionados com a ameaça, vulnerabilidade e o risco de inundação, os quais servem de embasamento para a definição dos métodos a serem adotados para prevenir, preparar ou responder, quando da ocorrência de desastres.

### **10.1 Acessos**

Com o rompimento da barragem o acesso à casa de força da usina Planalto estará comprometido devido a inundação da ponte de acesso que se encontra logo a jusante do barramento.

### **10.2 Propriedades Atingidas**

Somente a casa de força da PCH Planalto é atingida caso ocorra rompimento da barragem Planalto.

Outros pontos importantes para o caso de ruptura da barragem Planalto são as pontes de jusante, identificadas nas seções SL-88 (acesso interno) e SL- 43 (estrada vicinal) que também são atingidas no caso do rompimento da barragem Planalto.

A Tabela 27 indica o resultado da simulação dos estudos para as seções de interesse que ocorrem inundação.

Os mapas de inundação para o tempo de recorrência de 100 anos e 10.000 anos foram obtidos nas seguintes simulações:

- PLA-C-MPI-004-00-19 – Mapa de Inundação – TR 100 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 06;
- PLA-C-MPI-005-00-18 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 06.

Os mapas estão apresentados no caderno de desenhos.

O mapa da zona de autossalvamento, definido para a pior condição de acordo com manual da ANA, que é a inundação com tempo de recorrência de 10.000 anos associado ao rompimento da barragem, está apresentado no seguinte mapa:

- PLA-C-ZAS-006-00-19 – Zona de Autossalvamento – Folhas 01 a 02.

Tabela 27 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Planalto

| Seções de Interesse                              | Cota de Proteção (m) | Distância em Relação Barragem PCH Planalto (km) | DB 100 anos   |             |         |                   |            |             | DB 10.000 anos |             |         |                   |            |             |        |      |
|--|----------------------|---|---------------|-------------|---------|-------------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------|-------------------|------------|-------------|--------|------|
|  |                      |   | Tempo (hh:mm) |             |         | Nível de água (m) |            |             | Tempo (hh:mm)  |             |         | Nível de água (m) |            |             |        |      |
|  |                      |   | Δ Início Onda | Δ Pico Onda | Duração | Normal            | Rompimento | Máxima Onda | Δ Início Onda  | Δ Pico Onda | Duração | Normal            | Rompimento | Máxima Onda |        |      |
| <b>Barragem Planalto - Tempo após Rompimento</b> |                      |   |               |             |         |                   |            |             |                |             |         |                   |            |             |        |      |
| Rio Aporé  | 88                   | Ponte Acesso Planalto                           |               | 0,15        | 00:00   | 01:35             | 10:15      | 624,47      | 629,68         | 5,21        | 00:00   | 01:35             | 08:25      | 625,08      | 630,06 | 4,98 |
|  | 81                   | Casa de Força - PCH Planalto                    | 548,60        | 3,86        | 00:25   | 02:00             | 09:50      | 546,96      | 551,95         | 4,99        | 00:20   | 02:00             | 08:05      | 547,53      | 552,27 | 4,74 |
|  | 69                   | Limite ZAS                                      |               | 9,96        | 01:10   | 02:50             | 10:35      | 540,32      | 541,72         | 1,40        | 01:00   | 02:50             | 12:15      | 540,49      | 541,88 | 1,39 |
|  | 43                   | Ponte jusante                                   |               | 22,69       | 02:50   | 05:45             | 22:25      | 521,56      | 523,46         | 1,90        | 02:10   | 05:25             | 18:15      | 521,84      | 523,93 | 2,09 |

A zona de auto salvamento irá até a seção SL-69, cerca de 9,96 km de distância da Barragem de Planalto.

- A partir da Seção 32 a onda de cheia devido ao rompimento da barragem da PCH Planalto pode ser considerada como amortecida.

### 10.3 Zona de Autossalvamento – ZAS

Estudos de rompimentos em barragens indicam que a área de maior risco para a população se encontra no trecho entre a barragem e 10 km a jusante ou o ponto onde o início da onda de cheia demore 30 minutos para chegar, podendo ser considerado sempre o ponto de menor distância entre os dois critérios. Essa área é chamada de Zona de Autossalvamento (ZAS), pois em caso de rompimento não há tempo hábil para a chegada de socorro sendo que a população atingida deve sair da área de risco por conta própria mediante aviso de emergência.

No estudo de rompimento da barragem da PCH Planalto o local do limite da ZAS se encontra a 9,96 km de distância da barragem para a pior condição de estudo que é o rompimento com a cheia de 10.000 anos.

Dentro da ZAS existe somente a (01) Casa de Força de Planalto, e (01) Ponte logo a jusante da barragem no acesso interno da obra que poderão ser afetadas pela onda de cheia e/ou pela ruptura da barragem. Na Tabela 28 apresenta-se a sua localização e principais características.

Tabela 28 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem

| Infraestrutura e Edificações na ZAS |                              |                                |                                 |                              |                      |                     |          |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|----------|
| Seção                               | Descrição                    | Coordenada geográfica Latitude | Coordenada geográfica Longitude | Distância do barramento (Km) | Cota (m) - TR=10.000 | Nome do Responsável | Telefone |
| 88                                  | Ponte Acesso Planalto        | -18° 47' 19,28892"             | -52° 22' 29,94537"              | 0,15                         | 630,06               |                     |          |
| 81                                  | Casa de Força - PCH Planalto | -18° 47' 57,57469"             | -52° 21' 42,10046"              | 3,86                         | 552,27               |                     |          |
| 69                                  | Limite ZAS                   | -18° 49' 23,35296"             | -52° 20' 37,78302"              | 9,96                         | 541,88               |                     |          |

Próximo a Casa de Força foram identificadas áreas de fuga onde não há o risco de inundação e devem ser definidas como ponto de encontro da equipe de operação na zona de autossalvamento. A população dessa área deve ser orientada a identificar e se locomover para as áreas de fuga em caso de situações de emergência com risco de rompimento da barragem. As edificações atingidas e as áreas de fuga estão identificadas no Mapa de Inundação – Zona de Autossalvamento PLA-C-ZAS-006-00-19 no caderno de desenhos.

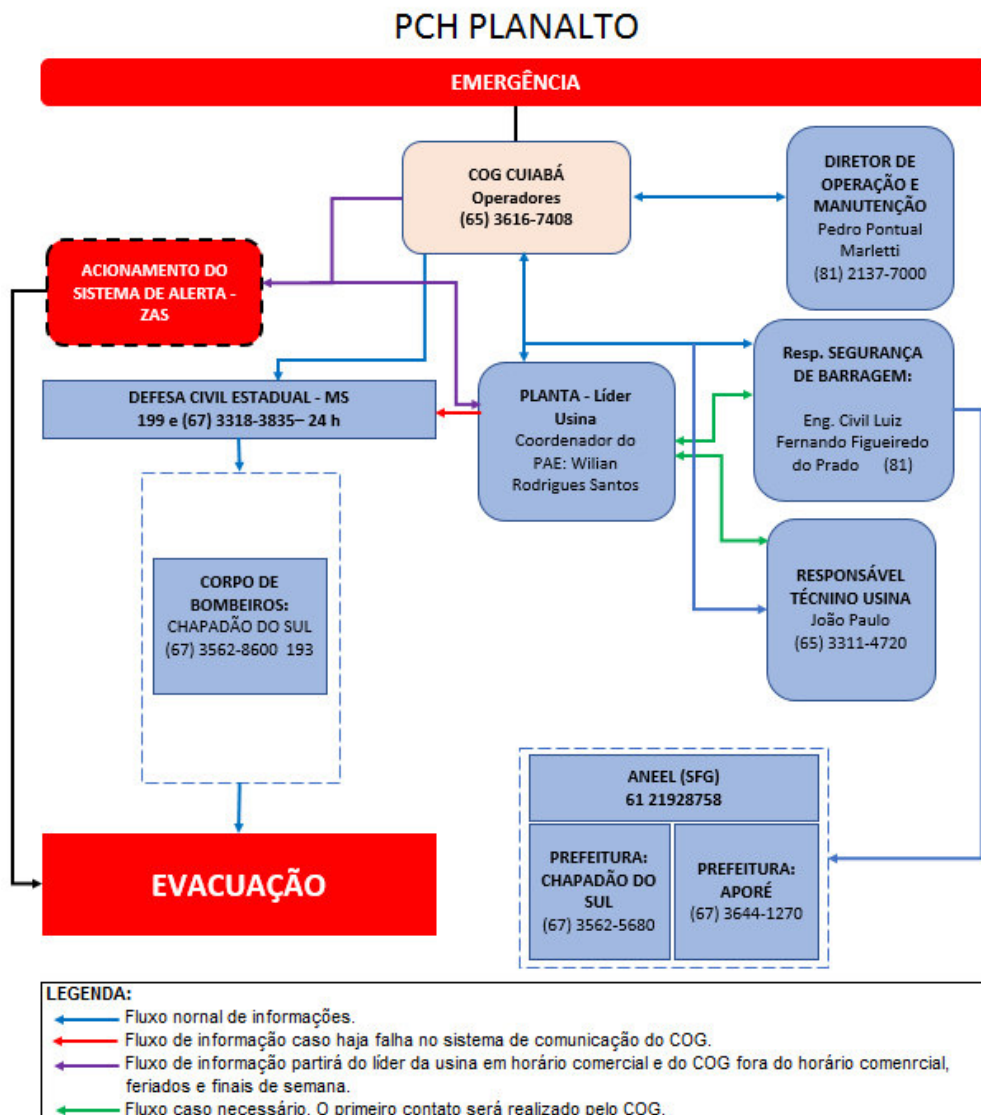
## 11 FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO

### 11.1 Meios de Comunicação

O acionamento de emergências será realizado através de telefone com a própria Usina de Planalto, Defesa Civil do estado do Mato Grosso do Sul, Corpo de Bombeiros do município Chapadão do Sul e municípios atingidos Chapadão do Sul e Aporé.

### 11.2 Acionamento em Caso de Emergências

O acionamento em caso de emergência dos agentes envolvidos se dará pelo Fluxograma 4 que mostra a sequência de tramitação das informações. Este fluxograma apresenta o responsável pelo acionamento, COG-CUIABÁ e Planalto Energética S.A., e os agentes externos envolvidos, Defesa Civil do estado do Mato Grosso do Sul, Corpo de Bombeiros do município Chapadão do Sul e municípios atingidos Chapadão do Sul e Aporé.



Fluxograma 4 – Acionamento emergências

Este fluxograma está apresentado no caderno de desenhos no desenho PLA-C-FLA-007-00-19 – Fluxograma de Acionamento e deverá ficar na Usina em local de fácil visualização em caso de emergência com o contato dos atingidos para evacuação da área em casos extremos.

Este fluxograma deverá ser acionado sempre que entrar em EMERGÊNCIA 1, que compreendem as seguintes hipóteses:

- Cheias ocorridas a partir do **tempo de recorrência de 1.000 anos**, ou seja, vazão afluente maior que 150 m<sup>3</sup>/s, juntamente com aumento da Pluviometria na região. Nesta condição as barragens de jusante e as propriedades atingidas deverão ser avisados para evacuação da área de risco;
- **Vazamento na Barragem sem controle com risco de colapso ou rompimento.**

**Como o risco de galgamento da barragem da PCH Planalto é baixo, quase nulo, a segurança da estrutura depende da qualidade do monitoramento e da agilidade na recuperação de eventuais danos.**

## 12 MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA EM POTENCIAL

A Barragem da PCH Planalto não apresenta risco de galgamento e nem de rompimento estrutural, porém a Usina mantém recursos de manutenções civis de acordo com Quadro abaixo:

Quadro 1 – Lista dos recursos renováveis para gestão de emergências na Barragem

| Materiais/Equipamentos                             | Local de Depósito                |
|--|----------------------------------|
| Sacos, areia, gravilha, enrocamento                | Almoxarifado – Casa de Força     |
| Material de Escoramento e entivação, lona plástica | Almoxarifado – Casa de Força     |
| Combustíveis e Lubrificantes                       | Almoxarifado – Casa de Força     |
| Mala de Assistência Médica                         | Sala de Controle – Casa de Força |



### 13 FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

As declarações estão apresentadas no Anexo III e conforme abaixo:



PCH PLANALTO

#### DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA URGENTE

Situação: \_\_\_\_\_

Empreendedor: \_\_\_\_\_

Barragem: \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo) \_\_\_\_\_, na condição de Coordenador do PAE da Barragem \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições e responsabilidade que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência, na situação de \_\_\_\_\_, para a barragem \_\_\_\_\_ a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ em função da ocorrência de: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.  
\_\_\_\_\_ (local), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
(Nome e assinatura)

\_\_\_\_\_  
(cargo e RG)



**BRENNAND**  
energia

PCH PLANALTO

## DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA URGENTE

**SITUAÇÃO:** \_\_\_\_\_

**Empreendedor:** \_\_\_\_\_

**BARRAGEM:** \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo)

\_\_\_\_\_, na condição de coordenador do

PAE da Barragem \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições e

responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de

Encerramento da Emergência, na Situação de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_ / \_\_\_\_

/ \_\_\_\_\_, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da

Barragem e eliminação do Risco de Ruptura.

**OBS:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ (local) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
(Nome e assinatura)

\_\_\_\_\_  
(cargo e RG)



PCH PLANALTO

### MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da Barragem \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Município: \_\_\_\_\_ Rio: \_\_\_\_\_ Bacia Hidrográfica \_\_\_\_\_

A partir das \_\_\_\_: \_\_\_\_ h de \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_, está sendo ativado o nível de resposta:

Azul - Normal     Verde - Atenção     Amarelo – Alerta     Emergência -Vermelho

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor:

\_\_\_\_\_  
Entidade Fiscalizadora: Agência Nacional de Energia Elétrica

\_\_\_\_\_  
SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – GO

\_\_\_\_\_  
SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – MS

\_\_\_\_\_  
Prefeitura – Chapadão do Sul – Ms e Aporé - GO

\_\_\_\_\_  
Descrição da situação (causas, evolução)

A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 14 RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO

A implementação eficaz de um PAE exige que os documentos base sejam controlados, com a distribuição de cópias restringidas a todas as entidades com responsabilidades instituídas, garantindo o conhecimento e a utilização de planos sempre atualizados. Assim, deve estar identificada a relação das entidades que receberam cópia (Tabela 29).

Deverá ser mantido uma cópia física atualizada do PAE na sala de controle da Usina.

Tabela 29 – Entidades que recebem Cópia PAE

| Entidade   | Nº de cópias (Digital) |
|--|------------------------|
| Entidade Fiscalizadora (ANEEL)                           | 1                      |
| Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado – MS e GO | 1                      |
| Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – MS                | 1                      |
| Prefeituras envolvidas                                   | 1                      |

## 15 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Está prevista que a necessidade de revisão e adaptação deste plano se fará necessária quando houver alteração na estrutura do operador, incorporação ou revisão do Plano de Segurança da Barragem (mudanças características da Barragem), e por força de legislação.

Atualização dos nomes dos responsáveis da Usina e das equipes de operação, manutenção, monitoramento e de inspeção.

Atualização dos responsáveis, principalmente nos órgãos Estaduais.

Também deverá ser avaliada a segurança da Barragem considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, atualizando dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante. A equipe deverá desenvolver um estudo dos documentos do projeto e da documentação disponível, além de efetuar uma inspeção civil da Barragem e das estruturas com diagnóstico e avaliação do problema, indicando recomendações a serem efetuadas para garantir a sua integridade.

Recomenda-se na próxima revisão do Plano realizar novos levantamentos cartográficos/topográficos de modo a melhorar a precisão dos dados e dos mapas obtidos de inundação.

O produto a ser elaborado na próxima revisão periódica de segurança (RPS) consta de um relatório onde estarão listadas as considerações sobre o exame de toda a documentação existente, a avaliação dos critérios de projeto, a análise da instrumentação, a identificação de anomalias e as condições de manutenção, e quais as Recomendações e Conclusões sobre a segurança da Barragem. Esta revisão deverá ser realizada de 10 em 10 anos devido ao fato de a Barragem ter sido classificada como **Classe C - Categoria de Risco - Baixo e Dano Potencial Associado - Médio**.

Recomenda-se simulação da onda de cheia com os dados dos novos levantamentos topográficos bem como com o hidrograma de cheia atualizado. Após este deverão ser atualizados os mapas de inundação e analisados os locais atingidos.

**Recomenda-se após a condição de enchente maiores que TR=100 anos deverá ser realizada uma inspeção regular no Barramento para verificar as condições gerais da estrutura civil.**

**16 EQUIPE TÉCNICA**

| Nome                    | Formação         | Função                              |
|-------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Henrique Yabrudi Vieira | Engenharia Civil | Hidráulica – Segurança de Barragens |
| Patrícia Becker         | Engenharia Civil | Estruturas – Segurança de Barragem  |

As Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) dos profissionais envolvidos nos trabalhos estão apresentadas no Anexo III.

## 17 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. B. de. **A gestão do risco em sistemas hídricos: conceitos e metodologias aplicadas a vales com barragens**. 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, APR. Cabo Verde, 2003.

ALMEIDA. Antônio Betâmio de. **Emergências e Gestão do Risco: Risco a Jusante de Barragens**. Lisboa.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1995.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, **Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis**, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.

**ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS** - Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Volume IV - Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE, Versão final 02 para editoração – abril de 2016.

**ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA** – Resolução Normativa N° 696, de 15 de Dezembro de 2015 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BARBOSA, N. P.; MENDONÇA, A. V.; SANTOS, C. A. G.; LIRA, B. B.. **Barragem de Camará**. Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia. Ministério Público Federal. Procuradoria da República no Estado da Paraíba. PB, 2004. Disponível em: <[www.prbp.mpf.gov.br/](http://www.prbp.mpf.gov.br/)>. Acesso em 23/09/2008.

CETESB. **Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos**. Norma P4.261, Maio/2003.

COLLISCHONN, V. **Análise do rompimento da barragem de Ernestina**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: UFRGS, 1997.

CRUZ, P.T. **100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projetos**. Oficina de Textos, São Paulo, 2004.

DUARTE, Moacir. Riscos Industriais: **Etapas para a investigação e a prevenção de acidentes**. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

FEEMA. **Manual do Curso de Análise de Riscos Ambientais**. Agosto de 1998.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS, Comitê Brasileiro De Grandes Barragens, Núcleo Regional De São Paulo.

LEI Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010, **Política Nacional de Segurança de Barragens**, Presidência da República.

MENESCAL, R. A.; VIEIRA, V. P. P. B.; FONTENELLE, A. S.; OLIVEIRA, S. K. F. 2001. **Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem**. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R. A.; MIRANDA, A. N.; PITOMBEIRA, E. S.; PERINI, D. S. **As Barragens e as Enchentes**. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004 Florianópolis - SC.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil** / [Organizador, Rogério de Abreu Menescal]. Brasília: Pro água, 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília, 2002.

SILVA, M. M. A.; LACERDA, M. J.; SILVA, P. K.; SILVA, M. M. P. **Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande, PB**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Volume 6 – Número 1. 2006.

SILVEIRA, J.F.A. **Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento**. Oficina de Textos, São Paulo, 2006.



## **18 ANEXOS**

Anexo I – Desenhos Referência

Anexo II – Apresentação do Plano de Ação de Emergências

Anexo III – Formulários

Anexo IV – ARTs

**ANEXO I – DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**



---

CLIENTE:



---

TÍTULO:

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO CIVIL  
PCH Planalto

---

OBJETO:

**Relatório Técnico**  
**Março/2019**

---

NÚMERO:

PLA-C-RIC-001-00-19

---

|         |            |                   |         |            |          |
|---------|------------|-------------------|---------|------------|----------|
|         |            |                   |         |            |          |
| 00      | 28/03/2019 | Emissão inicial   | HYV     | HYV        | HYV      |
| Revisão | Data       | Objeto da revisão | Redação | Verificado | Aprovado |

---

## Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RELATÓRIO DE INSPEÇÃO CIVIL</b> .....            | <b>1</b>  |
| <b>PCH PLANALTO</b> .....                           | <b>1</b>  |
| <b>1 OBJETIVO</b> .....                             | <b>4</b>  |
| <b>2 DADOS TÉCNICOS DO EMPREENDIMENTO</b> .....     | <b>5</b>  |
| 2.1 Localização.....                                | 5         |
| 2.2 Barragem.....                                   | 5         |
| 2.3 Desvio do Rio .....                             | 6         |
| 2.4 Vertedouro.....                                 | 6         |
| 2.5 Circuito Hidráulico de Adução.....              | 6         |
| 2.5.1 Tomada de Água.....                           | 6         |
| 2.5.2 Conduitos e Chaminé de Equilíbrio .....       | 6         |
| 2.5.3 Casa de Força e Canal de Fuga.....            | 7         |
| 2.6 Equipamentos Eletromecânicos.....               | 7         |
| 2.6.1 Turbinas .....                                | 7         |
| 2.6.2 Geradores .....                               | 7         |
| <b>3 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR</b> .....        | <b>10</b> |
| 3.1 Empresa .....                                   | 10        |
| 3.2 Representantes Legais .....                     | 10        |
| 3.2.1 Representante Legal da Empresa .....          | 10        |
| 3.2.2 Responsável Técnico .....                     | 10        |
| 3.2.3 Supervisor de Operação.....                   | 10        |
| 3.2.4 Operação Remota .....                         | 10        |
| <b>4 IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO</b> ..... | <b>11</b> |
| 4.1 Identificação do Responsável Técnico.....       | 11        |
| 4.1.1 Empresa Executora.....                        | 11        |
| 4.1.2 Responsável Técnico .....                     | 11        |
| <b>5 INSPEÇÃO CIVIL</b> .....                       | <b>12</b> |
| 5.1 Acessos e Área Resguardada .....                | 12        |
| 5.1.1 Acessos .....                                 | 12        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 5.1.2    | Área Resguardada .....                           | 12        |
| 5.2      | Barragem, Vertedouro e Desvio do Rio .....       | 13        |
| 5.2.1    | Barragem MD e ME.....                            | 13        |
| 5.2.2    | Vertedouro .....                                 | 16        |
| 5.2.3    | Desvio do Rio.....                               | 17        |
| 5.3      | Circuito de Adução .....                         | 18        |
| 5.3.1    | Tomada de Água.....                              | 18        |
| 5.3.2    | Conduitos Forçados e Chaminé de Equilíbrio ..... | 19        |
| 5.4      | Casa de Força, Canal de Fuga e Subestação .....  | 21        |
| 5.4.1    | Casa de Força.....                               | 21        |
| 5.4.2    | Canal de Fuga.....                               | 26        |
| 5.4.3    | Subestação .....                                 | 27        |
| <b>6</b> | <b>RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES.....</b>           | <b>27</b> |

## 1 OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar o resultado da Inspeção Civil na PCH Planalto, pertencente a Planalto Energética S/A realizada no dia 12/03/2019.

A PCH Planalto segundo o Formulário de Segurança de Barragens (FSB): Matriz para Classificação das Barragens e Informações Gerais da ANEEL possui enquadramento na **Classe C – Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Médio**, seguindo a resolução da ANEEL nº 696 de 15 de dezembro de 2015.

Esta inspeção foi realizada por uma equipe técnica multidisciplinar, com o objetivo de conhecimento em campo das condições das estruturas civis da usina, bem como localização da barragem e descrever brevemente as características técnicas e condições atuais das estruturas de acordo ANEEL – Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015.

Equipe de Inspeção:

- Henrique Yabrudi Vieira – Engenheiro Civil – Prosenge Projetos e Engenharia;
- Luiz Fernando Prado – Engenheiro Civil – Brennand Energia.

As condições de geração da Usina no dia da inspeção (12/03/2019) foram:

- NA montante = 637,87 m (sem vertimento no vertedouro);
- NA jusante canal de fuga = 542,18 m;
- Potência gerada = 16,58 MW – Com as Duas Unidades em Operação.

## 2 DADOS TÉCNICOS DO EMPREENDIMENTO

### 2.1 Localização

A PCH Planalto possui potência instalada de 17 MW e está localizada no rio Aporé na bacia hidrográfica do Paraná sub-bacia Paranaíba. As coordenadas geográficas da Usina são 18°47'15"S de Latitude Sul e 52°22'31"O de Longitude Oeste.

Somente existe uma usina a montante do barramento está localizada a CGH Aporé em operação.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Aporé em operação, próximos a PCH Planalto

| Posição em relação à | Aproveitamento        | Potência | Proprietário                                |
|----------------------|-----------------------|----------|---|
| Montante             | CGH Aporé             | 1,00     | Reichert Agropecuária Ltda.                 |
| PCH Planalto         |                       | 17,00    | Brennand Energia – Planalto Energética S.A. |
| Jusante              | Sem usina em operação |          |   |

Fonte (Aneel, 2018)

O aproveitamento localiza-se nos municípios de Aporé - Goiás e Cassilândia – Mato Grosso do Sul. No barramento o rio Aporé possui área de drenagem de 883 km<sup>2</sup> e vazão média mensal de 19,40 m<sup>3</sup>/s, conforme ficha da ANEEL.

O acesso a usina faz-se através da cidade Chapadão do Sul – MS, na direção sul pela rodovia MT 306 por cerca de 17 km, seguindo a esquerda por estrada vicinal por 17,30 km até Usina.



Figura 1 – Estrada de Acesso para a PCH Planalto

### 2.2 Barragem

A barragem é constituída por um maciço de terra. Possui altura máxima de 13 m e 218 m de comprimento.

Sua cota de proteção está na El. 641,00 m, os taludes do aterro são de 1V:1,75 H a montante e a jusante. A montante da Barragem foi incorporada um rip rap acima da elevação 636,00 de modo proteger talude contra erosões.

### **2.3 Desvio do Rio**

A estrutura de desvio do rio se encontra entre a tomada de água e o vertedouro, localizada na margem esquerda do rio Aporé. A estrutura possuía dois vãos para o escoamento do rio durante as obras sendo que um dos vãos foi tamponado após o enchimento do lago. No segundo vão se encontra uma comporta vagão com acionamento hidráulico que pode trabalhar como descarregador de fundo na necessidade de esvaziamento do reservatório.

### **2.4 Vertedouro**

O vertedouro situa-se no leito do rio, a superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta-se com perfil tipo USBR (perfil creager) com 35,50 m de comprimento, com talude de montante com inclinação de 1 V: 1 H. O talude de jusante possui escadas de inclinação 1 V: 1 H e calha em degraus. A capacidade de vazão do vertedouro é de 268 m<sup>3</sup>/s, correspondente à cheia decamilar (NA máx max = 640,40 m) conforme a Ficha técnica. A soleira da ogiva encontra-se na EL. 638,00 m executado em concreto convencional e junto à sua fundação em rocha sã.

### **2.5 Circuito Hidráulico de Adução**

O circuito hidráulico de adução e geração, localizado na margem esquerda é composto de tomada de água, trecho de conduto em baixa pressão enterrado, chaminé de equilíbrio e trecho em conduto forçado sendo parte enterrado que se bifurca para a adução em cada uma das duas turbinas. A descrição dos componentes do circuito de adução se encontra abaixo.

#### **2.5.1 Tomada de Água**

A tomada de água, constituída por uma estrutura em concreto, tipo gravidade, apoiada parcialmente no maciço rochoso, com 13,00 m de altura máxima, 6,00 m de largura e cerca de 13,07 m de comprimento. Possui comporta grade na entrada e comporta vazão de dimensões de 4,00 x 2,90 m (L x A), com cota de proteção na El. 641,00 m.

#### **2.5.2 Condutos e Chaminé de Equilíbrio**

A partir da tomada segue conduto de adução em baixa pressão em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) enterrado com diâmetro variável de 3,00 a 2,90 m até a chegada na chaminé de equilíbrio com um total de 1069 m em baixa pressão. Após a chaminé de equilíbrio o conduto forçado segue com diâmetro 3 m, ainda em PRFV por 760 m até o bloco de ancoragem onde inicia o trecho exposto que foi executado em aço mantendo o diâmetro de 3,00 m até a bifurcação na entrada das duas unidades geradoras da Casa de Força onde o diâmetro se reduz para 1,74 m em cada máquina. O comprimento total do trecho em PRFV é de 1829 m e em aço de 114 m.



A chaminé de equilíbrio executada em concreto possui formato circular com diâmetro de 17,00 m e altura 19,20 m.

### 2.5.3 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força é do tipo abrigada, com 23,45 m de extensão na direção do fluxo e 34,70 m na direção transversal ao fluxo, composta por estruturas em concreto armado.

A área de montagem fica na El. 548,50 m, anexo à casa de força. Na superestrutura se encontra a ponte rolante da usina utilizada na montagem das unidades geradoras sendo agora utilizada para manutenção das mesmas.

O pátio da casa de força se encontra na elevação 548,60 m. Esta cota foi estabelecida para assegurar a estanqueidade da casa de força na ocorrência das cheias.

O canal de fuga, escavado em rocha e revestido em concreto é destinado à restituição das vazões turbinadas para o leito do rio.

## 2.6 Equipamentos Eletromecânicos

### 2.6.1 Turbinas

As turbinas são do tipo Francis Horizontal Simples, com potência unitária nominal de 8.500 kW sob queda de projeto de 96,00 m. As características básicas da turbina são:

Quadro 1 – Dados da Turbina

|                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Quantidade              | 02 (Duas)                  |
| Tipo                    | Francis Simples Horizontal |
| Potência nominal (eixo) | 8.500 kW                   |
| Queda Projeto           | 96,00 m                    |
| Vazão nominal unitária  | 10,18 m³/s                 |
| Rotação nominal         | 600 rpm                    |

### 2.6.2 Geradores

Os geradores são trifásicos, síncronos, de eixo horizontal, com potência nominal de 9.170 kVA e com as seguintes características técnicas:

Quadro 2 – Dados do Gerador

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| Quantidade                 | 02 (Dois) |
| Potência nominal           | 9.170 kVA |
| Fator de potência indutivo | 0,90      |
| Tensão nominal             | 13,80 kV  |
| Frequência nominal         | 60 Hz     |
| Rotação nominal            | 600 rpm   |

Na Figura 2 estão indicadas as estruturas em uma imagem aérea obtida pelo drone no dia da inspeção e na Figura 3 as estruturas do barramento da usina.

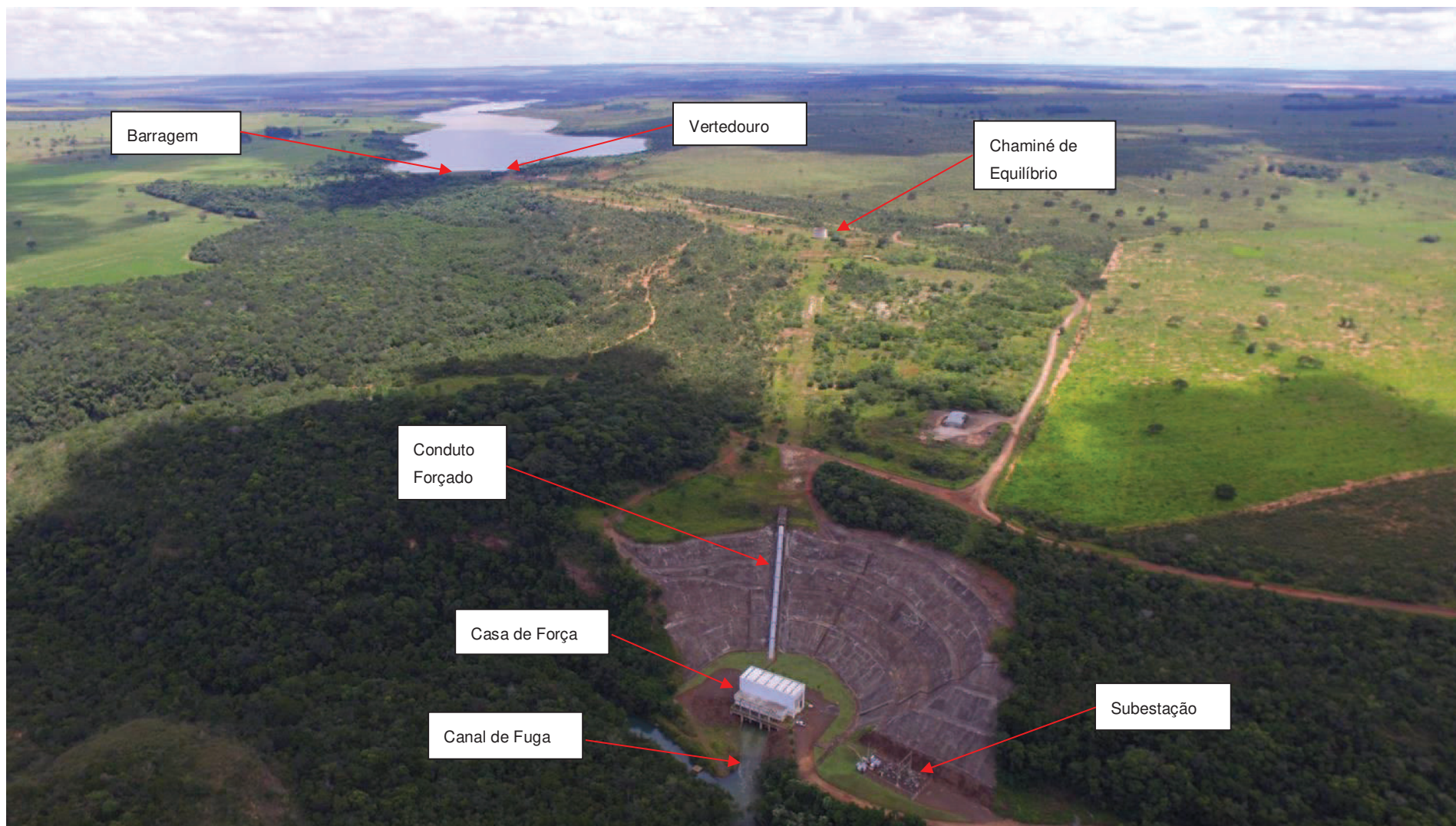


Figura 2 – Imagem das Estruturas da PCH Planalto



Figura 3 – Barragem, Vertedouro e Tomada de Água

### 3 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

#### 3.1 Empresa

Planalto Energética S.A. CNPJ 07.953.660/0002-17

Fazenda Planalto s/n – Zona Rural – Aporé - Goiás

Coordenadas da Usina – Barragem Latitude 18°47'16,21" S – Longitude 52°22'33,48" O

Casa de Força Latitude 18°47'54,94" S – Longitude 52°21'43,46" O

Potência Instalada 17,00 MW – Rio Aporé

Telefone (67) 3562-3359

#### 3.2 Representantes Legais

##### 3.2.1 Representante Legal da Empresa

**Representante Legal:** Pedro Pontual Maletti / Ricardo Jeronimo Pereira Rego Junior

**Endereço:** Av. Engenheiro Domingos Ferreira, Boa Viagem, nº2589 - 8º andar.

**Fone:** (81) 2137-7000

**E-mail:** [pedro.pontual@brennandenergia.com.br](mailto:pedro.pontual@brennandenergia.com.br)

[ricardo.rego@brennandenergia.com.br](mailto:ricardo.rego@brennandenergia.com.br)

##### 3.2.2 Responsável Técnico

**Responsável Técnico da Barragem:** Luiz Fernando Figueiredo Dias do Prado

**Fone:** (81) 2137-7013 Cel: (81) 8758-0233

**E-mail:** [luiz.prado@brennandenergia.com.br](mailto:luiz.prado@brennandenergia.com.br)

##### 3.2.3 Supervisor de Operação

**Supervisor de Operação de Usina:** Willian Rodrigues dos Santos

**Fone:** (67) 3562-3359 – (67) 99933-6115

**E-mail:** [willian.santos@brennandenergia.com.br](mailto:willian.santos@brennandenergia.com.br)

##### 3.2.4 Operação Remota

**Operação de Usina:** COG – CUIABÁ.

**Fone:** (65) 3616-7408.

**E-mail:** [cog@brennandenergia.com.br](mailto:cog@brennandenergia.com.br)

## **4 IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO**

### **4.1 Identificação do Responsável Técnico**

#### **4.1.1 Empresa Executora**

PROSENGE Projetos e Engenharia Ltda – ME – CNPJ 21.082.963/0001-51

Endereço Escritório: Rua Lauro Linhares 2123 sala 207 Bloco A – Trindade Shopping

Florianópolis – SC – Cep: 88036-003

Telefone (48) 3307-1187 ou 98407-2613

[www.prosenge.com](http://www.prosenge.com)

#### **4.1.2 Responsável Técnico**

Engenheiro Civil Henrique Yabrudi Vieira

Email: [henrique@prosenge.com](mailto:henrique@prosenge.com)

CREA SC 057323-9

ART 6929334-9

## 5 INSPEÇÃO CIVIL

### 5.1 Acessos e Área Resguardada

#### 5.1.1 Acessos

De modo geral os acessos podem ser considerados em boas condições com apenas alguns pontos que necessitam manutenção como alguns pontos de areal, que já está na previsão de recuperação. Ao longo da estrada estão implantadas algumas placas indicativas da localização da usina. Na Figura 4 pode-se observar placa indicativa do acesso as usinas no rio Jauru.



Figura 4 – Placa indicativa da entrada da usina

#### 5.1.2 Área Resguardada

Tem-se por área resguardada aquela no entorno das instalações e os acessos internos do empreendimento. É a área de isolamento das estruturas onde o acesso deve ser restrito.

Na usina de Planalto a área resguardada está bem delimitada com monitoramento de segurança 24 horas, cercas, portões e cadeados para o acesso a todas as estruturas. Os acessos internos estão em boas condições com sinalização adequada como pode ser observado na Figura 5.

Na área do reservatório não ocorre nenhuma outra atividade sendo todo o perímetro na área de APP cercada e com diversos pontos de vegetação densa. Na Figura 6 podemos ver a condição geral das matas nas margens do reservatório e da APP.

No reservatório não foram identificadas boias sinalizadoras para segurança dos navegantes no rio. As boias sinalizadoras demarcam o perímetro de segurança nas proximidades do Vertedouro. Estas boias sinalizadoras devem seguir as instruções descritas nas Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (NORMAM-17/DHN 2008), capítulo 3 - seção IV que exige a obrigatoriedade de demarcação do perímetro de segurança nas proximidades de vertedouros. As instruções estão no Anexo I.



Figura 5 – Portaria de entrada da PCH Planalto



Figura 6 – Barragem e Reservatório da PCH Planalto com APP bem definida

## 5.2 Barragem, Vertedouro e Desvio do Rio

### 5.2.1 Barragem MD e ME

De maneira geral a barragem em ambas as margens se encontra em boas condições sem sinais de patologias que comprometam a estrutura. Na Figura 7 e na Figura 8 pode-se observar o talude de jusante da barragem com proteção vegetal adequada, crista com forro adequado, drenagens e instrumentação em boas condições de manutenção.

A instrumentação da margem direita é composta de piezômetros, medidores de vazão e marcos superficiais estando todos operando e em boas condições de manutenção. No medidor 1 ocorre o fluxo de uma pequena quantidade de água como pode-se observar na Figura 9 e no medidor de vazão 2 não ocorre a presença de água, estando este seco como pode ser visto na Figura 10, indicando boas condições de impermeabilização do aterro e da fundação da barragem.

Na Figura 11 se observa a barragem margem esquerda em primeiro plano podendo-se observar os diversos piezômetros para o monitoramento da estrutura.



Figura 7 – Vista da barragem MD com crista e proteção vegetal em boas condições de manutenção



Figura 8 – Vista do talude de jusante da barragem com destaque aos medidores de vazão





Figura 9 – Pequena quantidade de água no medidor 1



Figura 10 – Vista do talude de jusante da barragem e do medidor de vazão 2 sem água



Figura 11 – Barragem margem esquerda com diversos piezômetros

### 5.2.2 Vertedouro

O vertedouro da PCH Planalto é composto de soleira vertente e dissipação em degraus com laje de proteção no pé da estrutura. A Figura 12 apresenta a vista geral do vertedouro.

Mais próximo a tomada de água a crista apresenta um rebaixo de 25 cm por 6,50 m de comprimento que possibilita o escoamento da vazão sanitária para o trecho entre a barragem e a casa de força. Esse rebaixo pode ser visto em detalhe na Figura 13.



Figura 12 – Vista geral do Vertedouro, Desvio do rio e tomada de água



Figura 13 – Vista do primeiro trecho do vertedouro

As estruturas do vertedouro se encontram em boas condições de manutenção. Não se observam patologias nas estruturas de concreto nem deslocamentos de blocos de rocha criando vazios embaixo das estruturas. A Figura 14 apresenta a vista de montante das estruturas do barramento. Na imagem pode-se observar as boas condições do enrocamento de proteção de montante em ambas as margens.



Figura 14 – Vista da calha de concreto do segundo trecho do vertedouro

### 5.2.3 Desvio do Rio

A estrutura de desvio na PCH Planalto é composta por dois vãos ao lado do vertedouro. O primeiro vão foi tamponado após o enchimento do reservatório como pode ser visto na Figura 15. No segundo vão o fechamento da comporta vagão é com sistema hidráulico.



Figura 15 – Galeria de desvio com um dos vãos tamponado

A Figura 16 mostra o sistema de acionamento da comporta na crista da estrutura de desvio, ao lado da tomada de água. Caso necessário a comporta pode trabalhar como descarregador de fundo e realizar o rebaixamento do reservatório da PCH Planalto.



Figura 16 – Sistema de acionamento da comporta de desvio

### 5.3 Circuito de Adução

#### 5.3.1 Tomada de Água

A estrutura da tomada de água está construída em concreto na lateral esquerda da a estrutura de desvio da PCH Planalto. A estrutura possui uma comporta tipo vagão para o fechamento da adução em caso de necessidade de manutenção nos condutos ou chaminé de equilíbrio. O sistema de acionamento da comporta é hidráulico sendo que as unidades hidráulicas tanto da comporta da tomada de água como da comporta do desvio do rio se encontram abrigadas na estrutura de alvenaria construída no piso da crista da estrutura a jusante do eixo da barragem, que pode ser vista na Figura 12 anterior. A régua de monitoramento do nível de água no reservatório está implantada no muro lateral de encosto da barragem ME, como indicado na Figura 17 abaixo.



Figura 17 – Vista da estrutura da tomada de água na lateral esquerda

Na Figura 18 pode-se observar as estruturas da margem esquerda onde aparece o pórtico da tomada de água, que não possui equipamentos, e a estrutura de alvenaria onde estão as unidades hidráulicas de movimentação das comportas de desvio e da tomada de água.



Figura 18 – Pórtico da tomada de água e sistema hidráulico de movimentação das comportas

### 5.3.2 Conduitos Forçados e Chaminé de Equilíbrio

O primeiro trecho de conduto de adução em baixa pressão entre a tomada de água e a chaminé de equilíbrio é enterrado não sendo possível a vistoria.

A chaminé de equilíbrio executada em concreto armado está em boas condições de manutenção.

Na Figura 19 pode-se observar uma vista geral da estrutura da chaminé de equilíbrio. A Figura 20 mostra a parte interna da estrutura onde se observa as boas condições do concreto.



Figura 19 – Vista de Geral dos Conduitos Forçados



Figura 20 – Conduitos forçados a montante da casa de força e taludes de escavação

O segundo trecho de conduto forçado, entre a chaminé de equilíbrio e o bloco de ancoragem próximo a casa de força também está enterrado, não possibilitando a inspeção.

O trecho final do conduto forçado, na descida para a casa de força, foi executado em aço e está completamente exposto desde o bloco de ancoragem até o nível do pátio da casa de força. Nesse trecho o conduto e os blocos de apoio estão em boas condições sem sinais de problemas nas estruturas. A Figura 21 apresenta o conduto forçado no trecho final, em aço e exposto. A Figura 22 apresenta o conduto com destaque aos blocos de apoio no trecho de descida do conduto.



Figura 21 – Conduto Forçado trecho exposto



Figura 22 – Conduto Forçado e blocos de ancoragem

## 5.4 Casa de Força, Canal de Fuga e Subestação

### 5.4.1 Casa de Força

A casa de força do tipo abrigada se encontra em ótimas condições. A Figura 23 apresenta vista geral do local de implantação da casa de força. Na mesma imagem pode-se observar o trecho

final do conduto forçado, a proteção da escavação em concreto projetado, a subestação e o canal de fuga da PCH Planalto.



Figura 23 – Vista geral da casa de força

A Figura 24 apresenta o interior da casa de força no piso das unidades geradoras. O modelo de turbina utilizado, tipo Francis simples horizontal, possibilita que no mesmo piso sejam implantados as turbinas, os geradores e os equipamentos mecânicos.



Figura 24 – Interior da casa de força no piso das unidades



Na Figura 25 pode-se observar a laje dos painéis elétricos que se encontra no mesmo nível da área de montagem. Ao fundo está uma das portas de acesso para a sala de comando. A Figura 26 apresenta a estrutura metálica das vigas da ponte rolante e da cobertura da casa de força.



Figura 25 – Laje de painéis elétricos e da sala de comando

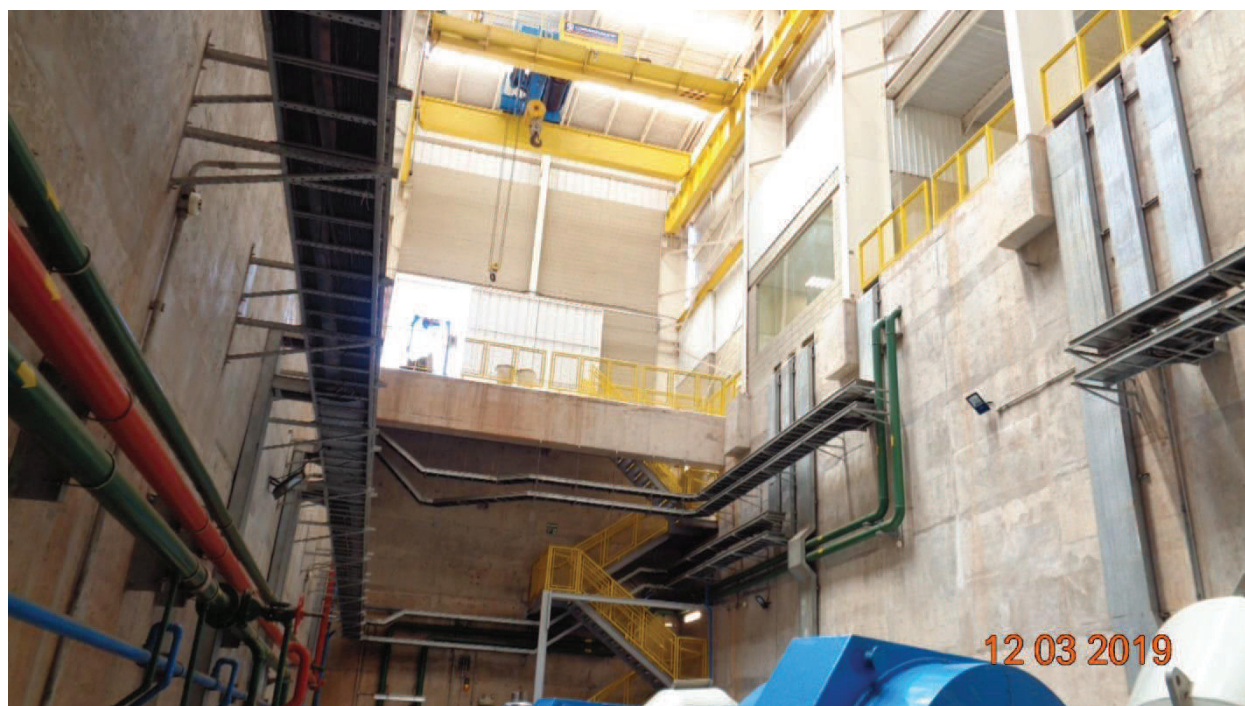


Figura 26 – Ponte Rolante, cobertura da casa de força e sala de comando à direita

Na Figura 27 pode-se observar novamente o piso das unidades geradoras com a parede de montante do lado esquerdo da foto. Na mesma imagem se observa a escada de acesso ao piso dos equipamentos.

Não foram observados pontos de infiltração nas as estruturas da casa de força da PCH Planalto. Os pequenos pontos de carbonatação observados estão todos sem umidade presente.



Figura 27 – Unidades geradoras e parede de jusante

A Figura 28 apresenta os painéis de controle dos equipamentos na sala de comando da usina e a Figura 29 apresenta a área de montagem com a ponte rolante logo acima e uma vista geral da superestrutura metálica e cobertura da casa de força.



Figura 28 – Painéis de controle na Sala de comando



Figura 29 – Área de montagem, ponte rolante e estrutura metálica da casa de força

A Figura 30 apresenta as condições gerais do pátio externo a montante da casa de força, em boas condições de manutenção. Não se observa problemas na estrutura de proteção da escavação, executada em concreto projetado. As canaletas de drenagem das bermas estão limpas e em boas condições. A manutenção dessa região do empreendimento deve ser constante com o preenchimento imediato das trincas evitando a percolação de material criando vazios na camada de projetado. Esse procedimento tem sido realizado pela equipe de manutenção da usina.



Figura 30 – Pátio externo a montante da casa de força

#### 5.4.2 Canal de Fuga

O canal se encontra em boas condições sem sinais de escorregamentos ou de materiais depositados na saída do canal como pode-se observar na Figura 31.



Figura 31 – Pântano de jusante da casa de força, canal de fuga e subestação ao fundo

Na Figura 32 está destacado ponto de erosão na margem oposta à do canal de fuga. Essa erosão é devido a baixa capacidade de suporte do material da margem direita onde o fluxo do canal de fuga resultou no carreamento do material. A equipe de manutenção está realizando os trabalhos de contenção da erosão no local.



Figura 32 – Vista do canal de fuga da PCH Planalto

### 5.4.3 Subestação

A subestação se localiza na lateral esquerda da casa de força em um aterro executado em elevação superior ao do pátio da casa de força. O pátio da subestação se encontra em boas condições com as cercas integras e o forro de brita do pátio nos locais adequados com demonstra a Figura 33.



Figura 33 – Subestação em boas condições

## 6 RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

Durante esta vistoria de reconhecimento pode-se observar que a Usina se apresenta em ótimas condições de manutenção, conservação e operação.

Conforme as recomendações da Resolução 696 de 15/12/2015 da ANEEL ao diagnóstico dos níveis de segurança das estruturas deve ser classificado da seguinte maneira:

- a) **3 – Normal**: quando não houver anomalias ou as que existirem não comprometerem a segurança da barragem, mas que devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;
- b) **2 – Atenção**: quando as anomalias não comprometerem a segurança da barragem no curto prazo, mas exigirem monitoramento, controle ou reparo ao decurso do tempo;
- c) **1 – Alerta**: quando as anomalias representem risco à segurança da barragem, exigindo providências para manutenção das condições de segurança; e
- d) **0 – Emergência**: quando as anomalias representem risco de ruptura iminente, exigindo providências para prevenção e mitigação de danos humanos e materiais.

Segue abaixo um resumo das recomendações para manutenção e conservação. Nestas recomendações são indicados a grau de prioridade para atividade relacionada.

| Local                 | Descrição  | Recomendação  | GP       |
|-----------------------|--|---|----------|
| Acessos               | Em boas condições  | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Área Resguardada      | Falta de boias sinalização do vertedouro no reservatório | Instalação boias sinalizadoras de acordo com Norman                                   | <b>3</b> |
| Barragem ME e MD      | Em boas condições parte externa                          | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Vertedouro            | Boas condições   | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Desvio do Rio         | Em boas condições  | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Tomada de Água        | Em boas condições  | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Conduto Forçado       | Em boas condições  | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Chaminé de Equilíbrio | Em boas condições  | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Casa de Força         | Boas condições   | Sem pendências  | <b>3</b> |
| Canal de Fuga         | Em boas condições  | Sem pendências  | <b>3</b> |
|                       | Margem oposta ao canal de Fuga                           | Erosão da margem devido ao fluxo, está em andamento os trabalhos de proteção no local | <b>2</b> |
| Subestação            | Em boas condições  | Sem pendências  | <b>3</b> |

GP – Grau de prioridade: **0 - Emergência**, **1 - Alerta**, **2 - Atenção** e **3 - Normal**

**Com base na vistoria civil pode-se concluir que as estruturas da PCH Planalto, incluindo a barragem e o vertedouro, se encontram em boas condições de manutenção e operação.**

---

PROSENGE Projetos e Engenharia Ltda – ME  
Engenheiro Civil Henrique Yabrudi Vieira  
Sócio e Responsável Técnico

**ANEXO I – Norman 17 Capítulo 3 Seção IV – Balizamentos Especiais Destinados à  
Demarcação de Perímetro de Segurança nas Proximidades de Usinas Hidroelétricas**

**SEÇÃO IV**  
**BALIZAMENTOS ESPECIAIS DESTINADOS À DEMARCAÇÃO**  
**DE PERÍMETRO DE SEGURANÇA,**  
**NAS PROXIMIDADES DE USINAS HIDROELÉTRICAS.**

**0330 - DEFINIÇÃO**

São balizamentos, cegos ou luminosos, estabelecidos nos lagos formados por usinas hidroelétricas com o propósito de delimitar os locais próximos aos vertedouros, restritos à navegação, visando a proteção das instalações hidroelétricas e a salvaguarda da vida humana.

**0331 – TIPOS DE SINAIS NÁUTICOS EMPREGADOS**

Nas áreas próximas aos vertedouros das hidroelétricas é recomendado o uso de cordões de bóias, unidas entre si por cabo de material resistente, com espaçamento adequado, indicando ao navegante a área a ser evitada.

As bóias não são padronizadas, mas devem apresentar cor amarela e dimensões adequadas à sua visualização pelo navegante.

O estabelecimento desse cordão deve guardar uma distância segura do vertedouro, que leve em consideração a velocidade da correnteza no local.

**0332 – CONDIÇÕES PARA AUTORIZAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE BALIZAMENTOS ESPECIAIS DESTINADOS À DEMARCAÇÃO DE PERÍMETRO DE SEGURANÇA, NAS PROXIMIDADES DE USINAS HIDROELÉTRICAS**

A DHN, acolhendo proposta do agente da Autoridade Marítima e ouvido o seu Conselho Técnico, poderá autorizar o estabelecimento desse tipo de balizamento especial.

**0333 – ÍNDICE DE EFICÁCIA**

Esses balizamentos especiais não serão avaliados pelo “Índice de Eficácia.”

**0334 – FISCALIZAÇÃO DOS BALIZAMENTOS ESPECIAIS DESTINADOS À DEMARCAÇÃO DE PERÍMETRO DE SEGURANÇA, NAS PROXIMIDADES DE USINAS HIDROELÉTRICAS**

Embora não avaliados pelo “Índice de Eficácia” esses balizamentos estão sujeitos à Inspeção Naval periódica pelo agente da Autoridade Marítima, CAMR e/ou SSN, para avaliação de suas condições de operação e de manutenção.



Se, por ocasião das Inspeções Navais, for constatada a inobservância das condições previstas na proposta de implantação do balizamento, aprovada pela DHN, o agente da Autoridade Marítima compelirá, na forma da lei, o responsável a sanar as discrepâncias sob pena de aplicação das penalidades previstas no Capítulo V da Lei 9.537/97 (LESTA).

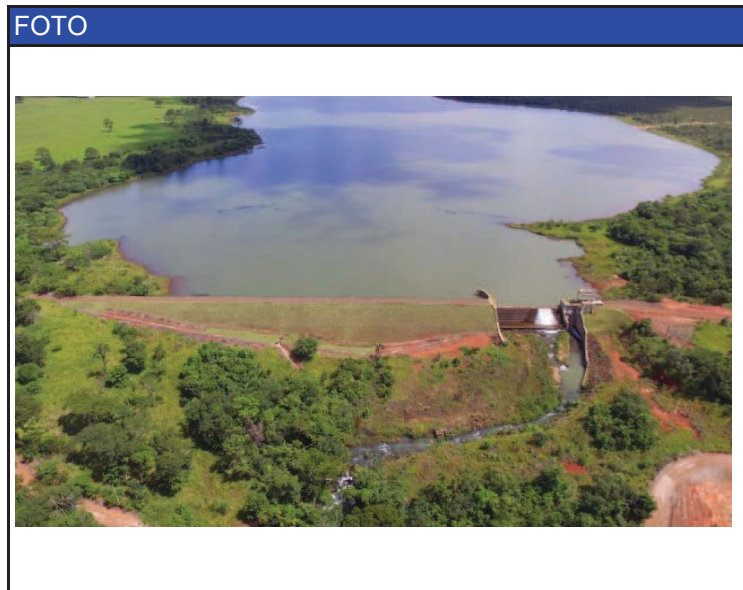
**0335 – REPRESENTAÇÃO DOS BALIZAMENTOS ESPECIAIS DESTINADOS À DEMARCAÇÃO DE PERÍMETRO DE SEGURANÇA, NAS PROXIMIDADES DE USINAS HIDROELÉTRICAS, EM DOCUMENTOS NÁUTICOS.**

Esses balizamentos serão representados em Documentos Náuticos quando o lago, formado pela usina hidroelétrica, for parte ou tramo de uma hidrovia.

Na Carta ou Folha de Navegação e demais Documentos Náuticos destinados à utilização da hidrovia, constará “Nota de Precaução” com a seguinte informação:

*“Existência de Balizamento Especial composto por \_\_\_\_\_,  
(descrição dos sinais: bóias cegas ou  
luminosas, balizas, etc.)  
destinado à demarcação do perímetro de segurança da \_\_\_\_\_.  
(nome da represa, barragem, etc.)  
Eventuais alterações não serão divulgadas em Avisos aos Navegantes.  
A ultrapassagem do alinhamento formado por esses sinais representa risco  
de vida para o navegante.”*

## FICHA TECNICA



| IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| Nome:                         | PCH Planalto              |
| Municípios:                   | Aporé-GO e Cassilândia-MS |
| Proprietário:                 | Planalto Energética S.A.  |

| DATAS                 |        |
|-----------------------|--------|
| Conclusão Barramento: | mar/09 |
| Início Operação:      | jul/09 |
| Manutenção Barragem:  | -----  |

| BACIA HIDROGRÁFICA |                |
|--------------------|----------------|
| Curso d'Água:      | Rio Aporé      |
| Bacia (ANEEL):     | Paraná - 6     |
| Sub-Bacia (ANEEL): | Paranaíba - 61 |

| RESERVATÓRIO                         |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| Área NA Normal - (km <sup>2</sup> ): | 2,31              |
| Volume NA Normal (hm <sup>3</sup> ): | 5,89              |
| Níveis de Água (m):                  | Máx. Max.: 640,40 |
|                                      | Normal: 638,00    |
|                                      | Mínimo: 637,00    |

| BARRAGEM                |                    |
|-------------------------|--------------------|
| Tipo:                   | Homogênea em Terra |
| Comprimento (m):        | 218,00             |
| Altura Máxima (m):      | 13,00              |
| Largura Crista (m):     | 6,00               |
| Elevação da Crista (m): | 641,00             |
| Fundação:               | Basalto            |

| CASCATA         |                    |
|-----------------|--------------------|
| Usina Montante: | CGH Aporé-Operação |
| Usina Jusante:  | -                  |

| ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOIRO |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Tipo:                            | Soleira Livre         |
| Comprimento (m):                 | 35,50                 |
| Capacidade (m <sup>3</sup> /s):  | 268,00 TR=10.000 anos |
| Elevação da Crista (m):          | 638,00                |
| Fundação:                        | Basalto               |

| TOMADA D'ÁGUA    |                   |
|------------------|-------------------|
| Tipo:            | Gravidade         |
| Comprimento (m): | 13,07             |
| Comportas        | Número: 1         |
|                  | Altura (m): 2,90  |
|                  | Largura (m): 4,00 |

| ADUÇÃO           |                              |
|------------------|------------------------------|
| Tipo:            | Conduto Baixa Pressão - PRFV |
| Comprimento (m): | 1829,00                      |
| Diâmetro (m)     | 3,00 a 2,90 m                |
| Fundação:        | Basalto                      |

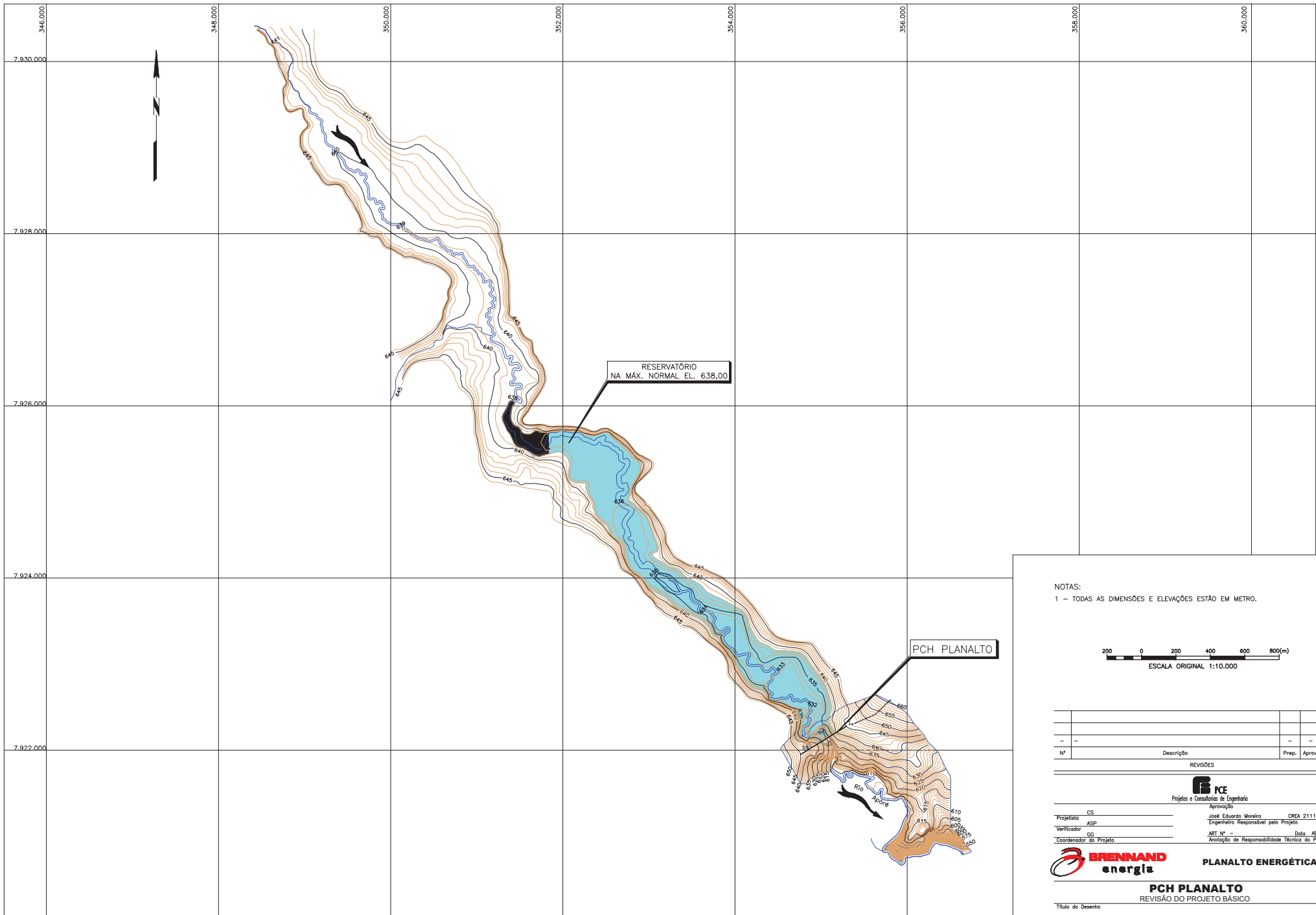
| CHAMINÉ       |         |
|---------------|---------|
| Altura (m):   | 19,20   |
| Diâmetro (m): | 17,00   |
| Fundação      | Basalto |

| CONDUTOS FORÇADO |                             |
|------------------|-----------------------------|
| Unidades:        | 1 (Trecho 1) 2 (Bifurcação) |
| Diâmetro (m):    | 3,00 1,74                   |
| Comprimento (m): | 114,00                      |

| CASA DE FORÇA                     |                      |
|-----------------------------------|----------------------|
| Tipo:                             | Abrigada             |
| Potência Instalada (MW)           | 17,00                |
| Unidades Geradoras:               | 2 Francis Horizontal |
| Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s): | 20,36                |
| Queda Bruta (m)                   | 96,39                |
| Nível de água jusante (m):        | Máx. Max.: 542,00    |
|                                   | Normal: 541,61       |
|                                   | Mínimo: 541,49       |

| TURBINA                           |                |
|-----------------------------------|----------------|
| Potência Nominal [MW]             | 8,5 Unitária   |
| Vazão Nominal [m <sup>3</sup> /s] | 10,18 Unitária |

| GERADOR               |               |
|-----------------------|---------------|
| Potência Nominal [MW] | 9,17 Unitária |
| Tensão Nominal [kV]   | 13,8          |
| Rotação Nominal [rpm] | 600           |
| Fator de Potência     | 0,90          |



NOTAS:  
1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO.



| Nº | Descrição | Prep. | Aprov. | Data |
|----|-----------|-------|--------|------|
| -  | -         | -     | -      | -    |



Projeto e Consultoria de Engenharia

Aprovação: José Eduardo Moreira CREA 21112/D-5ª Reg.  
 Engenheiro Responsável pelo Projeto  
 Verificador: CC  
 Análise de Responsabilidade Técnica do Projeto  
 Coordenador de Projeto: Dado ABR/07



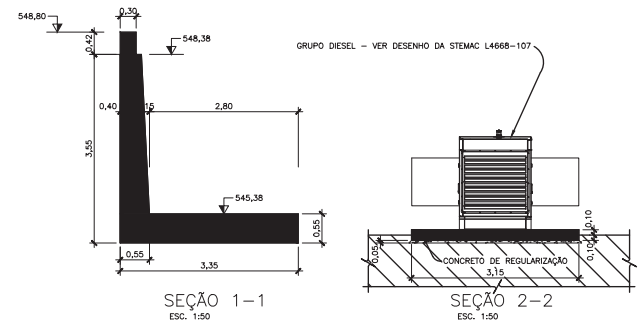
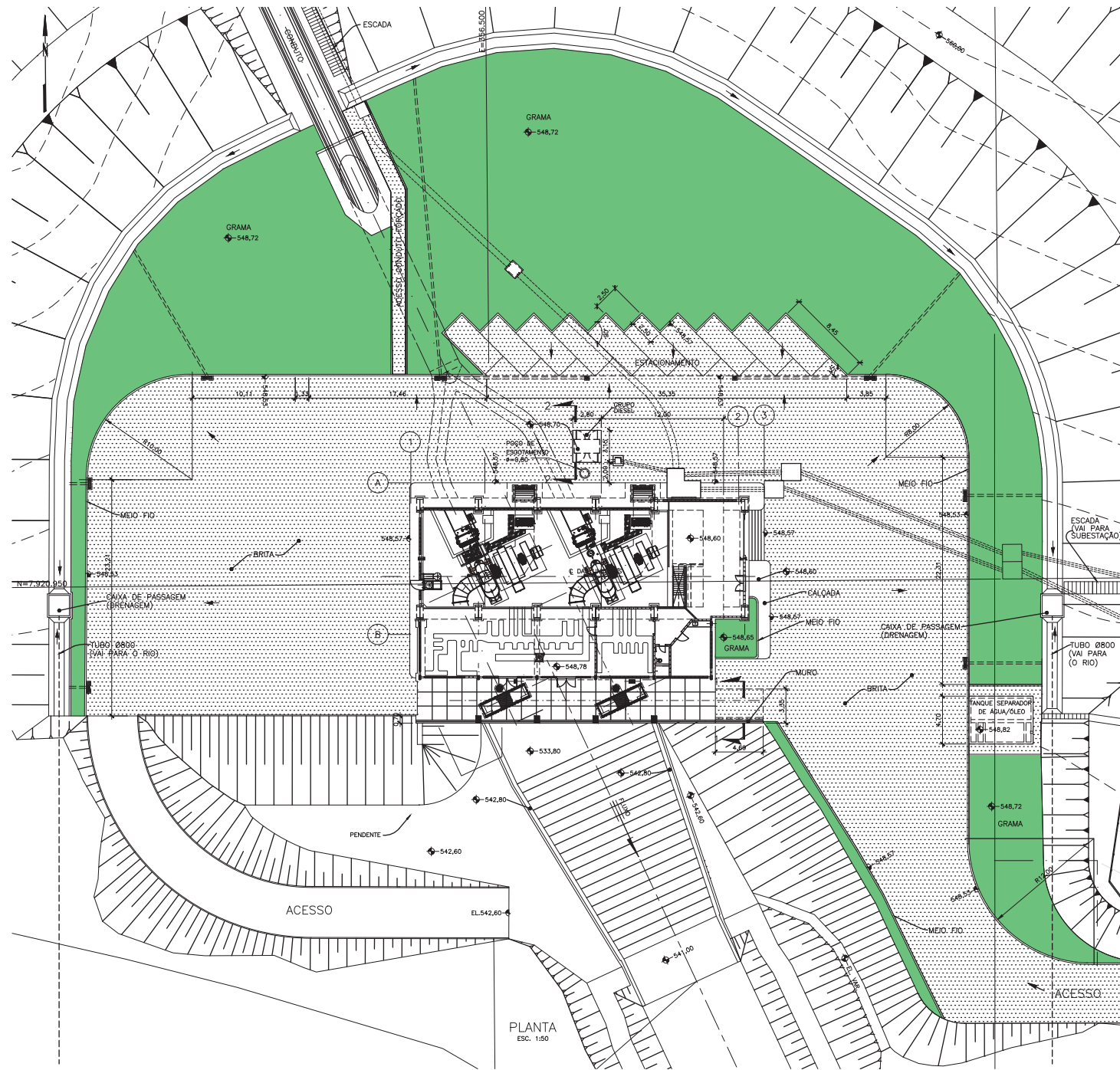
PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

**PCH PLANALTO**  
REVISÃO DO PROJETO BÁSICO

Título do Desenho

RESERVATÓRIO  
PLANTA

| Esca     | Folh | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|------|------------------------|---------|
| 1:10.000 | -    | PJ0631-B-R00-RV-DE-001 | 1A      |



COMO CONSTRUÍDO

LEGENDA:

- GRAMA
- BRITA (PÓ DE PEDRA)

NOTAS:

- 1-TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.
- 2 - PARA ELETRODUTOS EMBUTIDOS DE INTERLIGAÇÃO ENTRE CASA DE FORÇA, SUBESTAÇÃO E TOMADA DÁGUA VER DES. PJO620-E-L56-GR-DE-001.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

- PJO631-E-E00-CF-DE-003 - CASA DE FORÇA E ÁREA DE MONTAGEM-ARRANJO GERAL - PLANTA C-C PLANTA EL.548,78
- PJO631-E-E01-CF-DE-024 - CONCRETO DE 2º ESTAGIO - EL. 548,78 ACABAMENTO
- PJO631-E-G07-CF-DE-001 - CASA DE FORÇA - REATERRO - PLANTA
- PJO631-E-H61-CF-DE-001 - ÁREA DA CASA DE FORÇA - DRENAGEM - PLANTA
- PJO631-E-G07-CA-DE-002 - CANAL DE FUGA - REATERRO E PROTEÇÃO DE TALUDES - PLANTA
- PJO631-E-M65-SE-DE-001 - SUBESTAÇÃO - SISTEMAS AUXILIARES MECANICOS SISTEMA SEPARADOR DE ÁGUA E ÓLEO ISOLANTE
- PJO631-E-E01-CO-DE-006 - CONDUITO FORÇADO - LAJE DE FUNDAÇÃO - PLANTA E CORTE FORMA

| Nº  | Descrição  | Prep. | Aprov. | Data                      |
|-----|--|-------|--------|---------------------------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO  |       |        | M.D.S.M.C.A.C.M. 24/08/09 |
| 0   | APROVADO PARA CONSTRUÇÃO SEGUNDO MEMORANDO G5-PL-GD-0089 |       |        | S.D.S. A.C.L. 06/02/09    |
| 08  | ONDE INDICADO  |       |        | S.D.S. A.C.L. 30/01/09    |
| 0A  | EMISSÃO INICIAL  |       |        | S.D.S. A.C.L. 22/01/09    |

**REVISÕES**

**PCE**  
Projetos e Consultorias de Engenharia

Aprovação

S.D.S. \_\_\_\_\_ José Eduardo Moreira CREA 21112/D-5ª Esp.  
 Engenheiro Responsável pelo Projeto

Projetação A.C.L. \_\_\_\_\_  
 Verificador C.A.C.M. \_\_\_\_\_  
 Coordenador do Projeto \_\_\_\_\_

Data  
 Anotação de Responsabilidade Técnica do Projeto

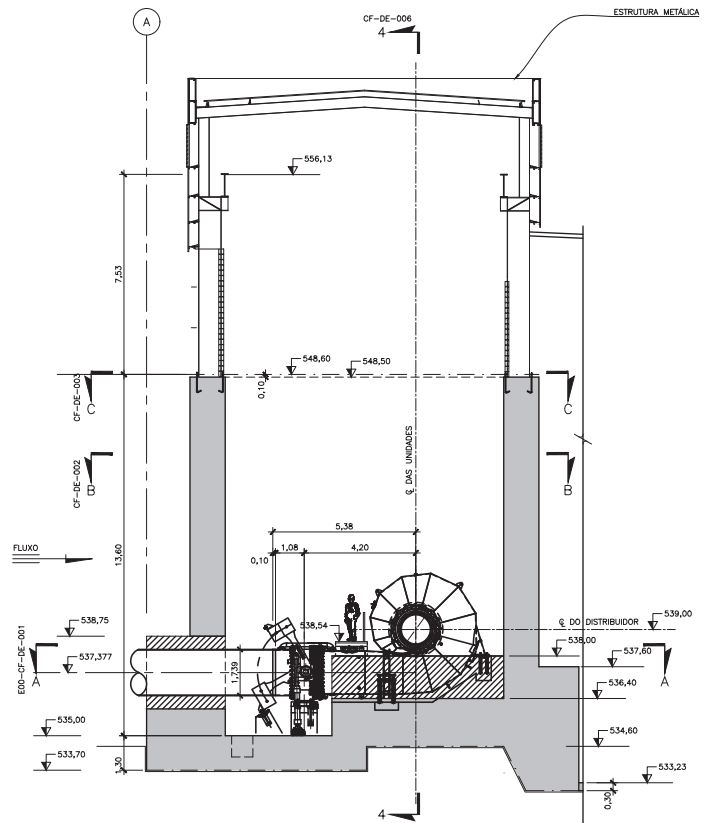
**BRENNAND energia**      **PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.**

**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO

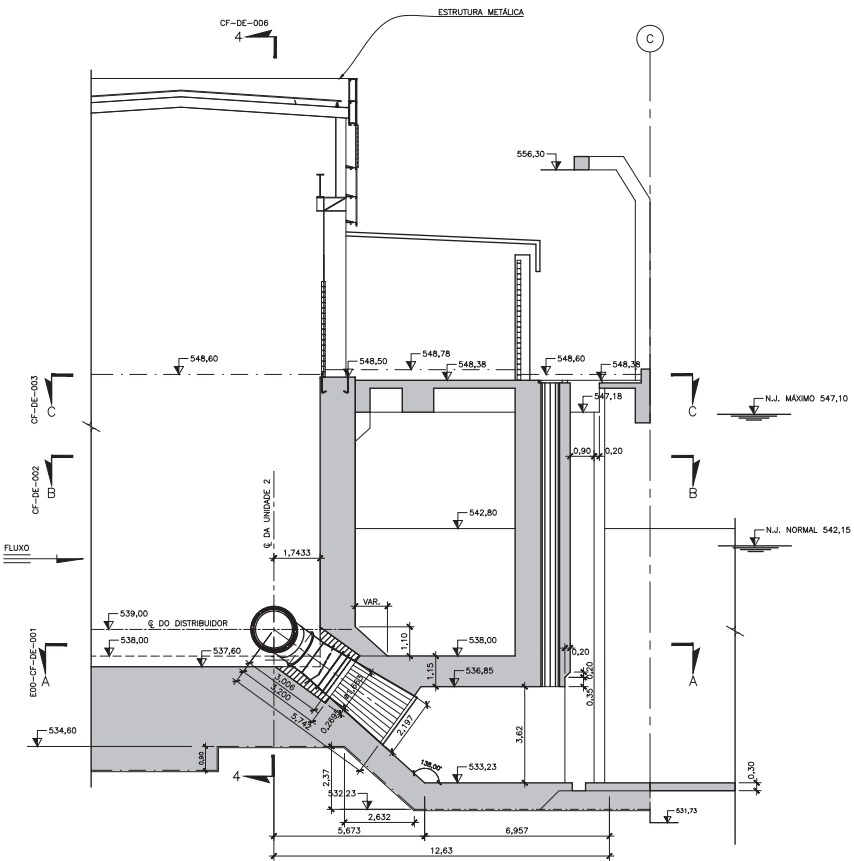
Título do Desenho: **CASA DE FORÇA E ÁREA DE MONTAGEM URBANIZAÇÃO PLANTA**

| Esca     | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA | 1/1   | PJO631-E-A01-GR-DE-001 | 100     |

DIREITOS RESERVADOS A BRENNAND ENERGIA - PROIBIDA QUALQUER REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO FORMAL.



CORTE 2-2



CORTE 3-3

COMO  
CONSTRUIDO

LEGENDA:

NOTAS:

- 1-TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRO FORMA.
- 2-PARA NOTAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIAS VER DESENHO PJO631-E-E00-CF-DE-001.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIAS:

| Nº  | Descrição  | Prep. | Aprov. | Data |
|-----|--|-------|--------|------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO  |       |        |      |
| 0   | APROVADO PARA CONSTRUÇÃO SEGUNDO MEMORANDO Nº65-PL-GD-0053 |       |        |      |
| 08  | REVISÃO GERAL  |       |        |      |
| 0A  | EMISSÃO INICIAL  |       |        |      |

REVISÕES



Projeto e Consultoria de Engenharia

| Projeto   | Verificador | Coordenador do Projeto | Aprovação                                       | Engenheiro Responsável pelo Projeto | CREA       | Data     |
|-----------|-------------|------------------------|---|-------------------------------------|------------|----------|
| C.S./S.D. | A.C.L.      | C.A.C.M.               | Jose Eduardo Moreira                            | Engenheiro Responsável pelo Projeto | 21112/D-5ª | 25/08/09 |
|           |             |                        | MT  |                                     |            |          |
|           |             |                        | Anulação de Responsabilidade Técnica do Projeto |                                     |            |          |



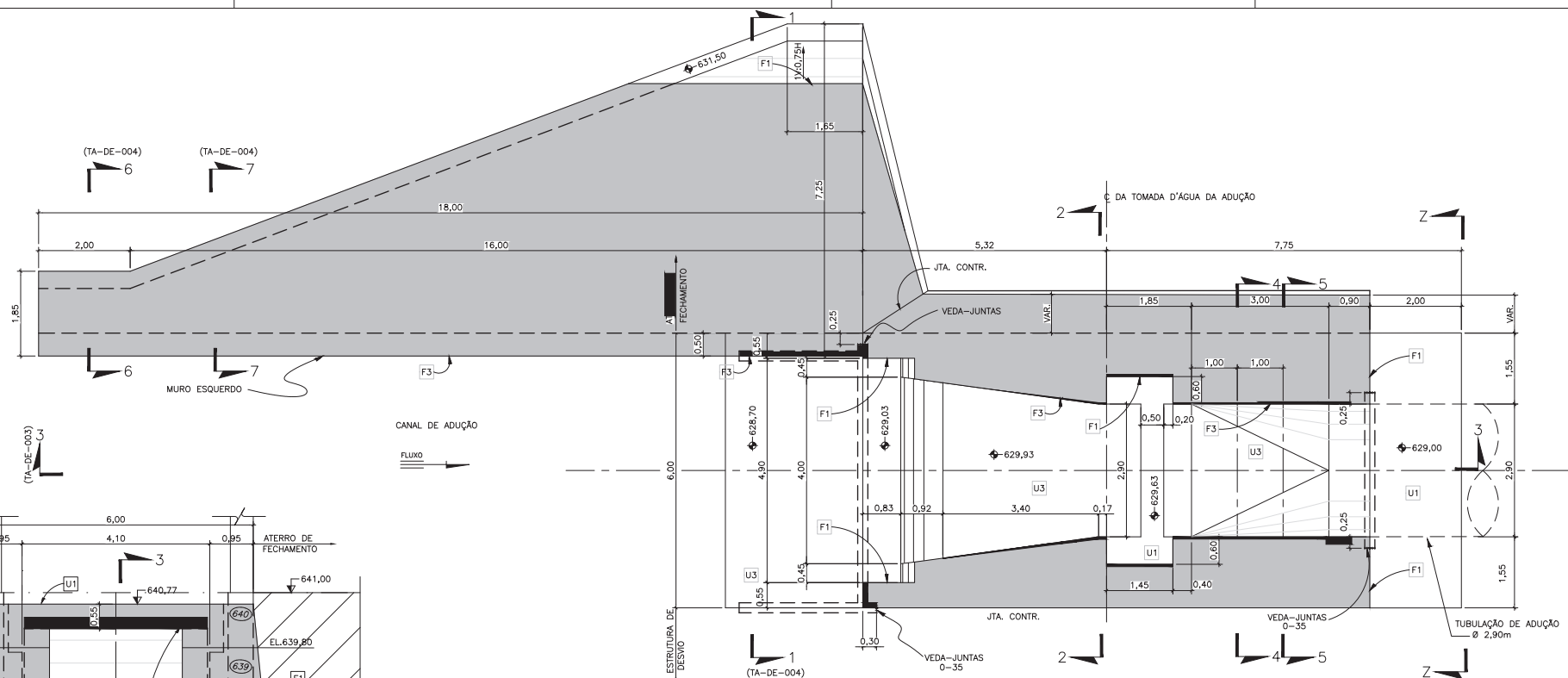
PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

PCH PLANALTO

PROJETO EXECUTIVO

Título do Desenho  
CASA DE FORÇA E ÁREA DE MONTAGEM  
ARRANJO GERAL  
CORTES 2-2 E 3-3

| Esala | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|-------|-------|------------------------|---------|
| 1:100 | 5/6   | PJO631-E-E00-CF-DE-005 | 100     |



PLANTA EL. 631,80

COMO CONSTRUÍDO

- NOTAS :
- 1 - PARA NOTAS, LEGENDA, PLANTA CHAVE E DESENHOS DE REFERÊNCIAS VER DES. PJO631-E-E01-TA-DE-001.
  - 2 - ESTA ELEVÇÃO DA FUNDAÇÃO E VARIÁVEL EM FUNÇÃO DA LIBERAÇÃO, POR PARTE DA GEOLOGIA/GEOTECNIA NO CAMPO.

| Nº  | Descrição  | Prep. | Aprov. | Data     |
|-----|--|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                                  | RNS   | NMF    | 22/06/09 |
| 0D  | ONDE INDICADO                                    | SS    | NMF    | 24/06/08 |
| 0C  | MODIFICADO MURO ESQUERDO PARA MURO DE GRAVIDADE. | SS    | NMF    | 24/04/08 |
| 0B  | ONDE INDICADO                                    | SS    | NMF    | 27/03/08 |
| 0A  | EMISSÃO INICIAL                                  | SS    | NMF    | 14/02/08 |

| PCE                                   |      |  |                      |
|---------------------------------------|------|--|----------------------|
| Projetos e Consultorias de Engenharia |      |  |                      |
| Aprovação                             |      |  |                      |
| Projeta                               | RCM  | José Eduardo Moreira                           | CREA 21112/D-5ª Reg. |
| Verificador                           | CACM | MET  | Nº _____ Data _____  |
| Coordenador do Projeto                |      | Antônio de Responsabilidade Técnica do Projeto |                      |

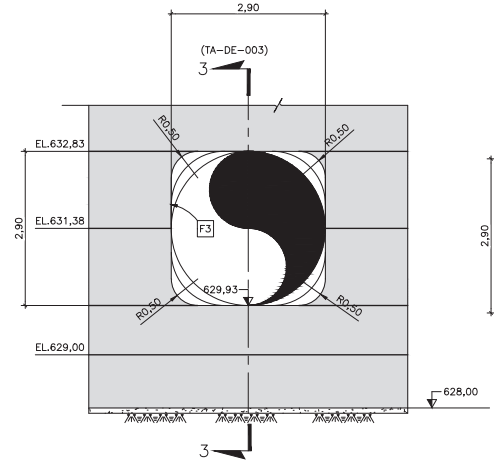


**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO

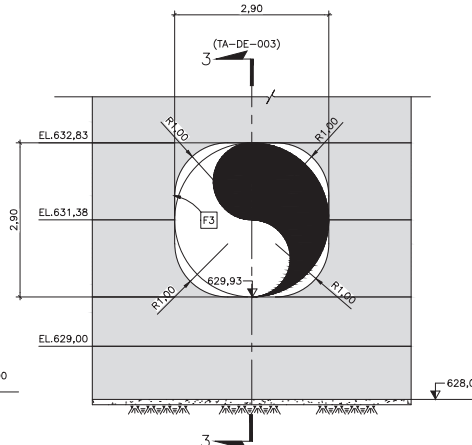
Título do Desenho: TOMADA D'ÁGUA DA ADUÇÃO E MURO  
PLANTA EL.631,38 E SEÇÕES FORMAS

| Esala | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|-------|-------|------------------------|---------|
| 1:50  | 2/4   | PJO631-E-E01-TA-DE-002 | 100     |

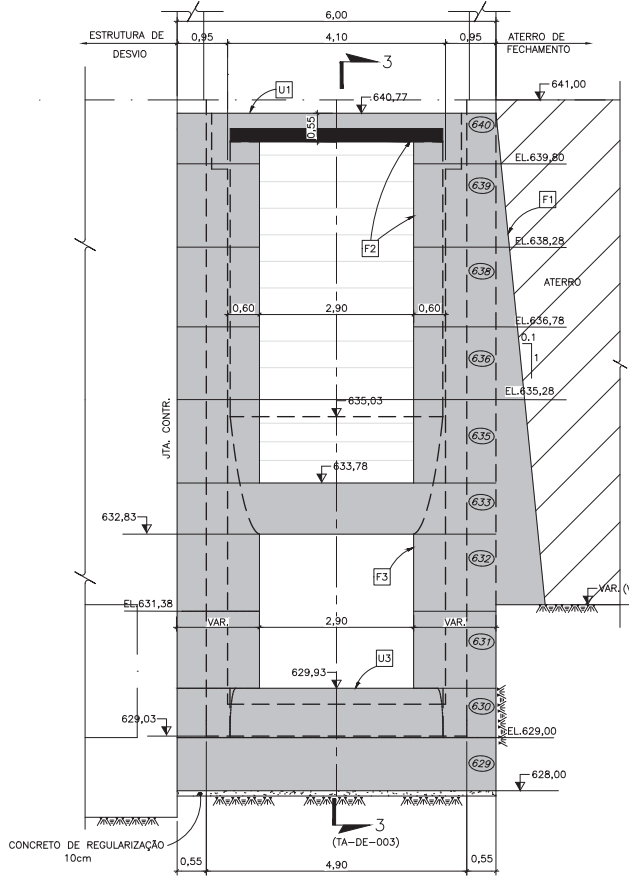
DIREITOS RESERVADOS A BRENNAND ENERGIA - PROIBIDA QUALQUER REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO FORMAL.



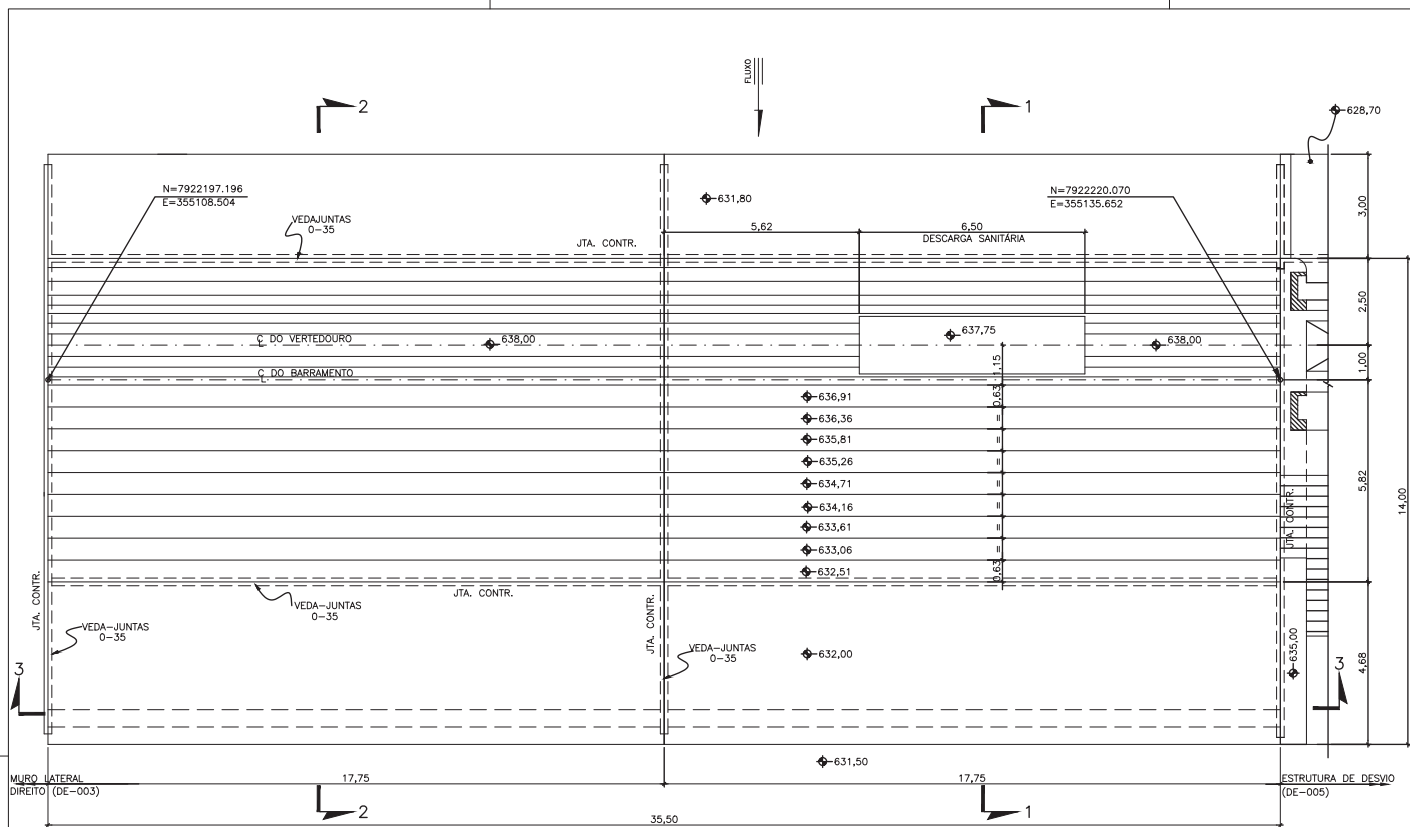
SEÇÃO 4-4



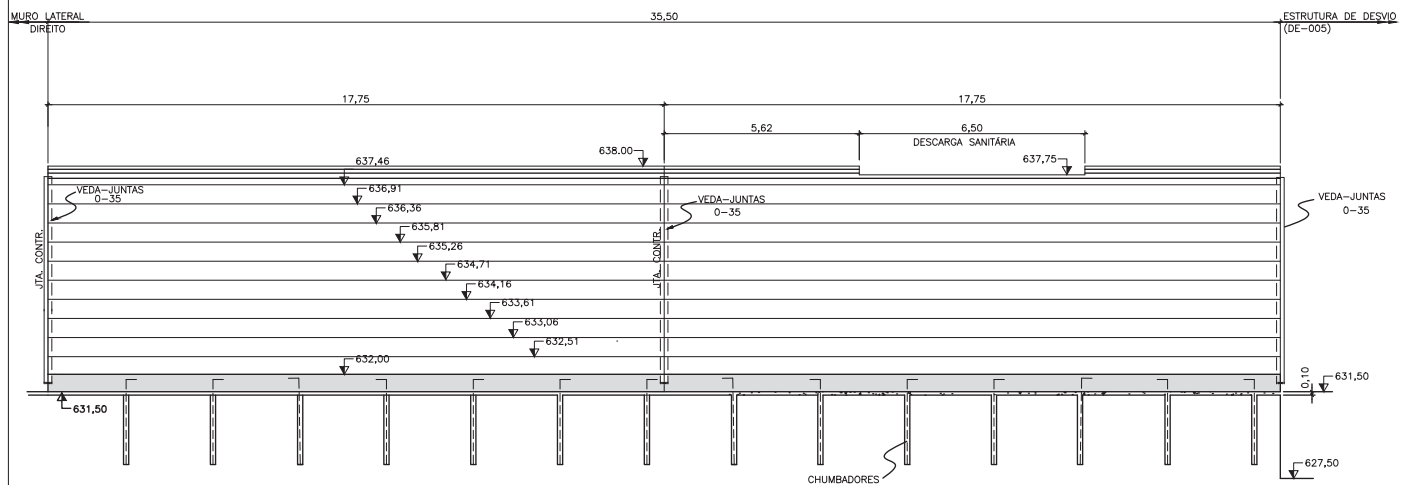
SEÇÃO 5-5



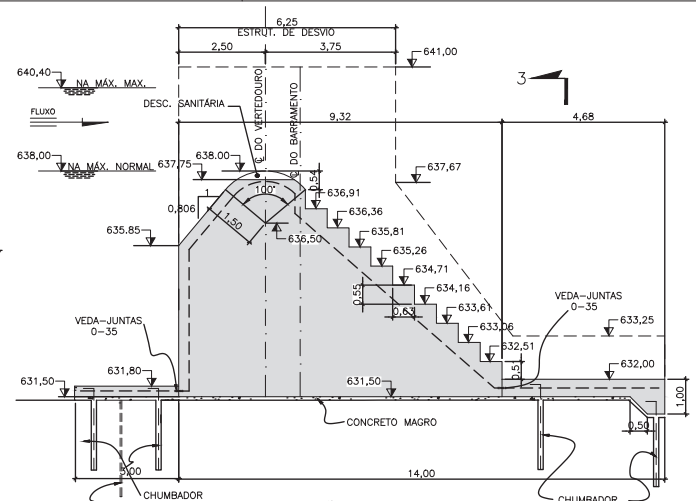
SEÇÃO 2-2



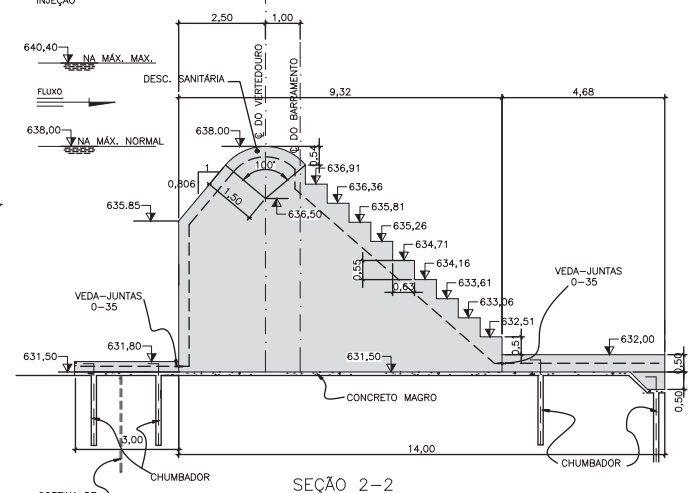
VERTEDOURO - PLANTA



SEÇÃO 3-3



SEÇÃO 1-1



SEÇÃO 2-2

ESCALA ORIGINAL 1:75

NOTAS :  
1 - PARA NOTAS E DES. DE REFERÊNCIAS VER DES. PJ0631-E-E21-AB-DE-001.

| Nº  | Descrição                                   | Prep. | Aprov. | Data     |
|-----|---|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                             |       |        | 25/08/09 |
| 08  | REVISADO SEGUNDO CARTA Nº MSE-FNT-GRD-39.07 | SS    | CACM   | 23/01/08 |
| 0A  | EMISSION INICIAL                            | SS    | CACM   | 27/09/07 |

COMO CONSTRUÍDO

**rc**  
Projetos e Consultoria de Engenharia  
Aprovação

Projeta: JTorres  
Verificador: NMF  
Coordenador do Projeto: CACM

Engenheiro Responsável pelo Projeto: José Eduardo Moreira  
Engenheiro Responsável Técnico do Projeto: ART Nº -  
Anotação de Responsabilidade Técnica do Projeto

CREA 21112/D-5ª Reg.  
Data: 27/09/07

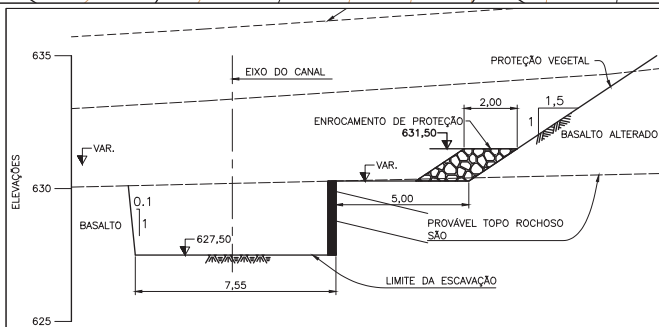
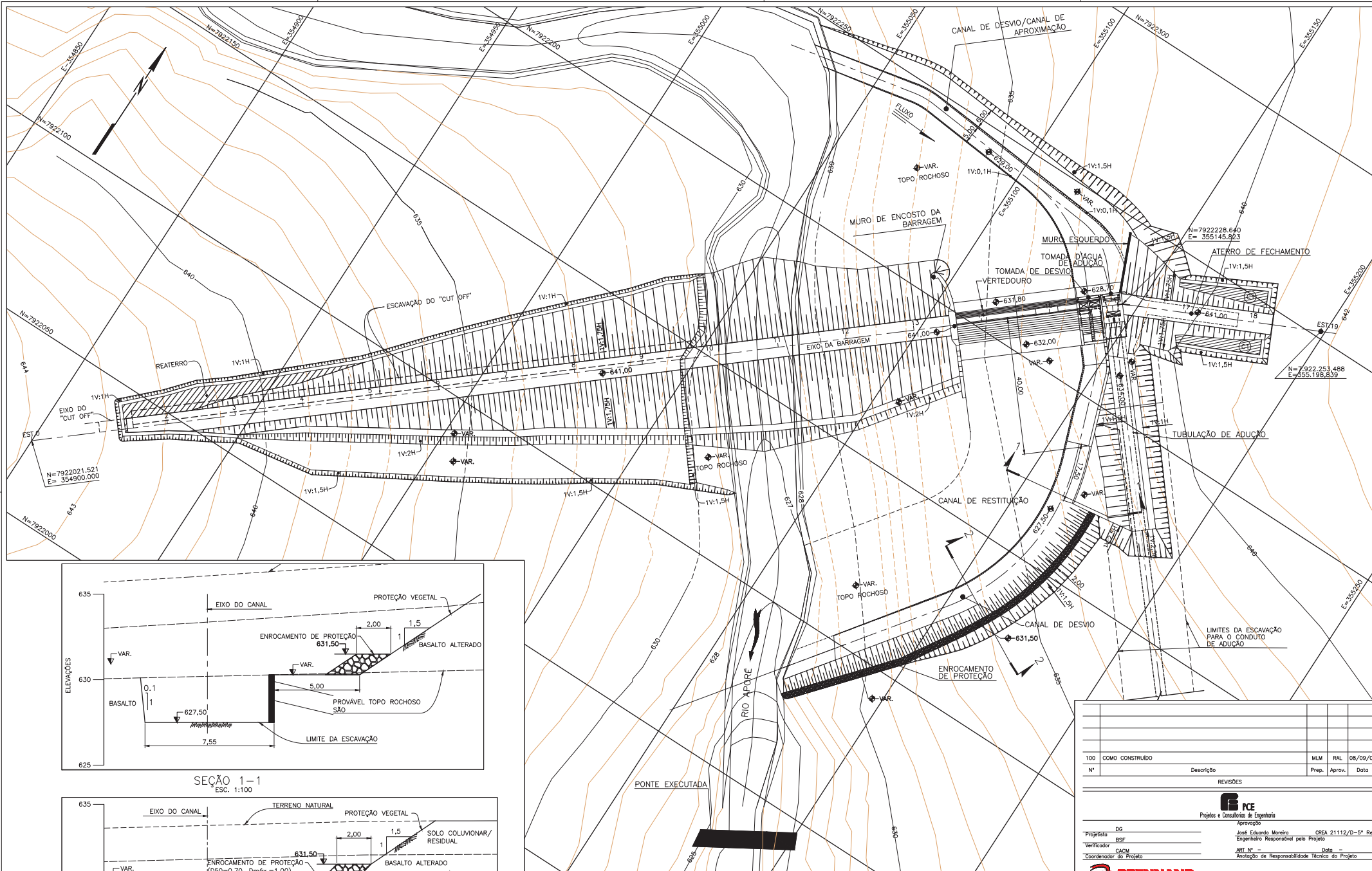
**BRENNAND energia** PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO  
VERTEDOURO  
ARRANJO  
PLANTA E SEÇÕES

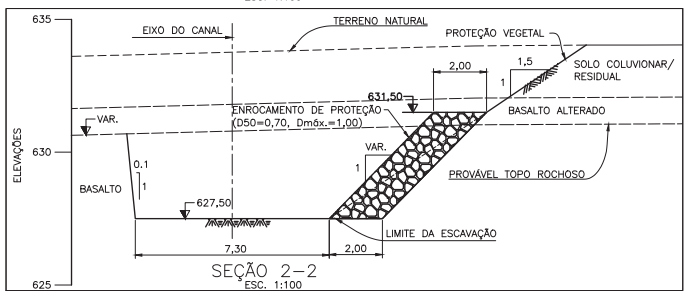
Título do Desenho

| Escola | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|--------|-------|------------------------|---------|
| 1:75   | 1/1   | PJ0631-E-E21-VT-DE-001 | 100     |

DIREITOS RESERVADOS A BRENNAND ENERGIA - PROIBIDA QUALQUER REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO FORMAL.



SEÇÃO 1-1  
ESC. 1:100



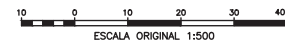
SEÇÃO 2-2  
ESC. 1:100

NOTAS:  
1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

REFERÊNCIAS:  
PL-TP-01 - BASE TOPOGRÁFICA - REFERENTE AO PROJETO BÁSICO DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.  
PJ0631-E-G00-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO - LOCAÇÃO DOS EIXOS.

PLANTA  
ESC. 1:500

COMO CONSTRUÍDO



| Nº  | Descrição       | MLM | RAL | Prep. | Aprov. | Data     |
|-----|-----------------|-----|-----|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO |     |     |       |        | 06/09/09 |

| REVISÕES |  |  |  |
|----------|--|--|--|
|          |  |  |  |

**BRENNAND energia** PROJETO EXECUTIVO

**PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.**

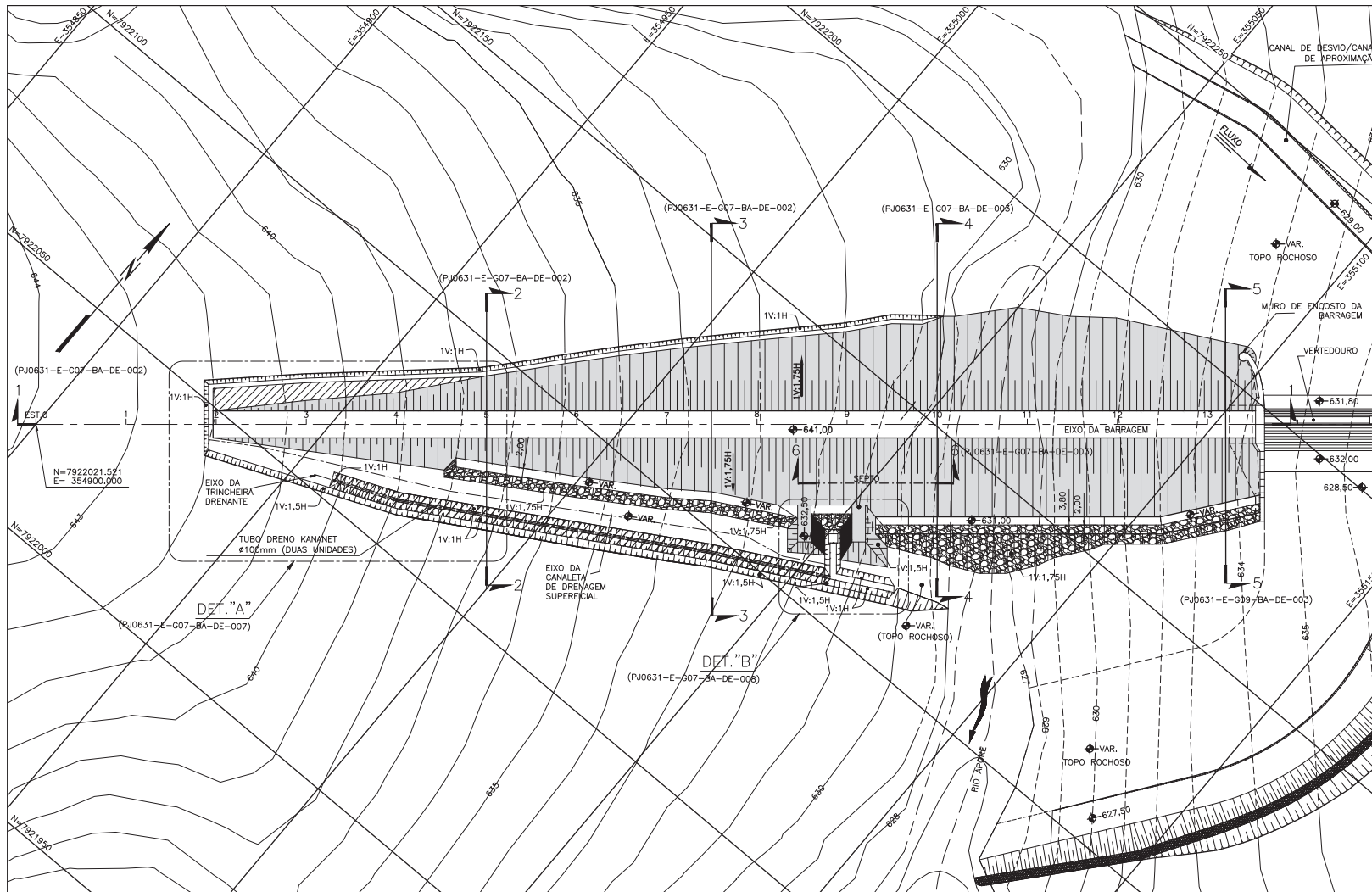
**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO

Título do Desenho: **ÁREA DO BARRAMENTO ARRANJO GERAL PLANTA**

| Esca     | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA | -     | PJ0631-E-G07-AB-DE-001 | 100     |

DIREITOS RESERVADOS A BRENNAND ENERGIA - PROIBIDA QUALQUER REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO FORMAL.





PLANTA  
ESC. 1:500

LEGENDAS:

- PROTEÇÃO DE VEGETAL
- REVESTIMENTO DE CONCRETO ARMADO
- ENROCAMENTO

NOTAS :

- 1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

REFERÊNCIAS:

- PL-TP-01 - BASE TOPOGRÁFICA-REFERENTE AO PROJETO BÁSICO DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.
- PJ0631-E-G00-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-LOCAÇÃO DOS EIXOS
- PJ0631-E-G06-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ESCAVAÇÃO DA MARGEM DIREITA-PLANTA.
- PJ0631-E-R02-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ARRANJO GERAL-PLANTA.

COMO CONSTRUÍDO



| Nº  | Descrição                                   | Prep. | Aprov. | Data     |
|-----|---|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                             |       |        | 08/09/09 |
| 1   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA GS-PL-GD-0081 | ASC   | CPP    | 16/12/08 |
| 0   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA GS-PL-GD-0039 | ASL   | CPP    | 28/07/08 |



Projeto e Consultoria de Engenharia

| Aprovação                                      |                      |
|--|----------------------|
| Projetista                                     | DAVID                |
| Verificador                                    | ASL                  |
| Coordenador de Projeto                         | CACM                 |
| Engenheiro Responsável pelo Projeto            | Jose Eduardo Moreira |
| Projeto  | CREA 21112/D-5ª Ser. |
| MT   | Nº - Data            |
| Antônio de Responsabilidade Técnica do Projeto |                      |

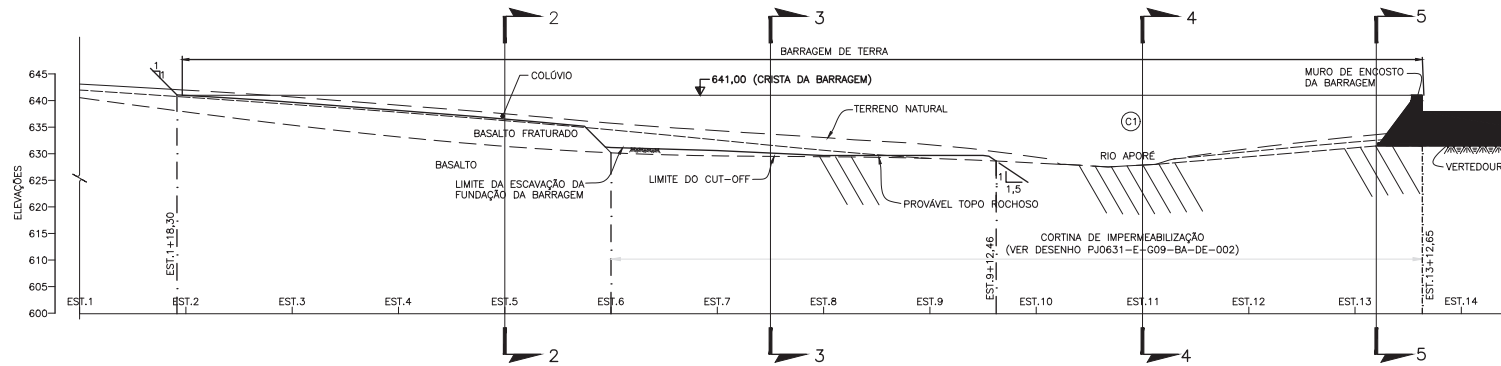


PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

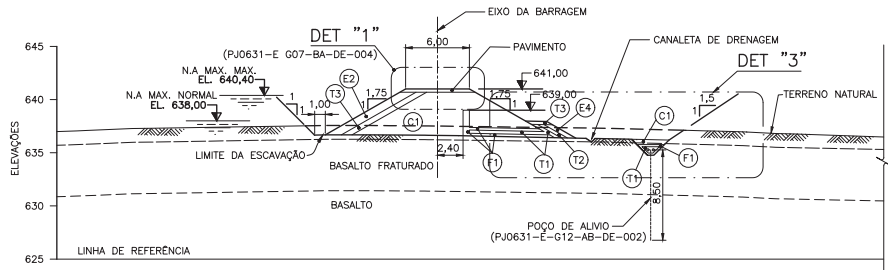
PCH PLANALTO

PROJETO EXECUTIVO  
ÁREA DO BARRAMENTO  
BARRAGEM DE TERRA  
PLANTA

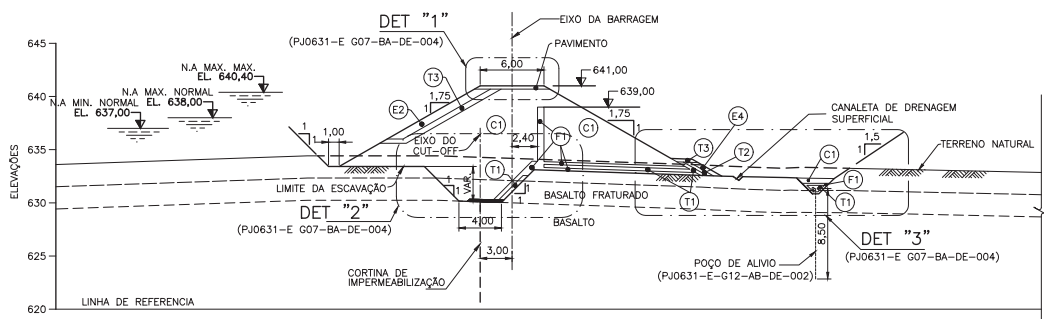
| Título do Desenho |      |                        |         |  |
|-------------------|------|------------------------|---------|--|
| Esca              | Folh | Nº Desenho             | Revisão |  |
| INDICADA          | 1/10 | PJ0631-E-G07-BA-DE-001 | 100     |  |



SEÇÃO 1-1  
(PELO EIXO DA BARRAGEM)  
ESC. 1:500



SEÇÃO 2-2  
EST. 5+0,00  
ESC. 1:250



SEÇÃO 3-3  
EST. 7+10,00  
ESC. 1:250

LEGENDA :

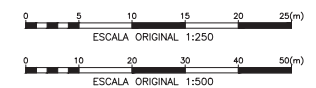
- (C1) SOLO ARGILOSO COMPACTADO
- (F1) AREIA MÉDIA E GROSSA (K=10<sup>-3</sup> cm/s)
- (T1) TRANSIÇÃO FINA LIMPA
- (T2) TRANSIÇÃO GROSSA LIMPA
- (T3) TRANSIÇÃO ÚNICA
- (E2) RIP-RAP
- (E4) ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO

- NOTAS :
- 1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.
  - 2 - PARA DETALHES VER DES. PJO631-E-G07-BA-DE-004 - ÁREA DO BARRAMENTO - BARRAGEM DE TERRA - DETALHES.

REFERÊNCIAS:

PJO631-E-G07-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-PLANTA.

COMO CONSTRUÍDO



| Nº  | Descrição                                   | Prep. | Aprov. | Data |          |
|-----|---|-------|--------|------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                             |       | MLM    | RAL  | 08/09/09 |
| 1   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA GS-PL-GD-0081 |       | ASL    | CPP  | 16/12/08 |
| 0   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA GS-PL-GD-0039 |       | ASL    | CPP  | 28/07/08 |

REVISÕES

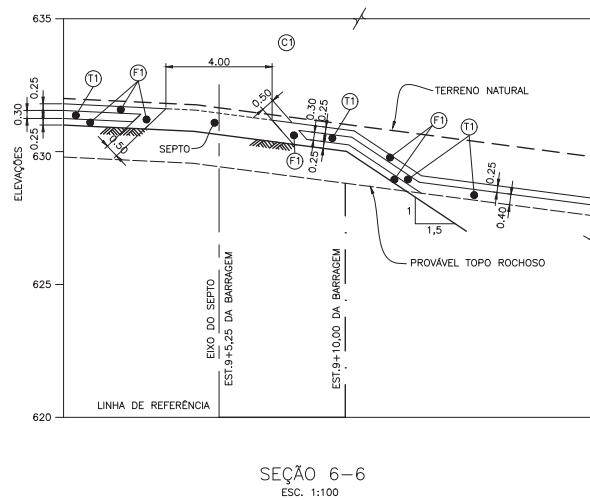
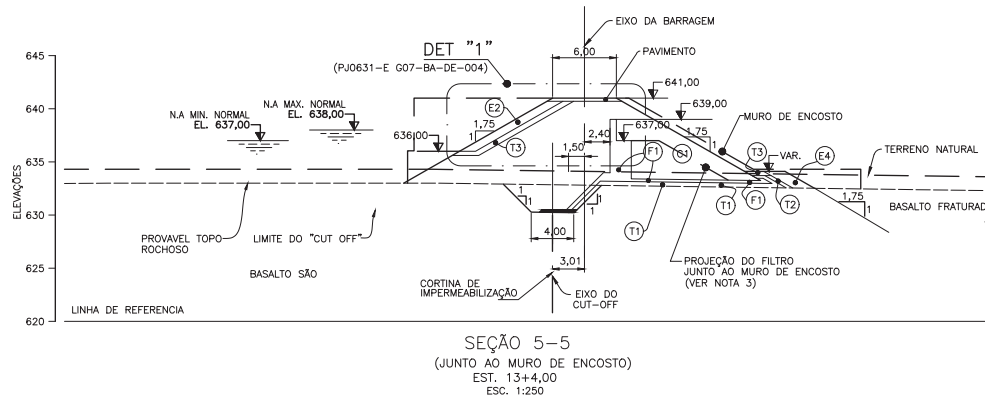
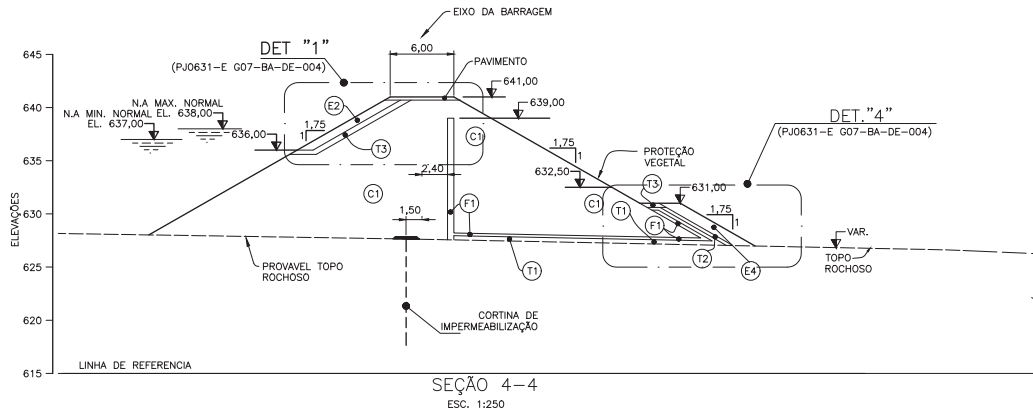
| PCE<br>Projetos e Consultorias de Engenharia |  |             |                                     |                        |
|--|--|-------------|-------------------------------------|------------------------|
| Aprovação                                    |  |             |                                     |                        |
| Projeta                                      | ASL  | Verificador | CACM                                | Coordenador do Projeto |
| Projeta                                      | José Eduardo Moreira                           | Verificador | Engenheiro Responsável pelo Projeto | CREA 21112/D-5ª Reg.   |
| Projeta                                      | MT   | Verificador | MT                                  | Dado                   |
| Projeta                                      | Antônio de Responsabilidade Técnica do Projeto |             |                                     |                        |



PCH PLANALTO  
PROJETO EXECUTIVO

Título do Desenho: ÁREA DO BARRAMENTO  
BARRAGEM DE TERRA  
SEÇÕES 1-1 A 3-3

| Esqta    | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA | 2/10  | PJO631-E-G07-BA-DE-002 | 100     |



- LEGENDA :
- (C1) SOLO ARGILOSO COMPACTADO
  - (F1) AREIA MÉDIA E GROSSA ( $K \approx 10^{-3}$  cm/s)
  - (T1) TRANSIÇÃO FINA LIMPAA
  - (T2) TRANSIÇÃO GROSSA LIMPAA
  - (T3) TRANSIÇÃO ÚNICA
  - (E2) RIP-RAP
  - (E4) ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO

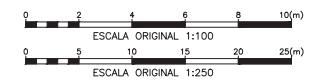
NOTA :

- 1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.
- 2 - PARA DETALHES VER DES. PJO631-E-G07-BA-DE-004.
- 3 - PARA DETALHES JUNTO AO MURO DE ENCOSTO VER DESENHO PJO631-E-G07-BA-DE-006.

REFERÊNCIA:

PJO631-E-G07-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-PLANTA.

COMO CONSTRUÍDO



| REVISÕES |   |       |               |
|----------|---|-------|---------------|
| Nº       | Descrição                                   | Prep. | Aprov. / Data |
| 100      | COMO CONSTRUÍDO                             | MLM   | RAL 08/09/09  |
| 1        | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA G5-PL-GD-0081 | ASL   | CPP 16/12/08  |
| 0        | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA G5-PL-GD-0039 | ASL   | CPP 28/07/08  |

| PCE                                   |           |   |                      |
|---------------------------------------|-----------|---|----------------------|
| Projetos e Consultorias de Engenharia |           |   |                      |
| Aprovação                             |           |   |                      |
| Projeta                               | IC/DS/DAT | José Eduardo Moreira                          | CREA 21112/D-5ª Reg. |
| Verificador                           | ASL       | Engenheiro Responsável pelo Projeto           |                      |
| Coordenador do Projeto                | CACM      | MET N°  | Dado                 |
|                                       |           | Anoção de Responsabilidade Técnica do Projeto |                      |

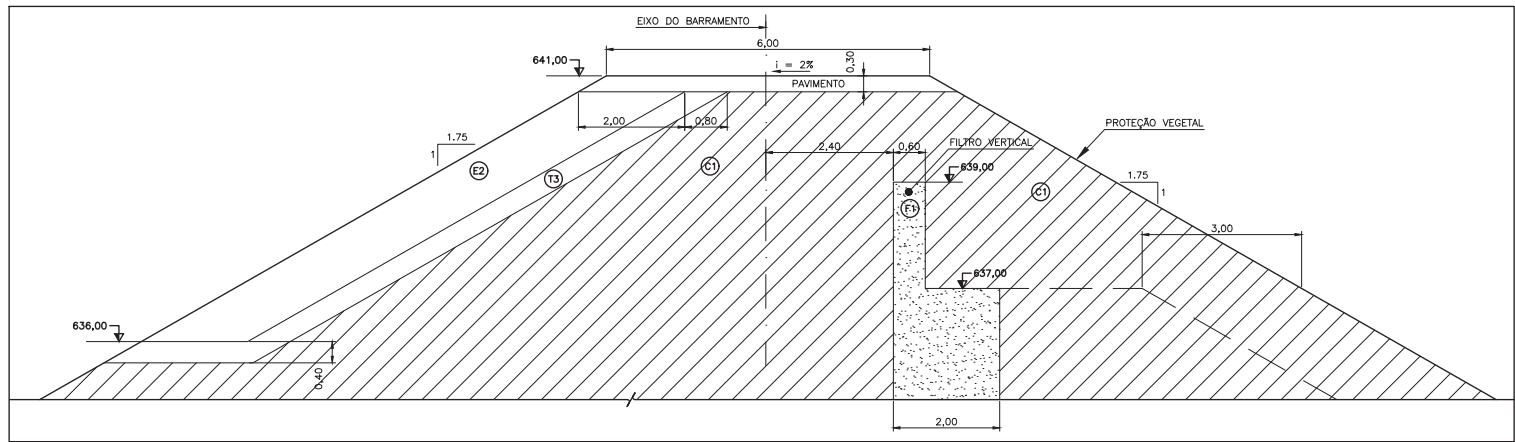
**BRENNAND energia** **PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.**

**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO

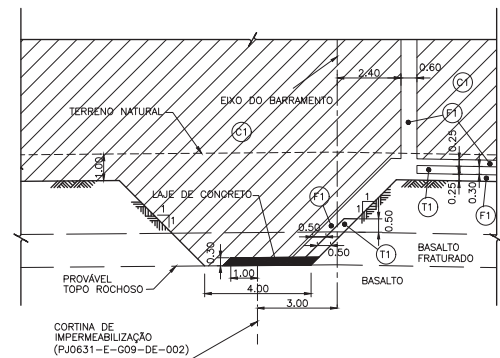
Título do Desenho: **ÁREA DO BARRAMENTO BARRAGEM DE TERRA SEÇÕES 4-4 A 6-6**

| Esata    | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA | 3/10  | PJO631-E-G07-BA-DE-003 | 100     |

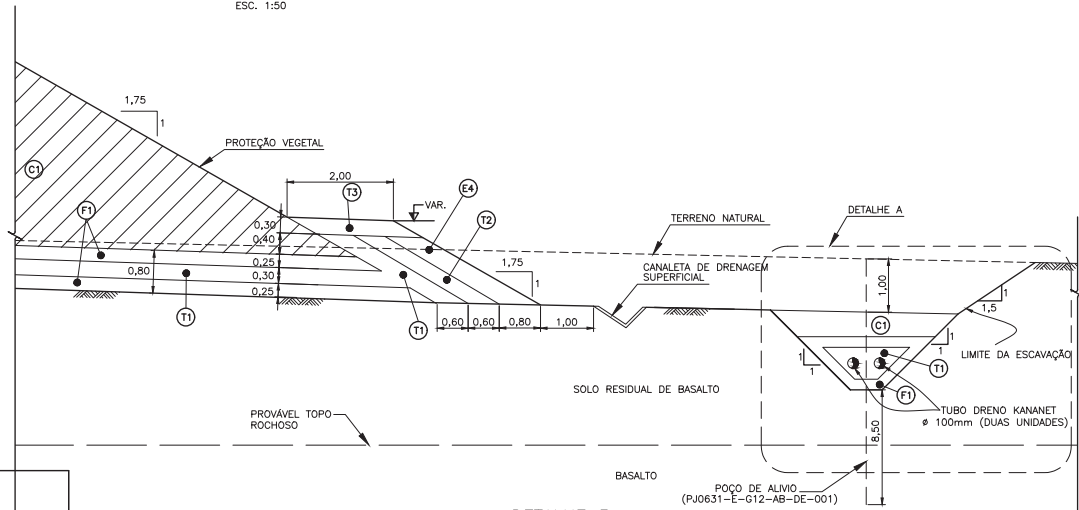
DIREITOS RESERVADOS A BRENNAND ENERGIA - PROIBIDA QUALQUER REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO FORMAL.



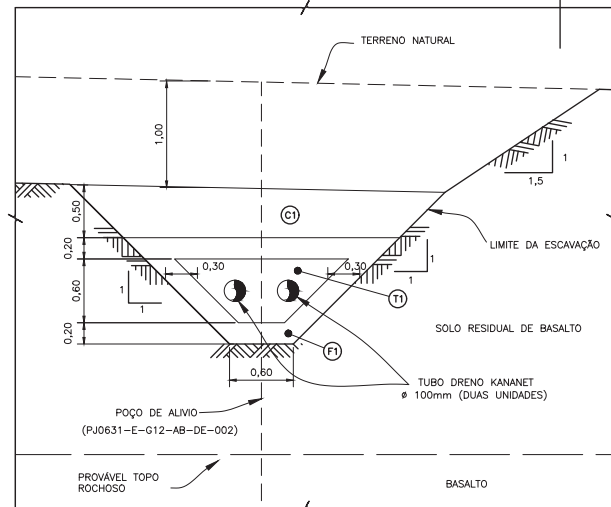
DETALHE 1  
ESC. 1:50



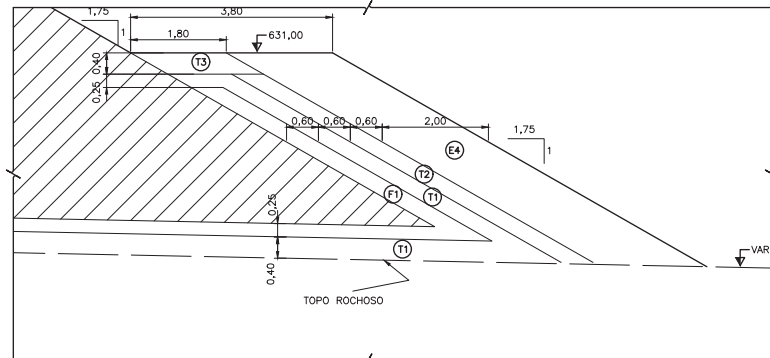
DETALHE 2  
ESC. 1:100



DETALHE 3  
ESC. 1:50



DETALHE A  
ESC. 1:25



DETALHE 3  
ESC. 1:50

LEGENDA :

- (C1) SOLO ARGILOSO COMPACTADO
- (F1) AREIA MÉDIA E GROSSA ( $k \geq 10^{-2} \text{cm/s}$ )
- (T1) TRANSIÇÃO FINA LIMPA
- (T2) TRANSIÇÃO GROSSA LIMPA
- (T3) TRANSIÇÃO ÚNICA
- (E2) RIP-RAP
- (E4) ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO

NOTA :

1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

REFERÊNCIA:

PJ0631-E-G07-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-PLANTA.

COMO CONSTRUÍDO



ESCALA ORIGINAL 1:25



ESCALA ORIGINAL 1:50



ESCALA ORIGINAL 1:100

| Nº  | Descrição                                   | Prep. | Aprov. | Data |          |
|-----|---|-------|--------|------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                             |       | MLM    | RAL  | 08/09/09 |
| 1   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA GS-PL-GD-0081 |       | ASL    | CPP  | 16/12/08 |
| 0   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA GS-PL-GD-0039 |       | ASL    | CPP  | 28/07/08 |

REVISÕES



Projeto e Consultoria de Engenharia

| Aprovação              |      |  |                      |
|------------------------|------|--|----------------------|
| Projeto                | ASL  | José Eduardo Moreira                           | CREA 21112/D-5ª Reg. |
| Verificador            | CACM | Engenheiro Responsável pelo Projeto            |                      |
| Coordenador do Projeto |      | MIT N°   | Dado                 |
|                        |      | Antônio de Responsabilidade Técnica do Projeto |                      |

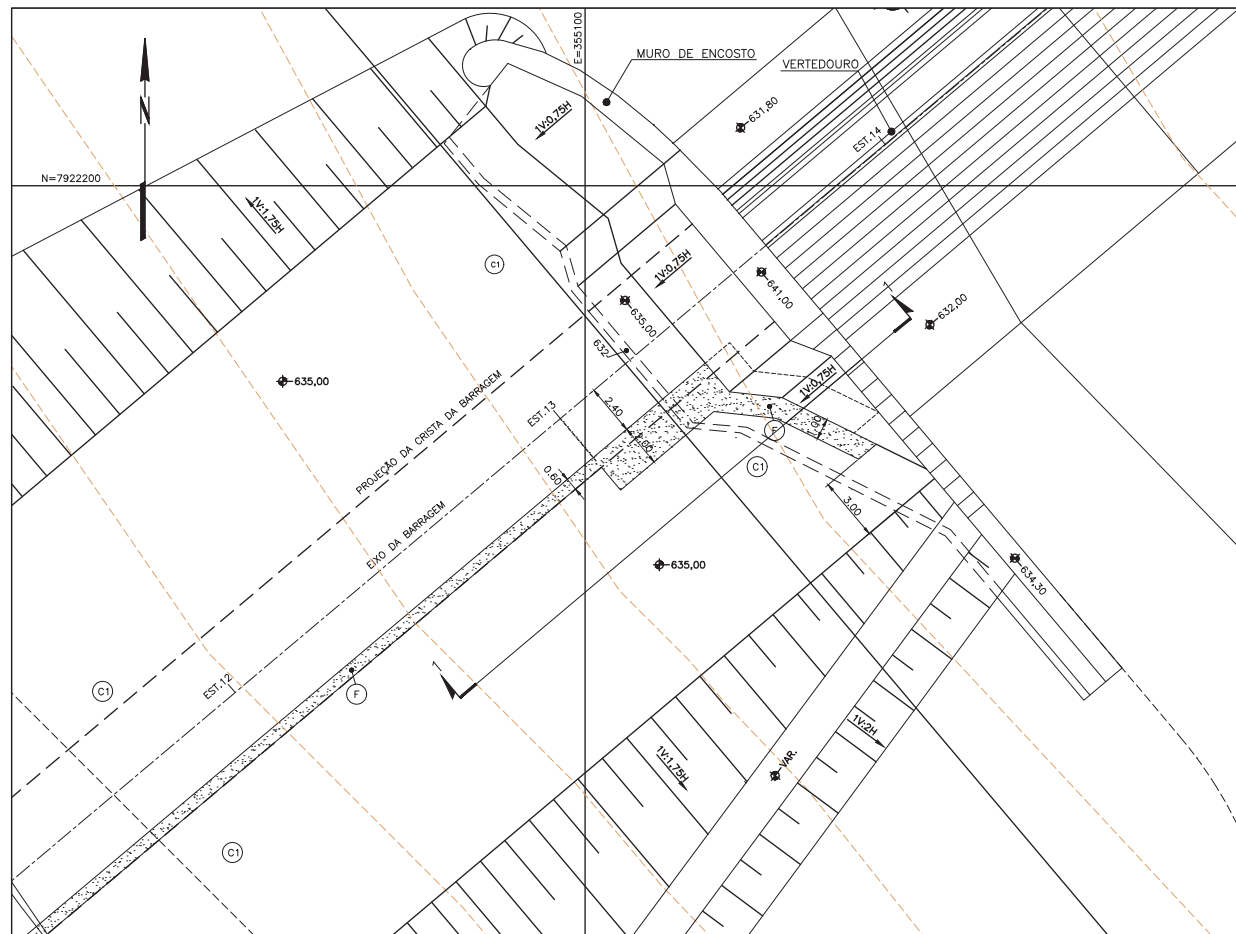


PLANALTO HOLDING LTDA.

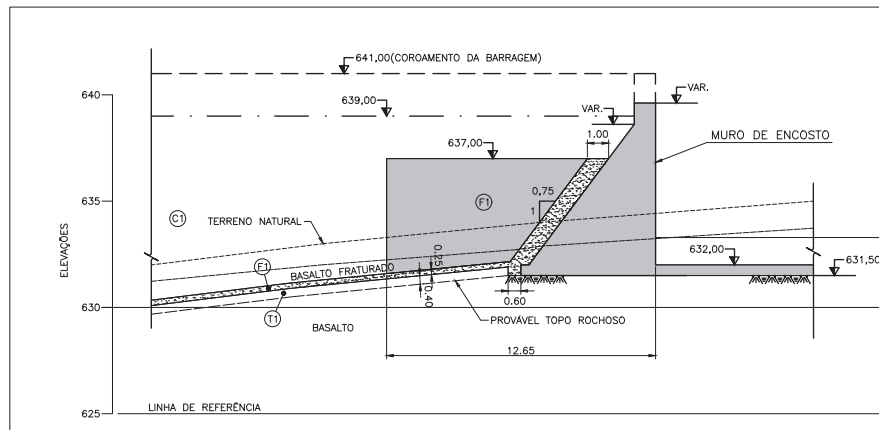
PCH PLANALTO  
REVISÃO DO PROJETO BÁSICO

Título do Desenho  
ÁREA DO BARRAMENTO  
BARRAGEM DE TERRA  
DETALHES

| Esca     | Folh | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|------|------------------------|---------|
| INDICADA | 4/10 | PJ0631-E-G07-BA-DE-004 | 100     |



PLANTA (EL. 635,00)  
ESC. 1:125



SEÇÃO 1-1  
ESC. 1:125

- NOTAS :
- 1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.
  - 2 - PARA SEÇÕES 1-1 A 8-8 VER DES. PJO631-E-G07-BA-DE-002 E 003.

REFERÊNCIAS:

- PL-TP-01 - BASE TOPOGRÁFICA-REFERENTE AO PROJETO BÁSICO DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.  
 PJO631-E-G00-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-LOCAÇÃO DOS EIXOS  
 PJO631-E-G07-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-PLANTA.

COMO CONSTRUÍDO



| Nº  | Descrição                                   | Prep. | Aprov. | Data |          |
|-----|---|-------|--------|------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                             |       | MLM    | RAL  | 06/09/09 |
| 0   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA G5-PL-G0-0039 |       | ASL    | CPF  | 29/07/08 |

REVISÕES



Projeto e Consultoria de Engenharia

| Projeto | Verificador | Coordenador do Projeto | Aprovação            | Engenheiro Responsável pelo Projeto | CREA       | Data |
|---------|-------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|------|
| DO      | ASL         | CACM                   | Jose Eduardo Moreira |                                     | 21112/D-5ª | Reg. |
|         |             |                        | MIT                  |                                     |            |      |

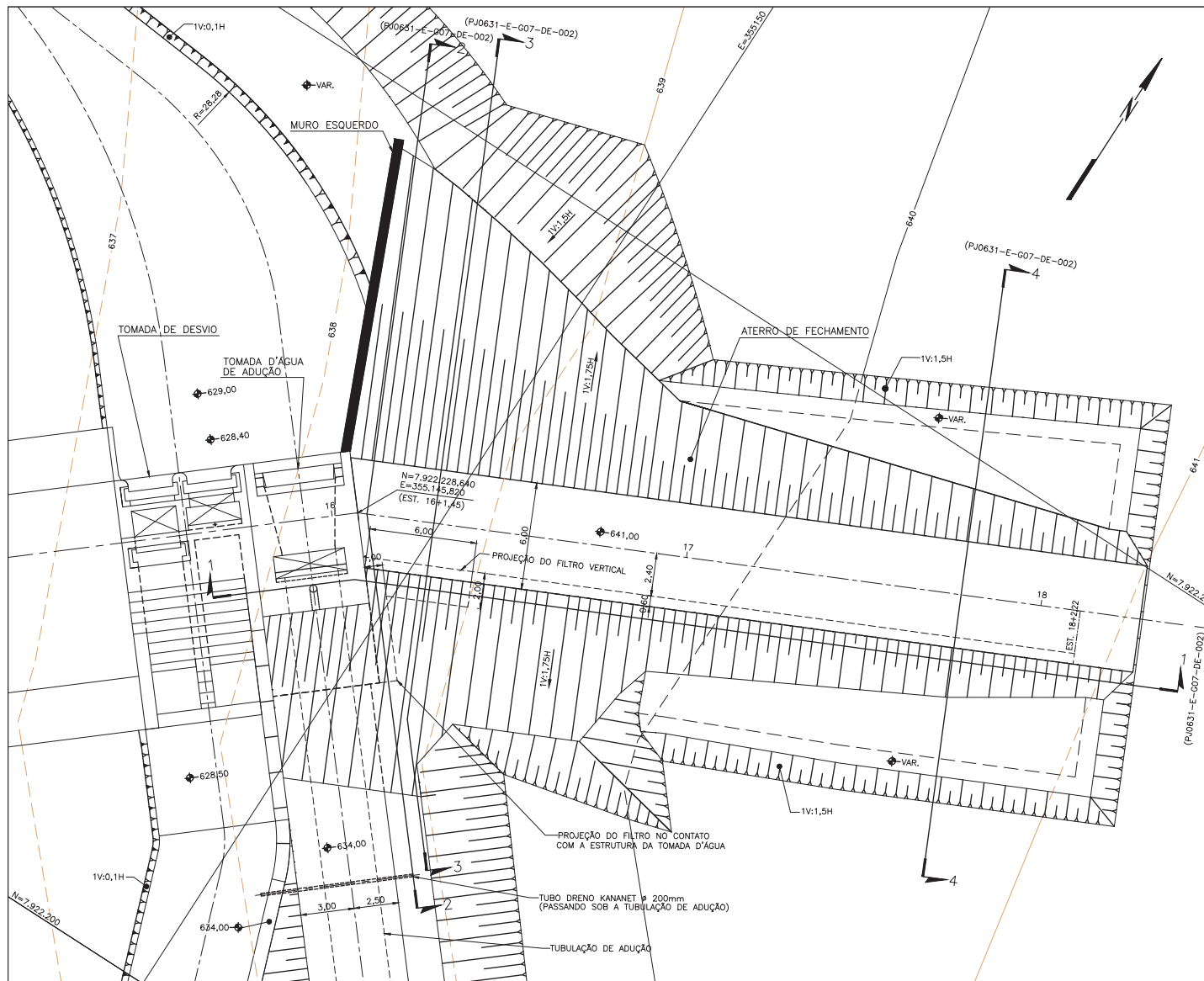


PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

PCH PLANALTO

PROJETO EXECUTIVO  
 ÁREA DO BARRAMENTO  
 DRENAGEM JUNTO AO MURO DE ENCOSTO  
 PLANTA EL.635,00 E SEÇÃO 1-1

| Estado   | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA | 1/1   | PJO631-E-G07-BA-DE-006 | 100     |



PLANTA  
ESC. 1:125

LEGENDA :

- (C) SOLO ARGILOSO COMPACTADO
- (F) AREIA MÉDIA E GROSSA
- (T) TRANSIÇÃO FINA

NOTA :

1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

REFERÊNCIAS:

- PL-TP-01 - BASE TOPOGRÁFICA-REFERENTE AO PROJETO BÁSICO DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.
- PJ0631-E-G00-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-LOCAÇÃO DOS EIXOS
- PJ0631-E-G07-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ARRANJO GERAL-PLANTA.
- PJ0631-E-G07-BE-DE-002 - ÁREA DO BARRAMENTO - ATERRO DE FECHAMENTO SEÇÕES
- PJ0631-E-G06-BA-DE-003 - ÁREA DO BARRAMENTO-ESCAVAÇÃO DA MARGEM ESQUERDA-PLANTA.
- PJ0631-E-G09-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES-MARGEM ESQUERDA-PLANTA, SEÇÕES E DETALHES.

COMO CONSTRUÍDO



|     |   |       |        |          |
|-----|---|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                             | MLM   | RAL    | 06/09/09 |
| 0   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA G5-PL-G0-0041 | ASL   | CPP    | 24/07/08 |
| Nº  | Descrição                                   | Prep. | Aprov. | Data     |

REVISÕES

|                        |  |
|------------------------|--|
|                        |  |
| Aprovação              |  |
| Projeta                | José Eduardo Moreira CREA 21112/D-5ª Reg.      |
| Verificador            | Engenheiro Responsável pelo Projeto            |
| Coordenador do Projeto | MT N° - Data                                   |
|                        | Análise de Responsabilidade Técnica do Projeto |

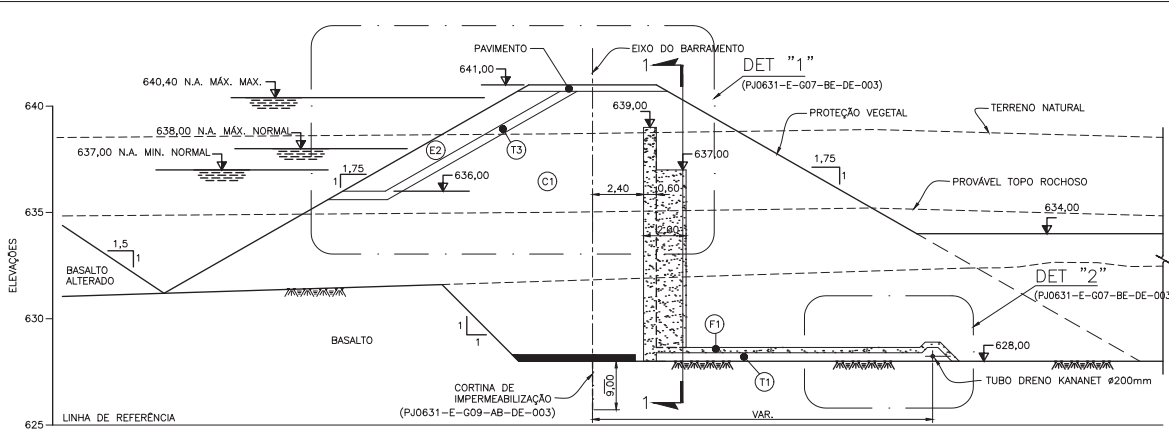


PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

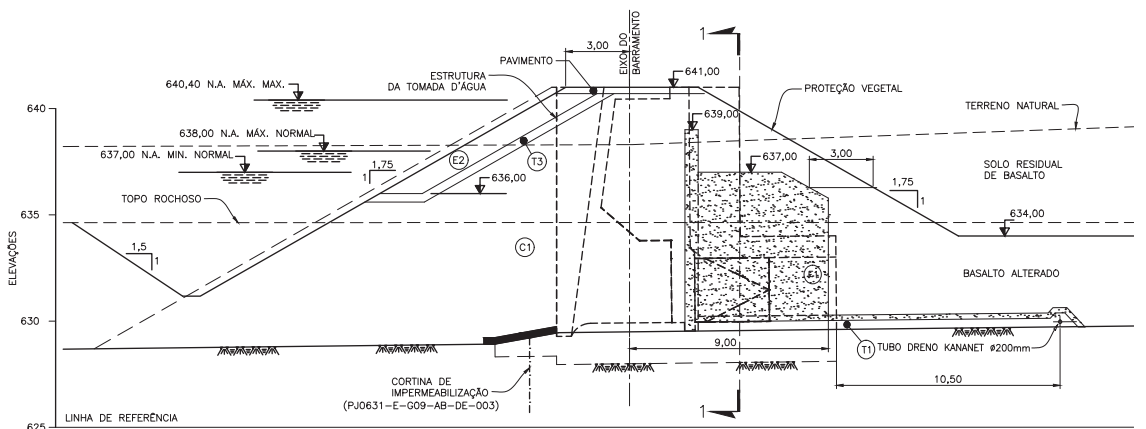
PCH PLANALTO  
PROJETO EXECUTIVO

|                   |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|
| Título do Desenho |  | ÁREA DO BARRAMENTO<br>ATERRO DE FECHAMENTO<br>PLANTA |  |
|-------------------|--|--|--|

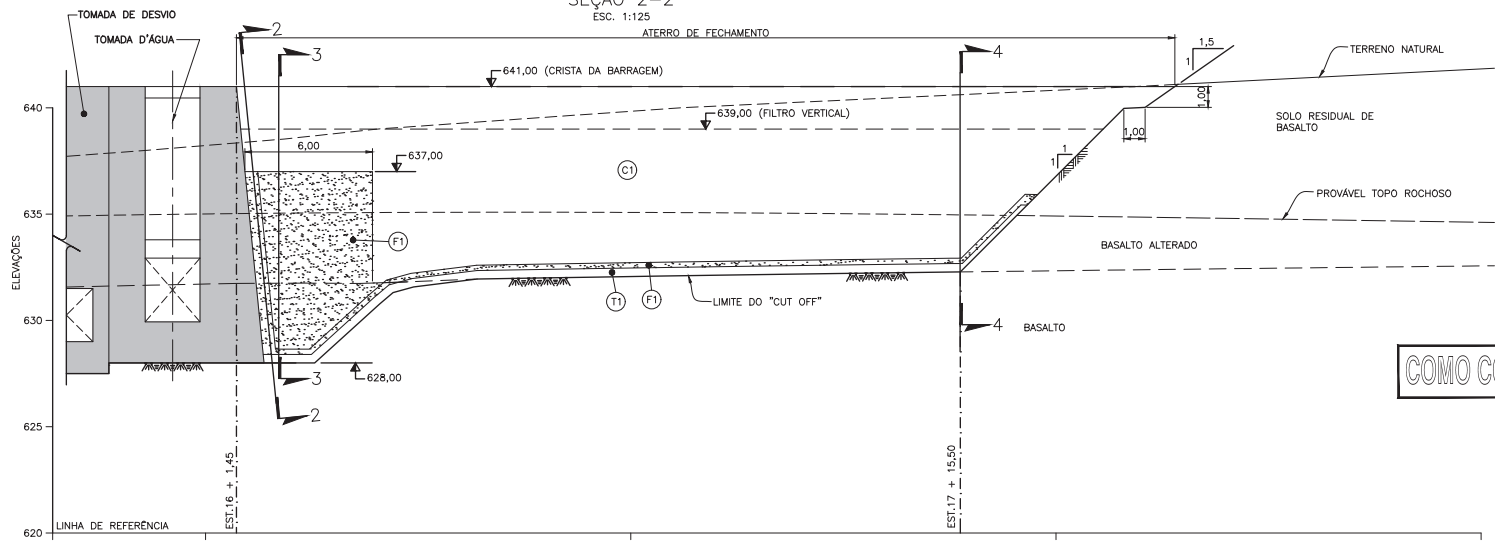
|          |       |                        |         |
|----------|-------|------------------------|---------|
| Esca     | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
| INDICADA |       | PJ0631-E-G07-BE-DE-001 | 100     |



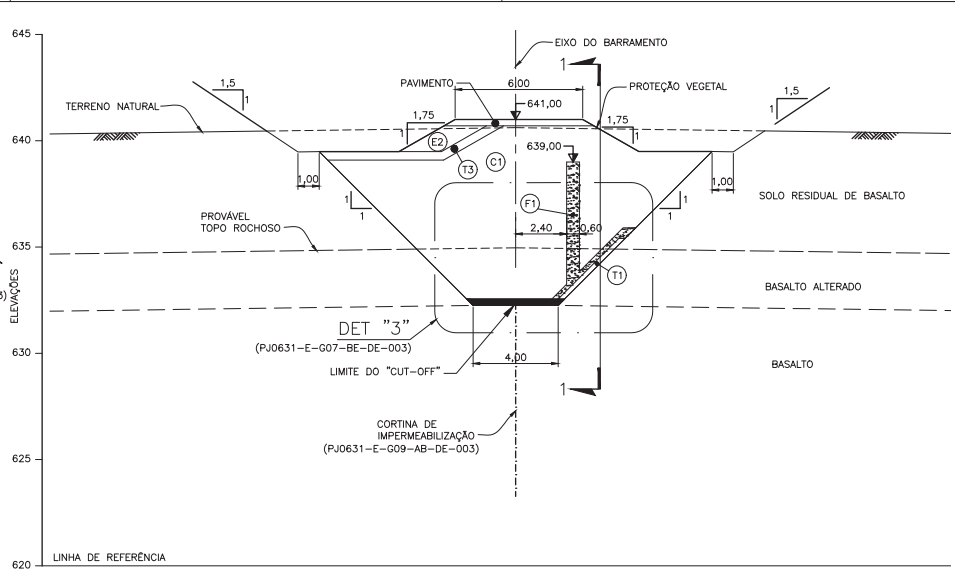
SEÇÃO 3-3  
EST. 16+5,75  
ESC. 1:125



SEÇÃO 2-2  
ESC. 1:125



SEÇÃO 1-1  
ESC. 1:125



SEÇÃO 4-4  
EST. 17+15,50  
ESC. 1:125

LEGENDA :

- (C1) SOLO ARGILOSO COMPACTADO
- (F1) AREIA MÉDIA E GROSSA
- (T) TRANSIÇÃO FINA
- (T3) TRANSIÇÃO ÚNICA
- (E2) RIP-RAP

NOTA :  
1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

- REFERÊNCIAS:
- PL-TP-01 - BASE TOPOGRÁFICA-REFERENTE AO PROJETO BÁSICO DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.
  - PJ0631-E-G00-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-LOCAÇÃO DOS EIXOS
  - PJ0631-E-G07-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ARRANJO GERAL-PLANTA.
  - PJ0631-E-G07-BE-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ATERRO DE FECHAMENTO - PLANTA.
  - PJ0631-E-G07-BE-DE-002 - ÁREA DO BARRAMENTO-ATERRO DE FECHAMENTO - SEÇÕES.
  - PJ0631-E-G07-BE-DE-003 - ÁREA DO BARRAMENTO-ATERRO DE FECHAMENTO - DETALHES.
  - PJ0631-E-G06-BA-DE-003 - ÁREA DO BARRAMENTO-ESCAVAÇÃO DA MARGEM ESQUERDA-PLANTA.
  - PJ0631-E-G09-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES- MARGEM ESQUERDA-PLANTA, SEÇÕES E DETALHES.



|     |   |       |        |          |
|-----|---|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO                             | MLM   | RAL    | 06/09/09 |
| 0   | APROVADO DE ACORDO COM A GUIA G5-PL-G0-0041 | ASL   | CPP    | 24/07/08 |
| Nº  | Descrição                                   | Prep. | Aprov. | Data     |

REVISÕES

**PCE**  
Projetos e Consultorias de Engenharia

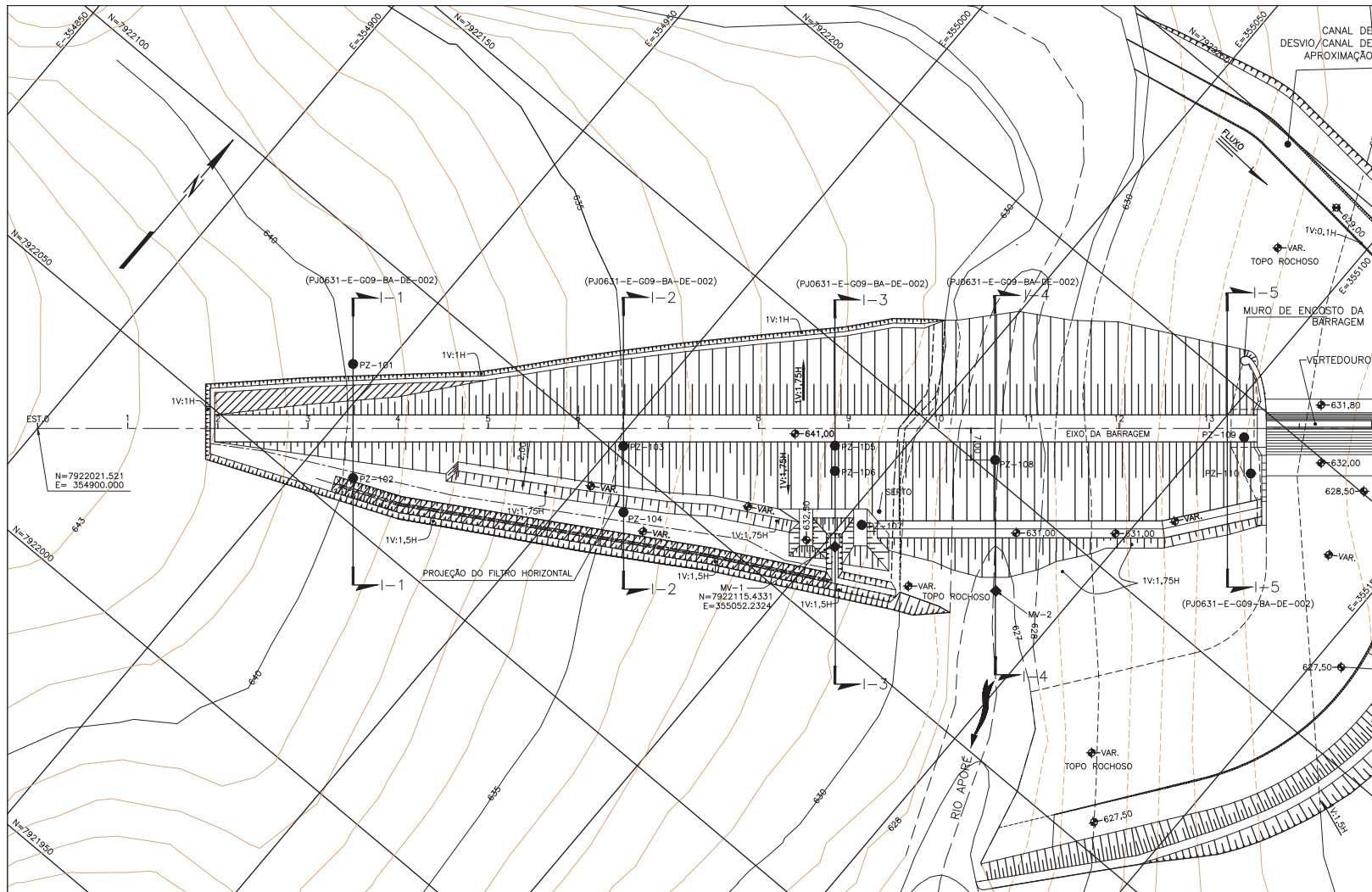
Aprovação  
Projeta: JC/DC  
Verificador: CPP  
Coordenador de Projeto: CACM

Engenheiro Responsável pelo Projeto: José Eduardo Moreira  
CREA 21112/D-5ª Reg.  
Data: 24/07/08  
Análise de Responsabilidade Técnica do Projeto

**BRENNAND energia** PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO  
Título do Desenho: ÁREA DO BARRAMENTO  
ATERRO DE FECHAMENTO  
SEÇÕES

|          |       |                        |         |
|----------|-------|------------------------|---------|
| Esqda    | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
| INDICADA |       | PJ0631-E-G07-BE-DE-002 | 100     |



PLANTA  
ESC. 1:500

TABELA DE LOCAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

| INSTRUMENTO | ELEV. DE INSTALAÇÃO (VER NOTA 4) | COORDENADAS |            | HORIZONTE GEOLÓGICO                      |
|-------------|----------------------------------|-------------|------------|--|
|             |                                  | NORTE       | ESTE       |  |
| PZ-101      | 639,441                          | 7922077,320 | 354944,134 | BASALTO ALTERADO/FRATURADO               |
| PZ-102      | 639,539                          | 7922058,059 | 354960,727 | BASALTO ALTERADO/FRATURADO               |
| PZ-103      | 640,923                          | 7922102,587 | 355001,678 | BASALTO ALTERADO/FRATURADO               |
| PZ-104      | 633,744                          | 7922090,919 | 355011,696 | BASALTO ALTERADO/FRATURADO               |
| PZ-105      | 640,736                          | 7922135,243 | 355040,417 | CONTATO ROCHA/SOLO RESIDUAL              |
| PZ-106      | 637,982                          | 7922131,253 | 355044,145 | TAPETE DRENANTE HORIZONTAL               |
| PZ-107      | 630,747                          | 7922120,261 | 355057,427 | CONTATO ROCHA/SOLO RESIDUAL              |
| PZ-108      | 639,045                          | 7922155,774 | 355069,959 | TAPETE DRENANTE HORIZONTAL               |
| PZ-109      | 640,764                          | 7922191,803 | 355107,605 | FILTRO VERTICAL JUNTO AO MURO DE ENCOSTO |
| PZ-110      | 637,403                          | 7922186,925 | 355111,737 | FILTRO NO CONTATO COM MURO DE ENCOSTO    |
| PZ-111      | 640,614                          | 7922225,905 | 355149,237 |  |
| PZ-112      | 638,515                          | 7922222,830 | 355152,230 |  |
| PZ-113      | 634,718                          | 7922216,861 | 355156,334 |  |
| PZ-114      | 640,379                          | 7922224,825 | 355149,844 |  |
| PZ-115      | 638,129                          | 7922222,101 | 355152,920 |  |
| PZ-116      | 634,579                          | 7922216,413 | 355157,600 |  |
| PZ-117      | 640,591                          | 7922228,178 | 355155,708 |  |
| PZ-118      | 637,968                          | 7922233,905 | 355157,864 |  |
| PZ-119      | 640,777                          | 7922237,464 | 355173,165 |  |
| PZ-120      | 640,793                          | 7922233,328 | 355175,154 |  |

COMO CONSTRUÍDO

LEGENDAS:

- PZ - PIEZOMETRO TIPO CASAGRANDE MODIFICADO
- ◆ MV - MEDIDOR DE VAZÃO

NOTAS:

- 1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.
- 2 - PARA SEÇÕES 1-1 A 1-6 VER DES. PJO631-E-G09-BA-DE-002.
- 3 - PARA DETALHE DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM DOS INSTRUMENTOS VER DES. PJO631-E-G13-GR-DE-001.
- 4 - AS ELEVAÇÕES INDICADAS NA TABELA SÃO APROXIMADAS, DEVENDO SER ATENDIDO PREFERENCIALMENTE O HORIZONTE GEOLOGICO REGIÃO DO ATERRÇO QUE SE PRETENDE AUSCULTAR.

REFERÊNCIAS:

- PL-TP-01 - BASE TOPOGRAFICA-REFERENTE AO PROJETO BÁSICO DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.
- PJO631-E-G00-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-LOCAÇÃO DOS EIXOS
- PJO631-E-G06-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ESCAVAÇÃO DA MARGEM DIREITA-PLANTA.
- PJO631-E-R02-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ARRANJO GERAL-PLANTA.
- PJO631-E-G13-GR-DE-001 - INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA-DISPOSIÇÃO GERAL.
- PJO631-E-G07-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-PLANTA.
- PJO631-E-G07-BA-DE-002 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-SEÇÕES 1-1 A 4-4
- PJO631-E-G07-BA-DE-003 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-SEÇÕES 5-5 A 8-8



| Nº  | Descrição       | Prep. | Aprov. | Data         |
|-----|-----------------|-------|--------|--------------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO |       | GMN    | MLM 30/06/09 |

REVISÕES



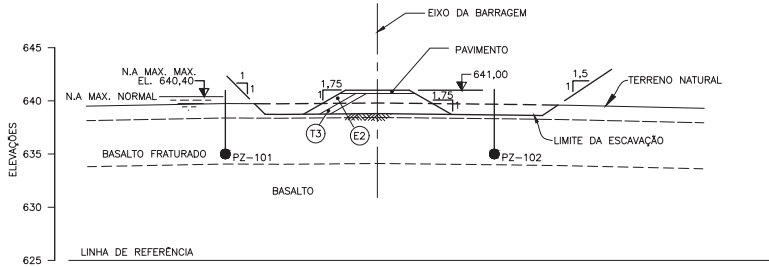
Projeto e Consultoria de Engenharia  
 APROVAÇÃO  
 Projeto: JC/DB José Eduardo Moreira CREA 21112/D-5ª Reg.  
 Verificador: CPP Engenheiro Responsável pelo Projeto  
 Coordenador do Projeto: CACM MT N° Data  
 Anotação de Responsabilidade Técnica do Projeto



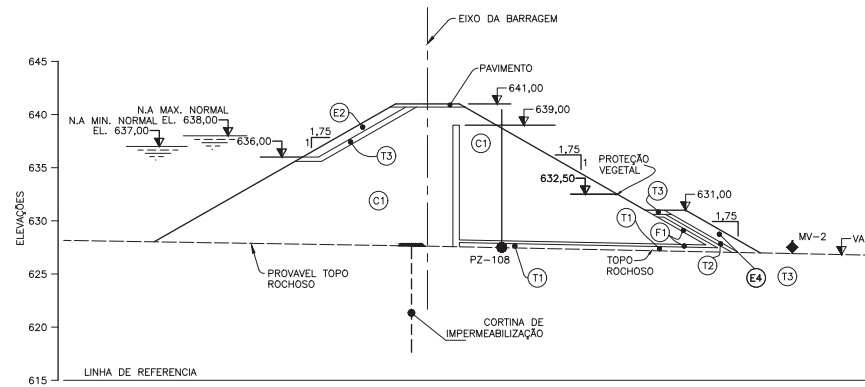
**PCH PLANALTO**  
 PROJETO EXECUTIVO  
 Título do Desenho: ÁREA DO BARRAMENTO  
 BARRAGEM DE TERRA - MARGEM DIREITA  
 INSTRUMENTAÇÃO - PLANTA

| Esca     | Folh | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|------|------------------------|---------|
| INDICADA | 1/2  | PJO631-E-G09-BA-DE-001 | 100     |





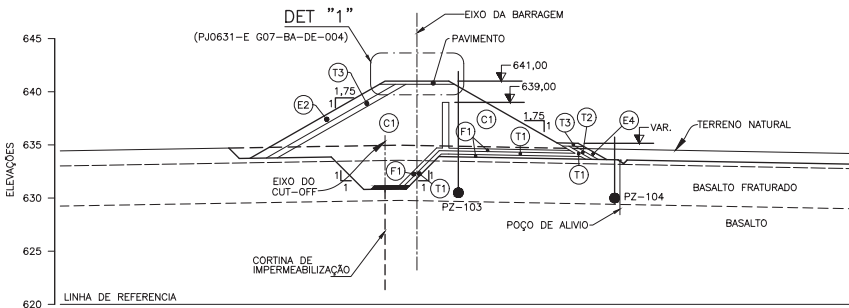
SEÇÃO 1-1  
EST. 3+10,00  
ESC. 1:250



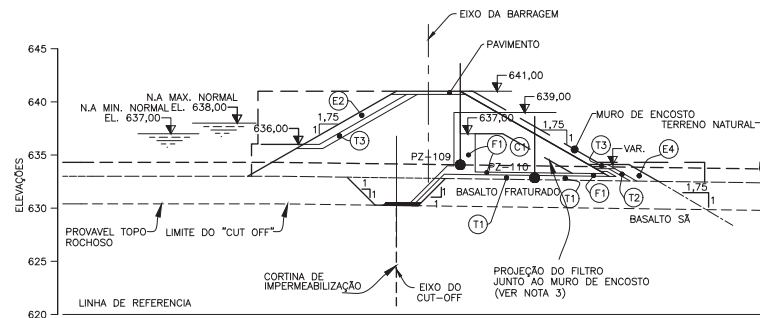
SEÇÃO 1-4  
EST. 10+16,00  
ESC. 1:250

LEGENDA:

- (C1) SOLO ARGILOSO COMPACTADO
- (F1) AREIA MÉDIA E GROSSA ( $k \approx 10^{-2} \text{ cm/s}$ )
- (T1) TRANSIÇÃO FINA LIMPA
- (T2) TRANSIÇÃO GROSSA LIMPA
- (T3) TRANSIÇÃO ÚNICA
- (E2) RIP-RAP
- (E4) ENROCAMENTO DE PROTEÇÃO



SEÇÃO 1-2  
EST. 6+10,00  
ESC. 1:250



SEÇÃO 1-5 (CONTATO COM O MURO DE ENCOSTO)  
EST. 13+10,00  
ESC. 1:250

LEGENDA: (INSTRUMENTAÇÃO)

- PZ - PIEZÔMETRO TIPO CASAGRANDE MODIFICADO
- ◆ MV - MEDIDOR DE VAZÃO

NOTAS:  
1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

REFERÊNCIAS:

PJ0631-E-G09-BA-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-BARRAGEM DE TERRA-MARGEM DIREITA-INSTRUMENTAÇÃO-PLANTA.

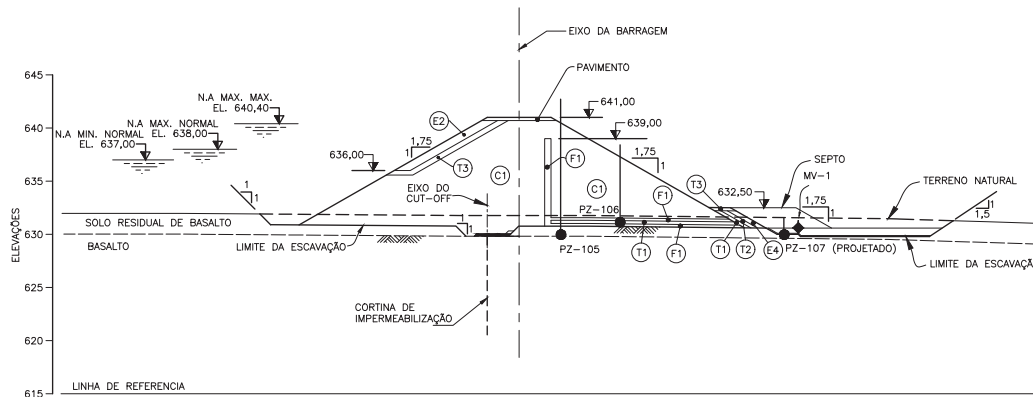
COMO CONSTRUÍDO



ESCALA ORIGINAL 1:100



ESCALA ORIGINAL 1:250



SEÇÃO 1-3  
EST. 9+0,70  
ESC. 1:250

| Nº  | Descrição       | Prep. | Aprov. | Data     |
|-----|-----------------|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO | GNMN  | MLM    | 30/06/09 |

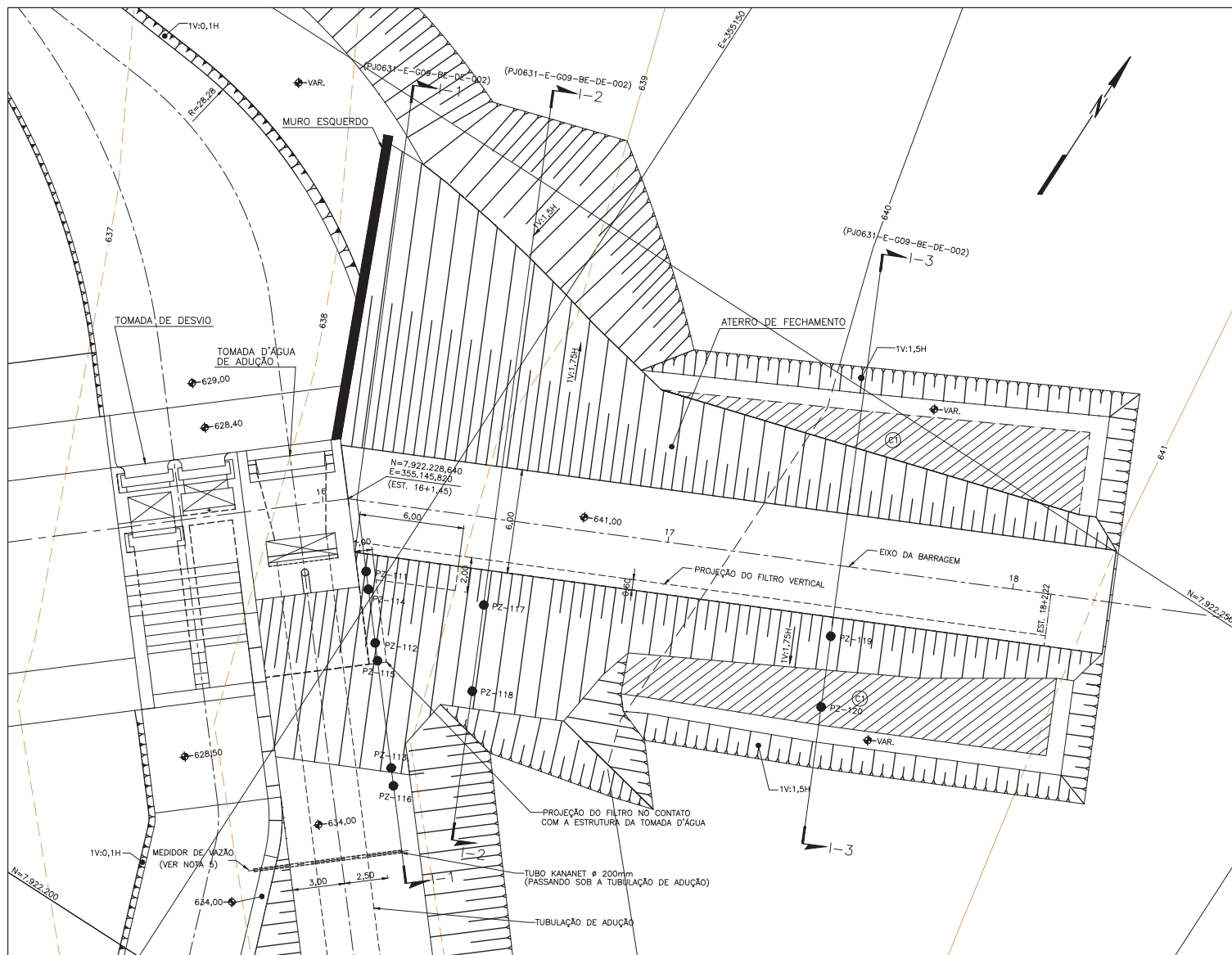
REVISÕES

| Projeta | Verificador | Coordenador do Projeto | Projeto | Projeto | Projeto |
|---------|-------------|------------------------|---------|---------|---------|
| JC/DB   | CPP         | CACM                   | Projeto | Projeto | Projeto |

**BRENNAND energia** PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO  
Título do Desenho: ÁREA DO BARRAMENTO BARRAGEM DE TERRA - MARGEM DIREITA INSTRUMENTAÇÃO - SEÇÕES

| Esqda    | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA | 2/2   | PJ0631-E-G09-BA-DE-002 | 100     |



PLANTA  
ESC. 1:125

| TABELA DE LOCAÇÃO DOS PIEZÔMETROS |                 |                       |             |             |  |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|-------------|--|
| INSTRUMENTO                       | PIEZÔMETRO TIPO | CASAGRANDE MODIFICADO |             | OBSERVAÇÕES |  |
|                                   |                 | ELEV. INSTALAÇÃO (m)  | COORDENADAS |             |  |
| VER NOTA Nº 4                     |                 | NORTE                 | ESTE        |             |  |
| PZ-111                            |                 | 640,614               | 7922225.905 | 355149.237  | TAPETE DRENANTE HORIZONTAL             |
| PZ-112                            |                 | 638,515               | 7922222.830 | 355152.230  | FILTRO NO CONTATO C/ ESTRUTURA DA T.A. |
| PZ-113                            |                 | 634,718               | 7922216.861 | 355156.334  | TAPETE DRENANTE HORIZONTAL             |
| PZ-114                            |                 | 640,379               | 7922224.825 | 355149.844  | BASALTO FRATURADO                      |
| PZ-115                            |                 | 638,129               | 7922221.101 | 355152.920  | TAPETE DRENANTE HORIZONTAL             |
| PZ-116                            |                 | 634,576               | 7922216.413 | 355157.600  | BASALTO FRATURADO                      |
| PZ-117                            |                 | 640,591               | 7922228.178 | 355155.708  | TAPETE DRENANTE HORIZONTAL             |
| PZ-118                            |                 | 637,968               | 7922223.905 | 355157.864  | BASALTO FRATURADO                      |
| PZ-119                            |                 | 640,777               | 7922237.464 | 355173.165  | TAPETE DRENANTE INCLINADO              |
| PZ-120                            |                 | 640,793               | 7922233.328 | 355175.154  | BASALTO ALTERADO                       |

### COMO CONSTRUÍDO

LEGENDA: (INSTRUMENTAÇÃO)  
● PIEZÔMETRO TIPO CASAGRANDE MODIFICADO

- NOTAS:
- TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.
  - PARA SEÇÕES I-1 A I-4 VER DES. PJO631-E-G09-BA-DE-002.
  - PARA DETALHES DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM DOS INSTRUMENTOS VER DES. PJO631-E-G13-GR-DE-001.
  - AS ELEVAÇÕES DE INSTALAÇÃO INDICADAS NA TABELA DEVEM SER CONFIRMADAS NA OBRA.
  - OS MEDIDORES DE VAZÃO SERÃO DETALHADOS PELA OBRA CONFORME A SITUAÇÃO DE CAMPO.

- REFERÊNCIAS:
- PL-TP-01 - BASE TOPOGRÁFICA-REFERENTE AO PROJETO BÁSICO DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.
  - PJO631-E-G00-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-LOCAÇÃO DOS EIXOS
  - PJO631-E-G07-AB-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ARRANJO GERAL-PLANTA.
  - PJO631-E-G07-BE-DE-002 - ÁREA DO BARRAMENTO - ATERRO DE FECHAMENTO SEÇÕES
  - PJO631-E-G06-BA-DE-003 - ÁREA DO BARRAMENTO-ESCAVAÇÃO DA MARGEM ESQUERDA-PLANTA
  - PJO631-E-G13-GR-DE-001 - INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA-DISPOSIÇÃO GERAL.



| REVISÕES |                 |       |        |      |          |
|----------|-----------------|-------|--------|------|----------|
| Nº       | Descrição       | Prep. | Aprov. | Data |          |
| 100      | COMO CONSTRUÍDO |       | GNM    | MLM  | 30/06/09 |

**PCE**  
Projetos e Consultorias de Engenharia

Aprovação: José Eduardo Moreira, CREA 21112/D-5ª Reg. Engenheiro Responsável pelo Projeto

Projeto: JC/DS  
Verificador: GSF  
Coordenador do Projeto: CACM

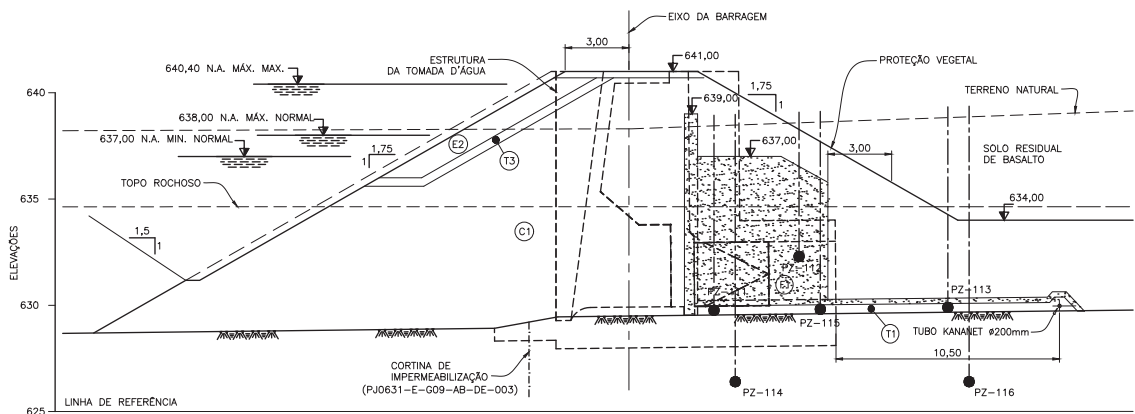
Elaboração: MTT  
Análise de Responsabilidade Técnica do Projeto

**BRENNAND energia** PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.

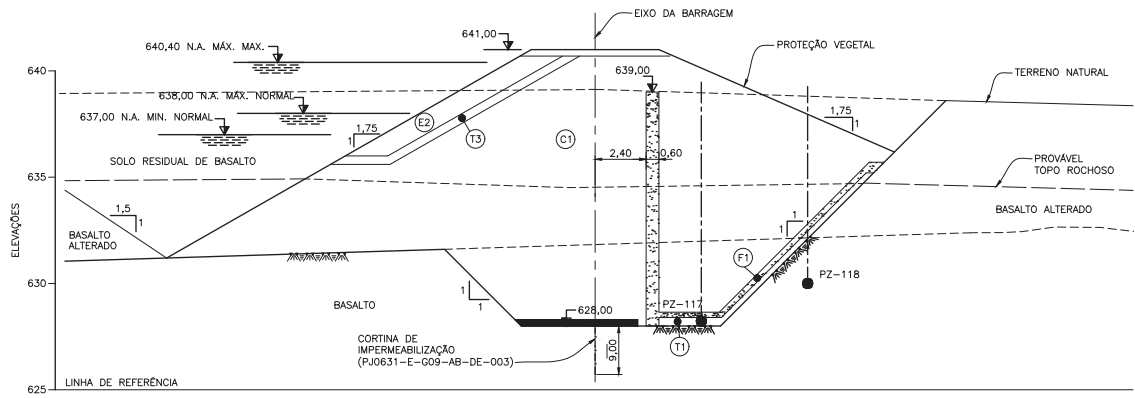
**PCH PLANALTO**  
PROJETO EXECUTIVO

Título do Desenho: ÁREA DO BARRAMENTO  
ATERRO DE FECHAMENTO-INSTRUMENTAÇÃO  
PLANTA

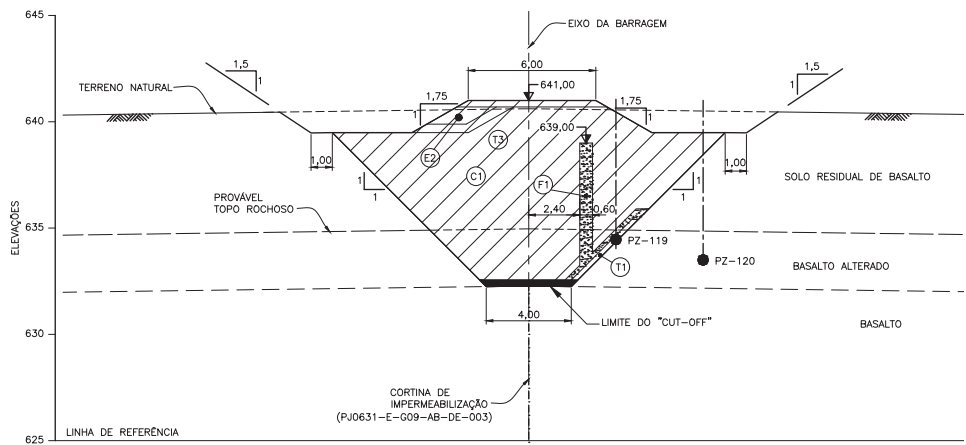
| Esca     | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA |       | PJO631-E-G09-BE-DE-001 | 100     |



SEÇÃO I-1  
(EST. 16+2,00)  
ESC. 1:125



SEÇÃO I-2  
(EST. 16+10,00)  
ESC. 1:125



SEÇÃO I-3  
(EST. 17+10,00)  
ESC. 1:125

## COMO CONSTRUÍDO

LEGENDA :

- (C1) SOLO ARGILOSO COMPACTADO
- (F1) ÁREA MÉDIA E GROSSA
- (T1) TRANSIÇÃO FINA
- (T3) TRANSIÇÃO ÔNICA
- (E2) RIP-RAP

LEGENDA: (INSTRUMENTAÇÃO)

- PZ - PIEZÔMETRO TIPO CASAGRANDE MODIFICADO

NOTA :

1 - TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

REFERÊNCIAS:

PJ0631-E-G09-BE-DE-001 - ÁREA DO BARRAMENTO-ATERRO DE FECHAMENTO-INSTRUMENTAÇÃO-PLANTA.



| Nº  | Descrição       | Prep. | Aprov. | Data |
|-----|-----------------|-------|--------|------|
| 100 | COMO CONSTRUÍDO |       |        |      |

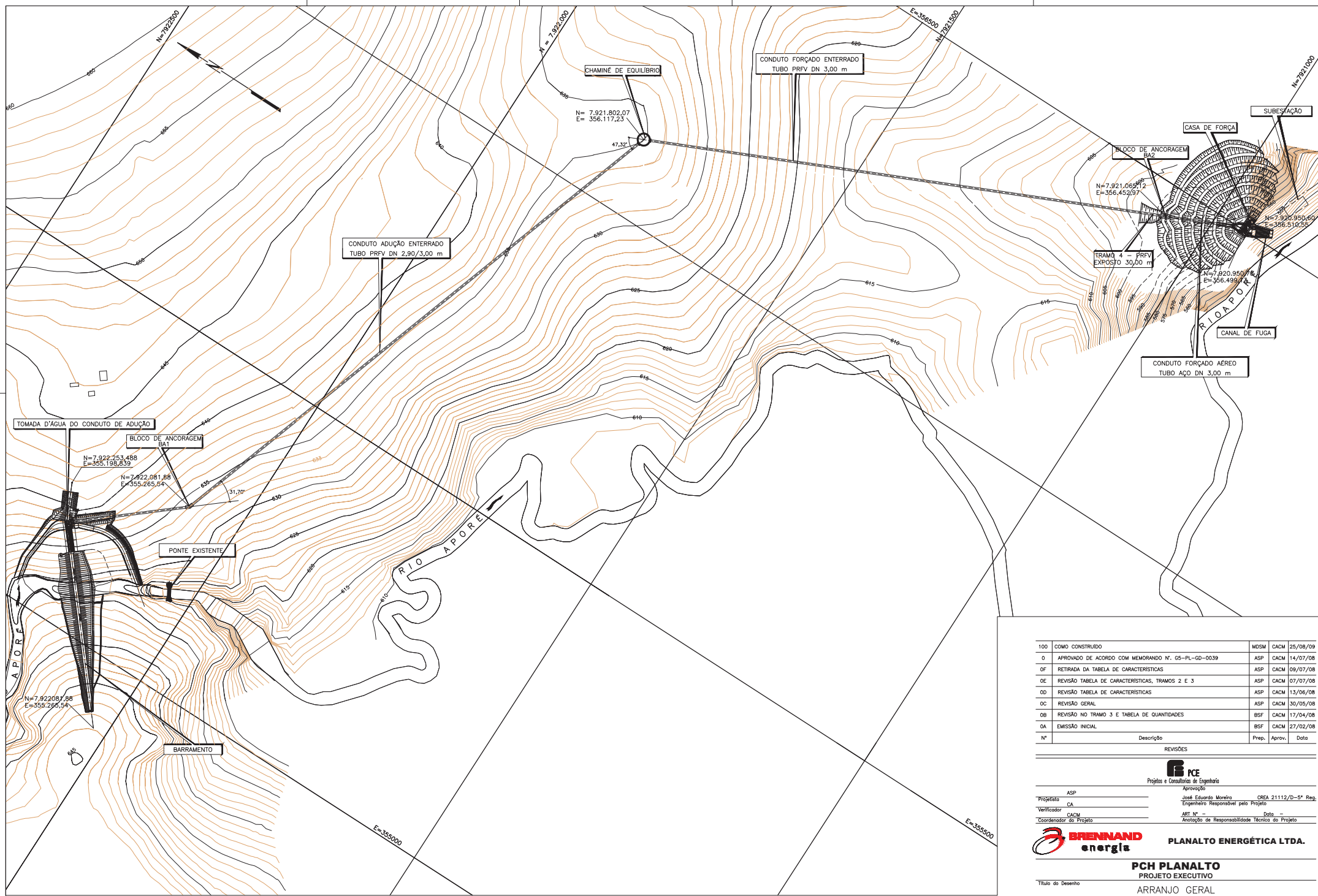
| REVISÕES  |       |                                     |                      |  |
|---|-------|-------------------------------------|----------------------|--|
|   |       |                                     |                      |  |
| Projetos e Consultorias de Engenharia           |       |                                     |                      |  |
| Aprovação                                       |       |                                     |                      |  |
| Projeta   | JC/DS | José Eduardo Moreira                | CREA 21112/D-5ª Reg. |  |
| Verificador                                     | cpp   | Engenheiro Responsável pelo Projeto |                      |  |
| Coordenador do Projeto                          | CACM  | MIT N°                              | Dado                 |  |
| Anulação de Responsabilidade Técnica do Projeto |       |                                     |                      |  |

**BRENNAND energia** **PLANALTO ENERGÉTICA LTDA.**

**PCH PLANALTO**  
**PROJETO EXECUTIVO**  
 Título do Desenho: **ÁREA DO BARRAMENTO**  
**ATERRO DE FECHAMENTO-INSTRUMENTAÇÃO**  
**SEÇÕES**

| Esca     | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|----------|-------|------------------------|---------|
| INDICADA |       | PJ0631-E-G09-BE-DE-002 | 100     |





REFERÊNCIA:  
 PL-TP-01 BASE TOPOGRÁFICA - PROJETO BÁSICO  
 DA MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.

NOTA:  
 1- TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO  
 DE OUTRA FORMA.



COMO  
 CONSTRUIDO

| Nº  | Descrição   | Prep. | Aprov. | Data     |
|-----|---|-------|--------|----------|
| 100 | COMO CONSTRUIDO                                   |       |        |          |
| 0   | APROVADO DE ACORDO COM MEMORANDO N. 05-PL-GD-0039 | ASP   | CACM   | 25/08/09 |
| 0F  | RETIRADA DA TABELA DE CARACTERÍSTICAS             | ASP   | CACM   | 14/07/08 |
| 0E  | REVISÃO TABELA DE CARACTERÍSTICAS, TRAMOS 2 E 3   | ASP   | CACM   | 09/07/08 |
| 0D  | REVISÃO TABELA DE CARACTERÍSTICAS                 | ASP   | CACM   | 07/07/08 |
| 0C  | REVISÃO GERAL                                     | ASP   | CACM   | 13/06/08 |
| 0B  | REVISÃO NO TRAMO 3 E TABELA DE QUANTIDADES        | ASP   | CACM   | 30/05/08 |
| 0A  | REVISÃO INICIAL                                   | BSF   | CACM   | 17/04/08 |
| 0A  | EMISSÃO INICIAL                                   | BSF   | CACM   | 27/02/08 |

| REVISÕES  |      |   |                      |
|---|------|---|----------------------|
| <b>PCE</b><br>Projetos e Consultorias de Engenharia |      |   |                      |
| Aprovação   |      |   |                      |
| Projeto   | ASP  | José Eduardo Moreira                          | CREA 21112/D-5ª Reg. |
| Verificador   | CA   | Engenheiro Responsável pelo Projeto           |                      |
| Coordenador do Projeto                              | CACM | MET N.º                                       | Data                 |
|   |      | Anoção de Responsabilidade Técnica do Projeto |                      |



**PCH PLANALTO**  
 PROJETO EXECUTIVO  
 ARRANJO GERAL  
 PLANTA

| Esca   | Folha | Nº Desenho             | Revisão |
|--------|-------|------------------------|---------|
| 1:5000 | 1/1   | PJ0631-E-R00-GR-DE-001 | 100     |

DIREITOS RESERVADOS A BRENNAND ENERGIA - PROIBIDA QUALQUER REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO FORMAL.

## **ANEXO II – APRESENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS**



# PCH PLANALTO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS



## APRESENTAÇÃO





## PCH PLANALTO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS



### RESPONSÁVEIS

#### IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

##### **PLANALTO Energética S.A.**

**Endereço:** Fazenda Planalto, S/N - Zona Rural - Aporé - GO - CEP: 75.825-000

Coordenadas da Usina – 18°47'15"S de Latitude Sul e 52°22'31"O de Longitude Oeste Potência

Instalada 17,00 MW – Rio Aporé

Telefone: (67) 3562-3359

**Responsável Técnico da Segurança da Barragem:** Luiz Fernando Figueiredo Dias do Prado

Telefone: (81) 2137-7013 Cel: (81) 8758-0233

E-mail: [luiz.prado@brennandenergia.com.br](mailto:luiz.prado@brennandenergia.com.br)

#### IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO PAE

**Empresa : PROSENGE PROJETOS E ENGENHARIA.**

**Endereço:** Rua Lauro Linhares 2123 – Sala 207 Bloco A – Trindade Shopping – Florianópolis SC

Telefone: (048) 3307-1187

E-mail: [henrique@prosenge.com](mailto:henrique@prosenge.com)





## PCH PLANALTO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS



### 1. CARACTERÍSTICAS DA PCH PLANALTO

- ✓ Potência Instalada 17,00 MW – 2 Francis Horizontal
- ✓ NA Normal Montante – 638,00 m;
- ✓ NA Máximo Maximorum Montante – 640,40 m (TR 10.000 anos);
- ✓ Vertedouro Soleira Livre – capacidade 268,00 m<sup>3</sup>/s;
- ✓ Barragem Terra – H<sub>máx</sub> = 13,00 m;
- ✓ Cota Proteção Barramento – 641,00 m.

## 1. CARACTERÍSTICAS DA PCH PLANALTO



## **2. PORQUE DA LEI DE SEGURANÇA DE BARRAGENS?**

**BARRAGENS** → obras associadas a um elevado potencial de risco → ruptura.

Conseqüências de rompimento:

- perdas de vidas humanas;
- catastróficas para as estruturas;
- catastróficas para o meio ambiente;
- elevados custos econômicos.

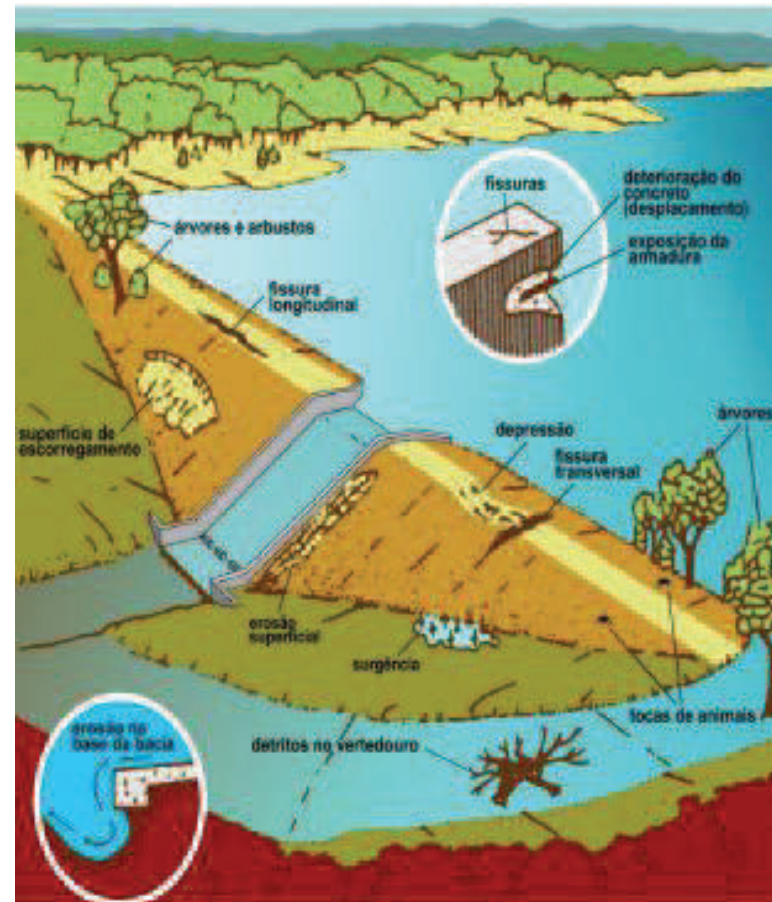
As causas:

- falhas de projeto;
- falta de fiscalização durante a construção;
- falta de manutenção.

## 3. PROBLEMAS MAIS COMUNS EM BARRAGENS

As vistorias rotineiras nas estruturas do barramento tem a função principal de identificar com a máxima antecedência a ocorrência de algum problema na estrutura.

A correção das anomalias observadas logo no seu início evitam maiores consequências para as estruturas.



#### 4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

I – Altura da Barragem  $\geq 15$  m (quinze metros) → **PCH PLANALTO:  $h = 13,00$  m**



**PCH PLANALTO → Não seria Necessário Plano de Segurança da Barragem**

## 4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

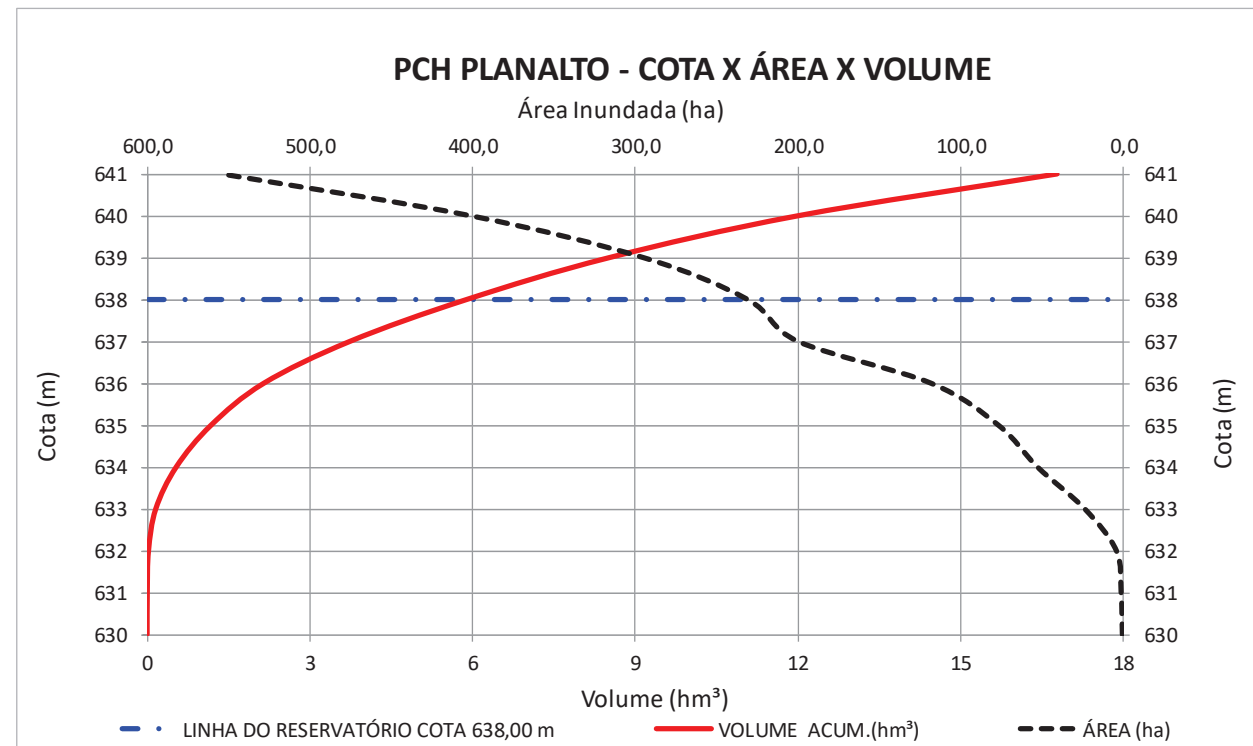
### Aplicação da Lei:

#### II – Volume reservatório

≥  
3.000.000 m<sup>3</sup> (3 hm<sup>3</sup>)

**PCH PLANALTO**

**5,89 hm<sup>3</sup>**



PCH PLANALTO → Seria Necessário Plano de Segurança da Barragem

#### 4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

III – Reservatório → Resíduos perigosos (NBR 10004:2004 e CONAMA 23/96)



Barragem de rejeitos industriais  
ou de mineração

#### 4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

##### Aplicação da Lei:

IV – Dano potencial associado → Termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas → **PCH PLANALTO não tem população a jusante** → Logo, não seria necessário Plano de Ação de Emergência (PAE), porém foi realizado devido solicitação ANEEL





## LEI Nº12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Plano de Segurança da Barragem, deverá conter para a PCH PLANALTO:

- *Identificação do empreendedor;*
- *Dados técnicos empreendimento → necessários para a operação e manutenção da barragem;*
- *Estrutura organizacional e qualificação técnica → equipe de segurança da barragem;*
- *Manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;*
- *Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem*
- *Área a ser resguardada;*
- *Plano de Ação de Emergência → Dano potencial associado médio;*
- *Relatórios das inspeções de segurança;*
- *Revisões periódicas de segurança.*

## **5. MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO CIVIL**

### **INSPEÇÕES CIVIL**

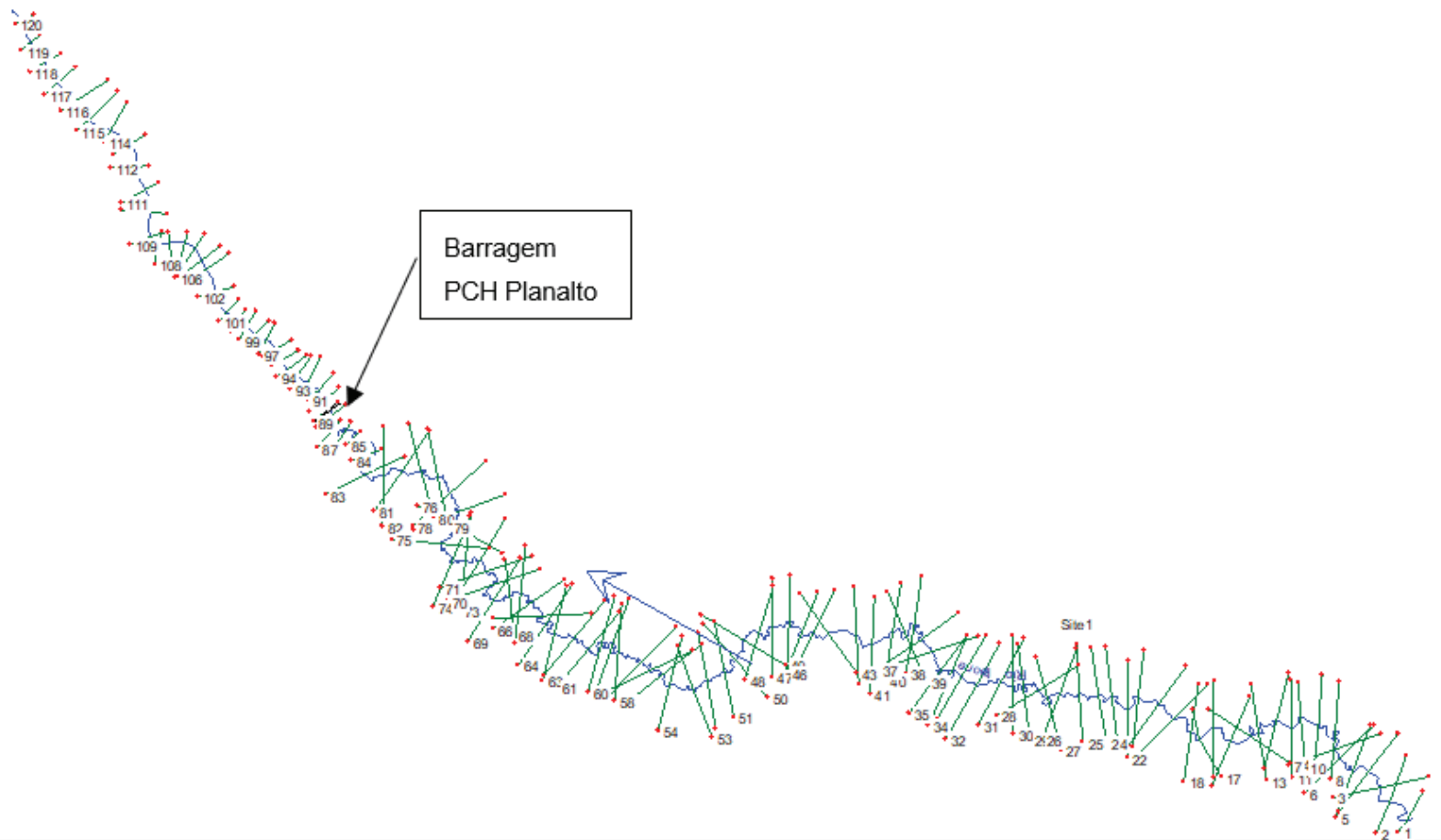
- ✓ **ROTINEIRAS – MENSAIS (OPERADORES) → Listas de Verificações Simplificada e leituras Instrumentação;**
- ✓ **REGULARES – ANUAL (ESPECIALISTAS) → Listas de Verificações – Detalhada e Recomendações Técnicas;**
- ✓ **ESPECIAIS – EMERGÊNCIAS (ESPECIALISTAS) → Listas de Verificações – Detalhada e Recomendações Técnicas**

**Contato com Responsável Técnico da Barragem**

## 6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

### 1. Programa Computacional

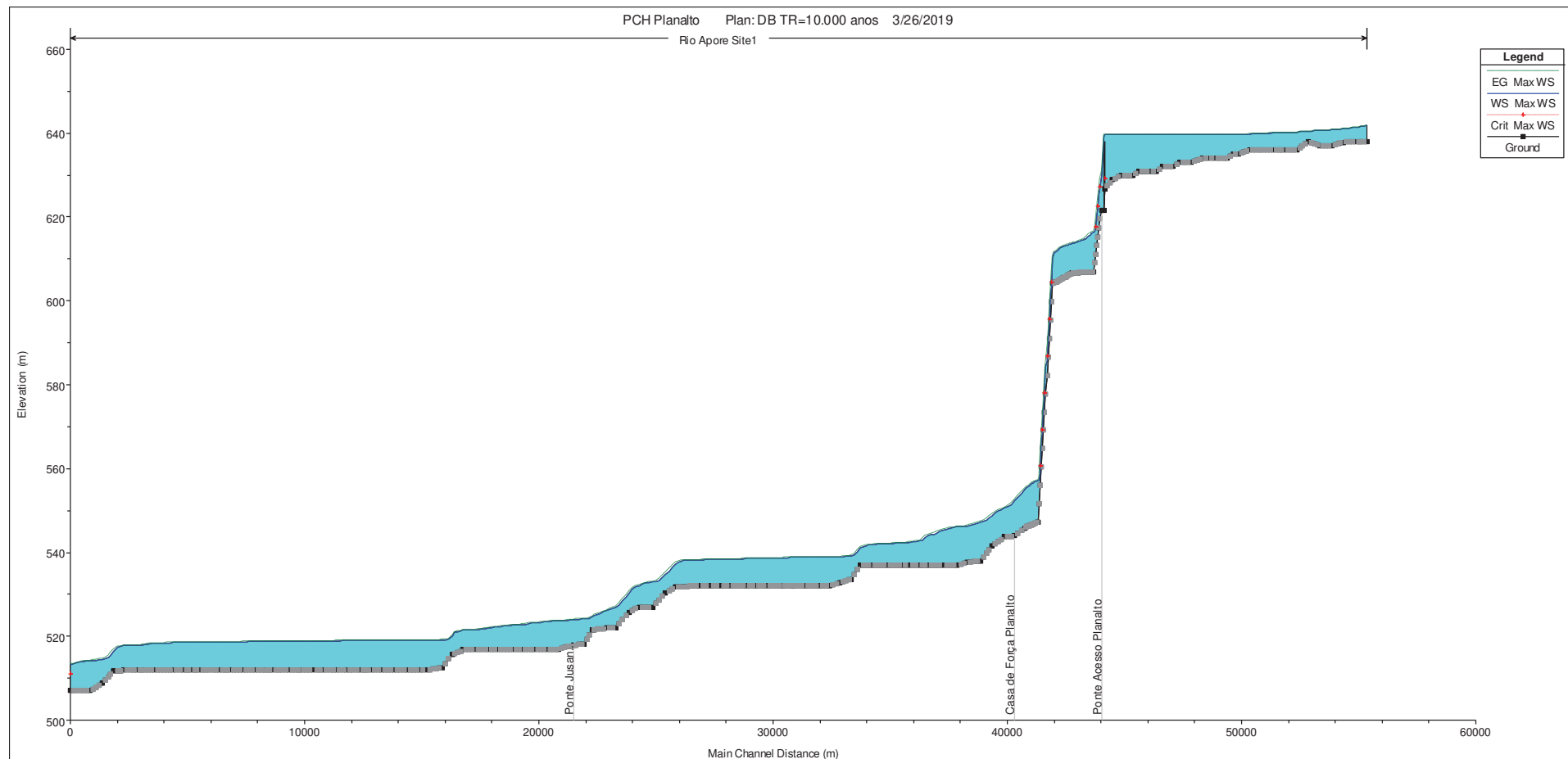
HEC-RAS 5.0.3 (desenvolvido por  
U.S. Army Corps of Engineers)



## 6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

### 2. Dados de entrada

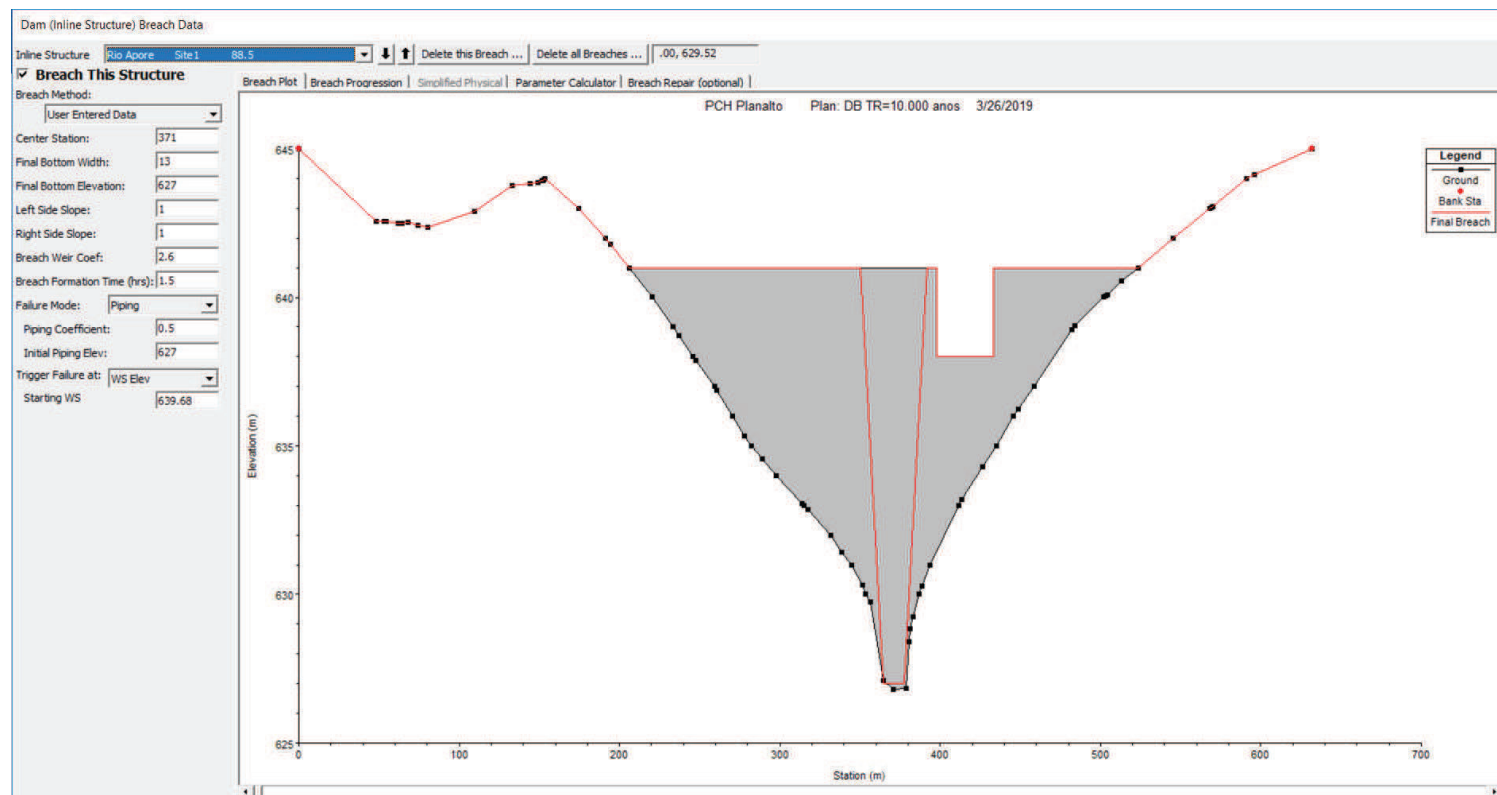
- ✓ Geografia da região e geometria do rio;



## 6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

### 2. Dados de entrada

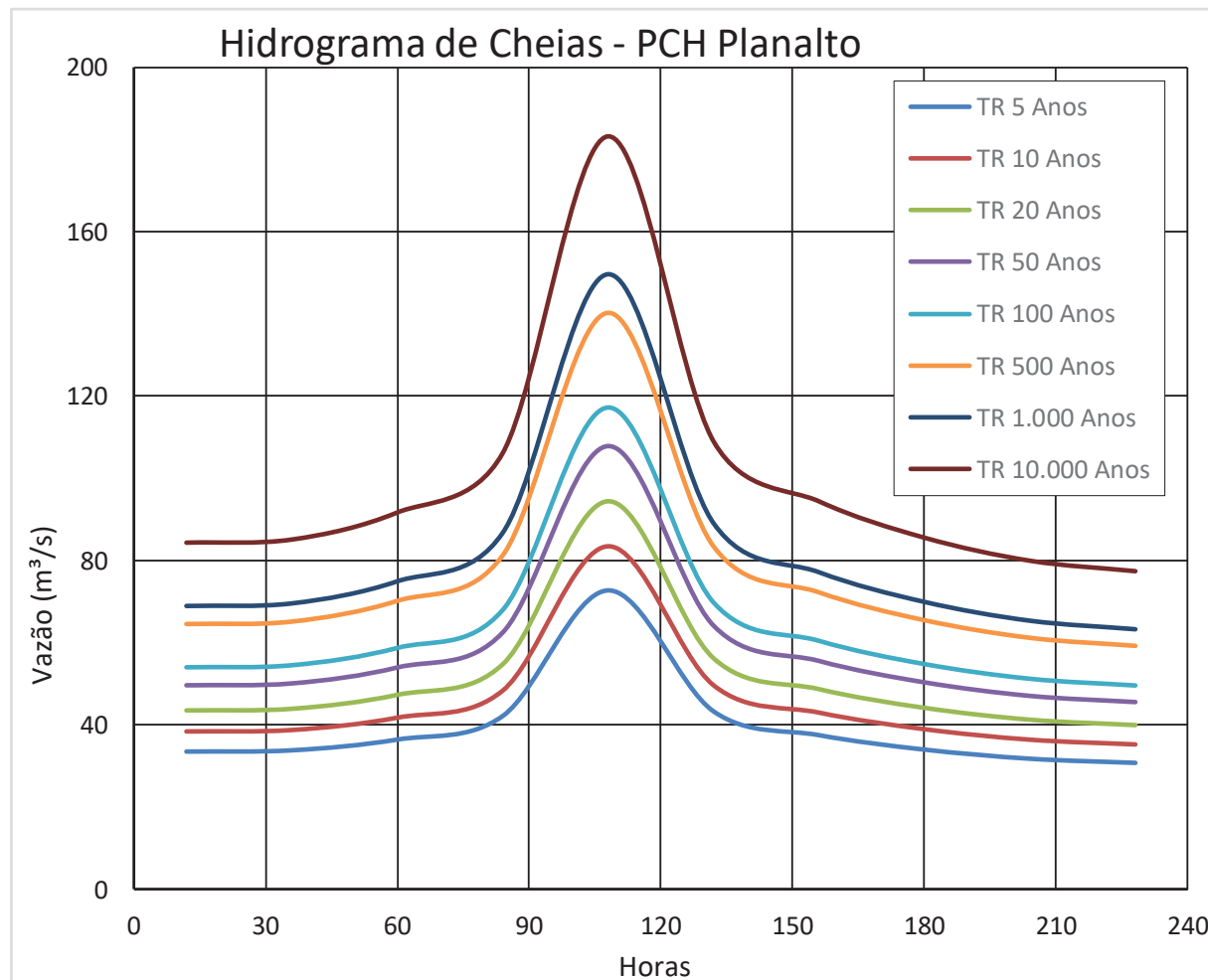
- ✓ Geografia da Barragem;



## 6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

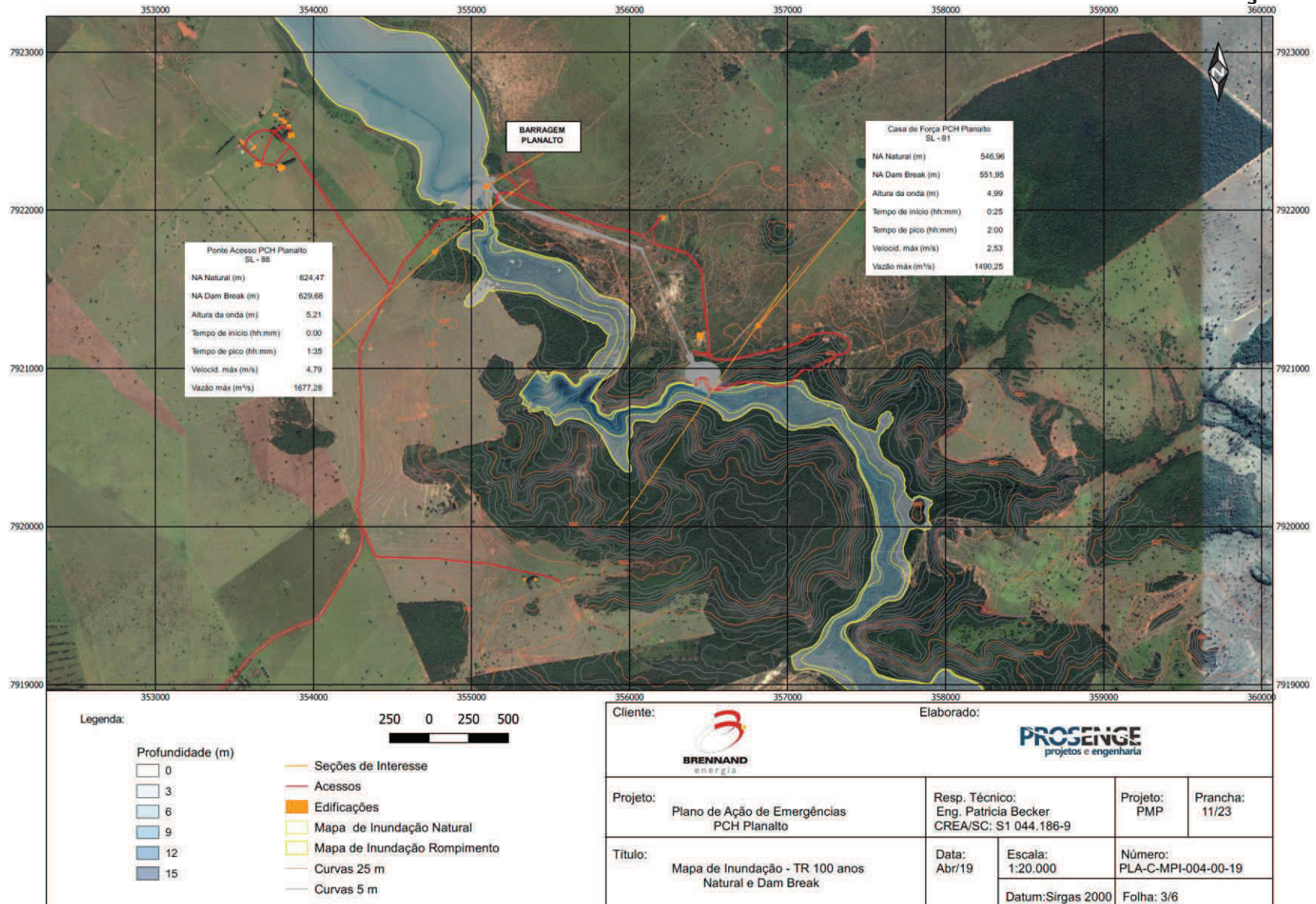
### 2. Dados de entrada

- ✓ Hidrograma de Cheias – PCH PLANALTO;



## 6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

## 3. Resultados das Simulações



## 6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

### 4. Zona de Autossalvamento - ZAS

No estudo de rompimento da barragem da PCH PLANALTO → ZAS se encontra a 9,96 km de distância da barragem para a pior condição de estudo que é o rompimento com a cheia de 10.000 anos.

Dentro da ZAS existem aproximadamente (01) Casa de Força e (01) regiões (ponte) no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia. Na Tabela apresenta-se a sua localização e principais características.

| <b>BARRAGEM PLANALTO</b>                   |                              |                                |                                 |                              |                      |
|--|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------|
| <b>Infraestrutura e Edificações na ZAS</b> |                              |                                |                                 |                              |                      |
| Denominação                                | Descrição                    | Coordenada geográfica Latitude | Coordenada geográfica Longitude | Distância do barramento (Km) | Cota (m) - TR=10.000 |
| 88   | Ponte Acesso Planalto        | -18° 47' 19,28"                | -52° 22' 29,94"                 | 0,15                         | 630,06               |
| 81   | Casa de Força - PCH Planalto | -18° 47' 57,57"                | -52° 21' 42,10"                 | 3,86                         | 552,27               |
| 69   | Limite ZAS                   | -18° 49' 23,35"                | -52° 20' 37,78"                 | 9,96                         | 541,88               |





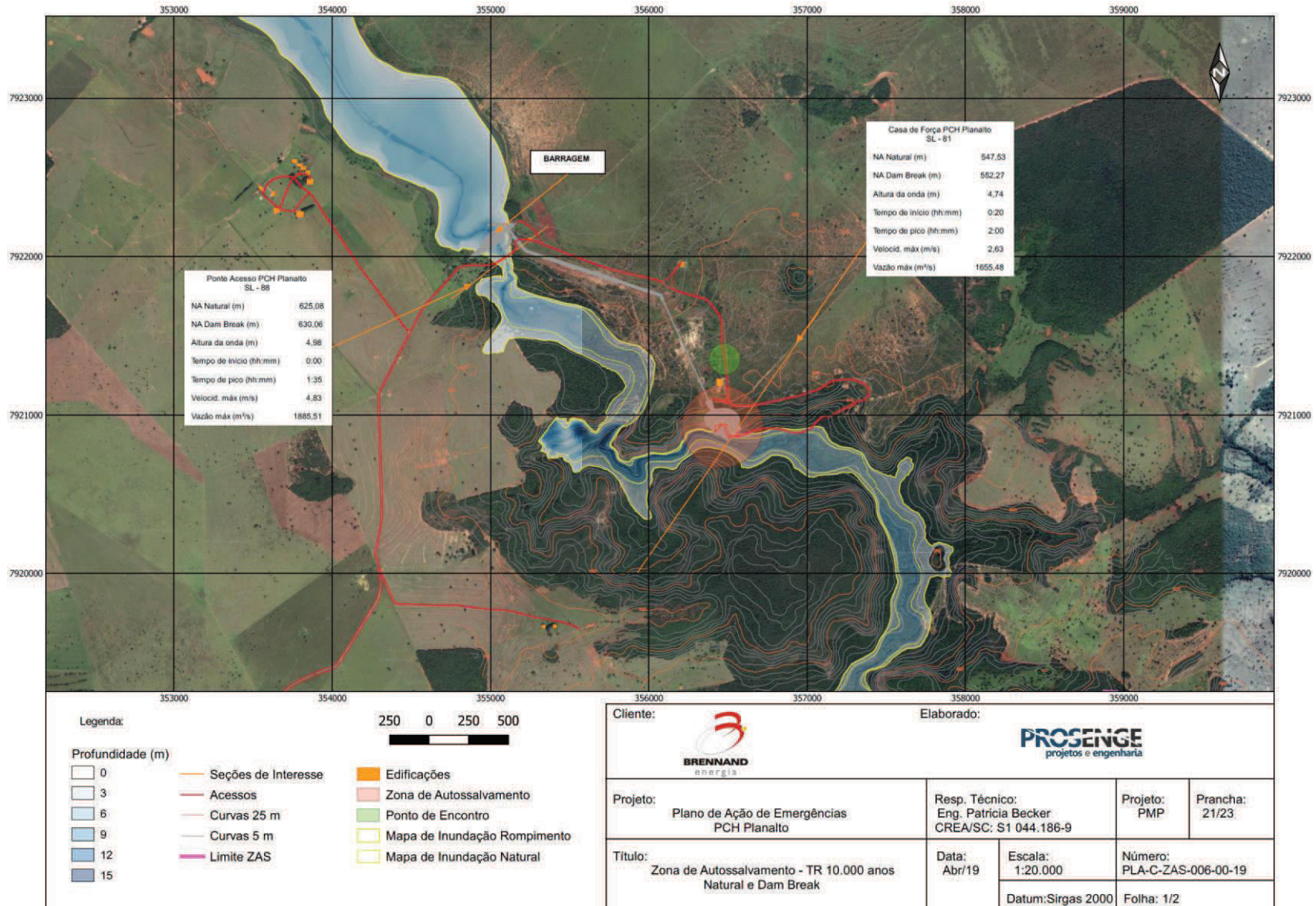
**BRENNAND**  
energia

# PCH PLANALTO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS



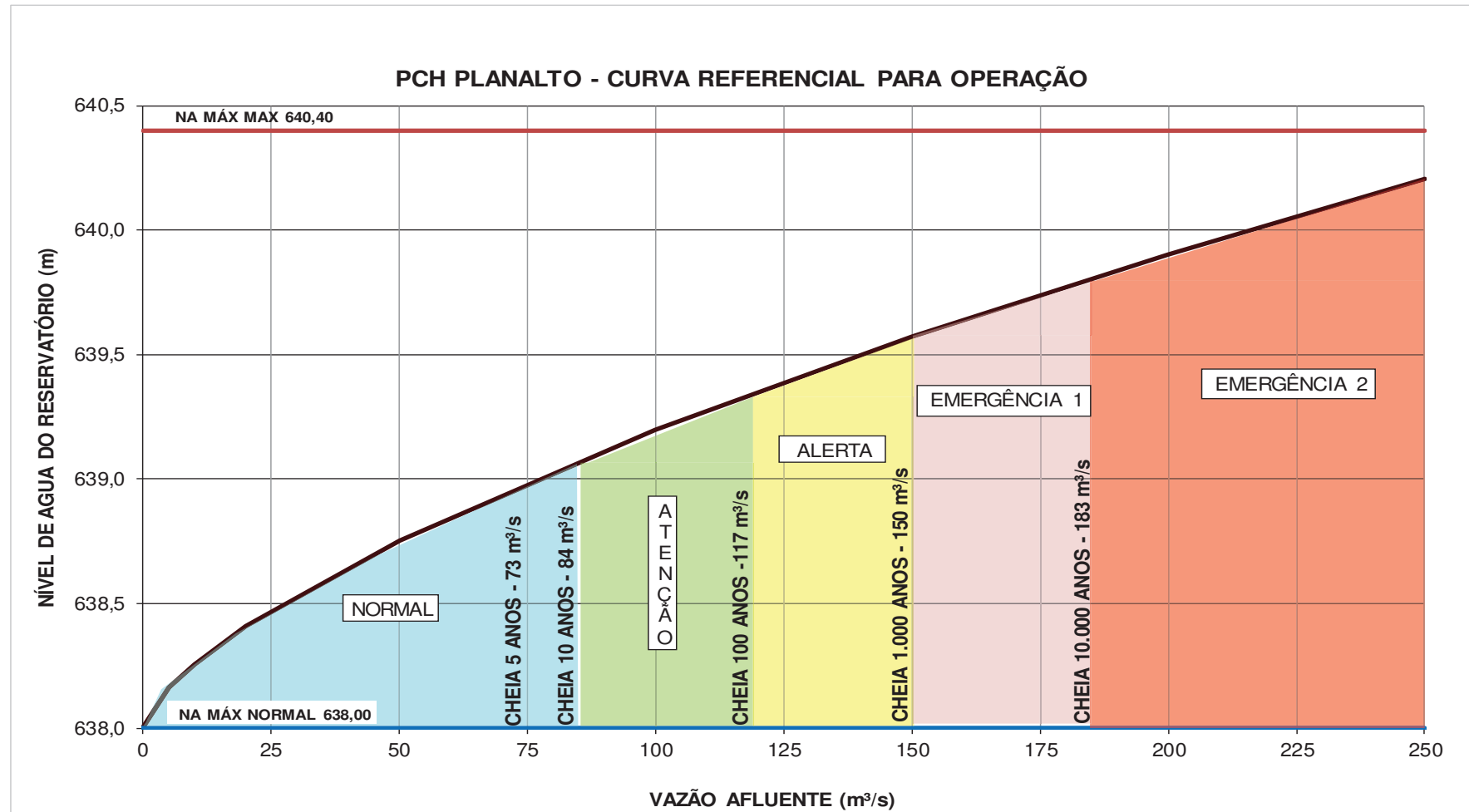
## 6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

## 4. Zona de Autossalvamento - ZAS



## 7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

### 7.1 Condição Hidrológica



## 7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

### 7.1 Condição Hidrológica e Estrutural

| Nível de Segurança   | Condições e Situações   |
|--|---|
| <p>Nível Normal (azul)</p> <p>a) Operação normal das estruturas de descarga</p>  | <p>a) cheia até 84 m<sup>3</sup>/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.</p>   |
| <p>Nível Atenção (verde)</p> <p>a) Operação normal das estruturas de descarga</p>  | <p>a) cheia de 84 até 117 m<sup>3</sup>/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente.</p>  |
| <p>Nível Alerta (amarelo)</p> <p>a) Início Infiltração com carreamento de material acima do normal com qualquer condição hidrológica ou problema de operação nas comportas em qualquer condição de cheia</p> | <p>a) cheia de 117 até 150 m<sup>3</sup>/s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades;<br/>b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou no sistema de operação do vertedouro.</p>   |
| <p>Nível Emergência 1 (Rosa)</p> <p>a) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando na cota de coroamento da barragem com vertedouro sem condições de operação</p>                             | <p>a) cheia de 150 até 183 m<sup>3</sup>/s (TR entre 1.000 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades;<br/>b) Infiltração sem controle com carreamento de material da barragem, possível rompimento da barragem. Aviso aos agentes externos da Emergência.</p> |
| <p>Nível Emergência 2 (vermelho)</p> <p>a) Ruptura está prestes a ocorrer, ocorrendo ou acabou de ocorrer com qualquer condição hidrológica.</p>   | <p>Rompimento da Barragem com formação da onda de cheia com qualquer condição hidrológica → Retirada dos atingidos de jusante</p>   |

a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

b) nível de alerta devido as condições de instrumentação, barragem ou sistema de operação do vertedouro.

**EMERGÊNCIA 2** – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica por piping. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando retirada do pessoal da casa de força e o bloqueio dos acessos para as duas pontes a jusante. Sempre que entrar em EMERGÊNCIA 2 o rebaixamento do reservatório deve ser iniciado.

**IMPORTANTE** – A observação em campo de surgências de água na barragem, diminuição do Nível do reservatório repentino deve ser imediatamente informado ao supervisor.

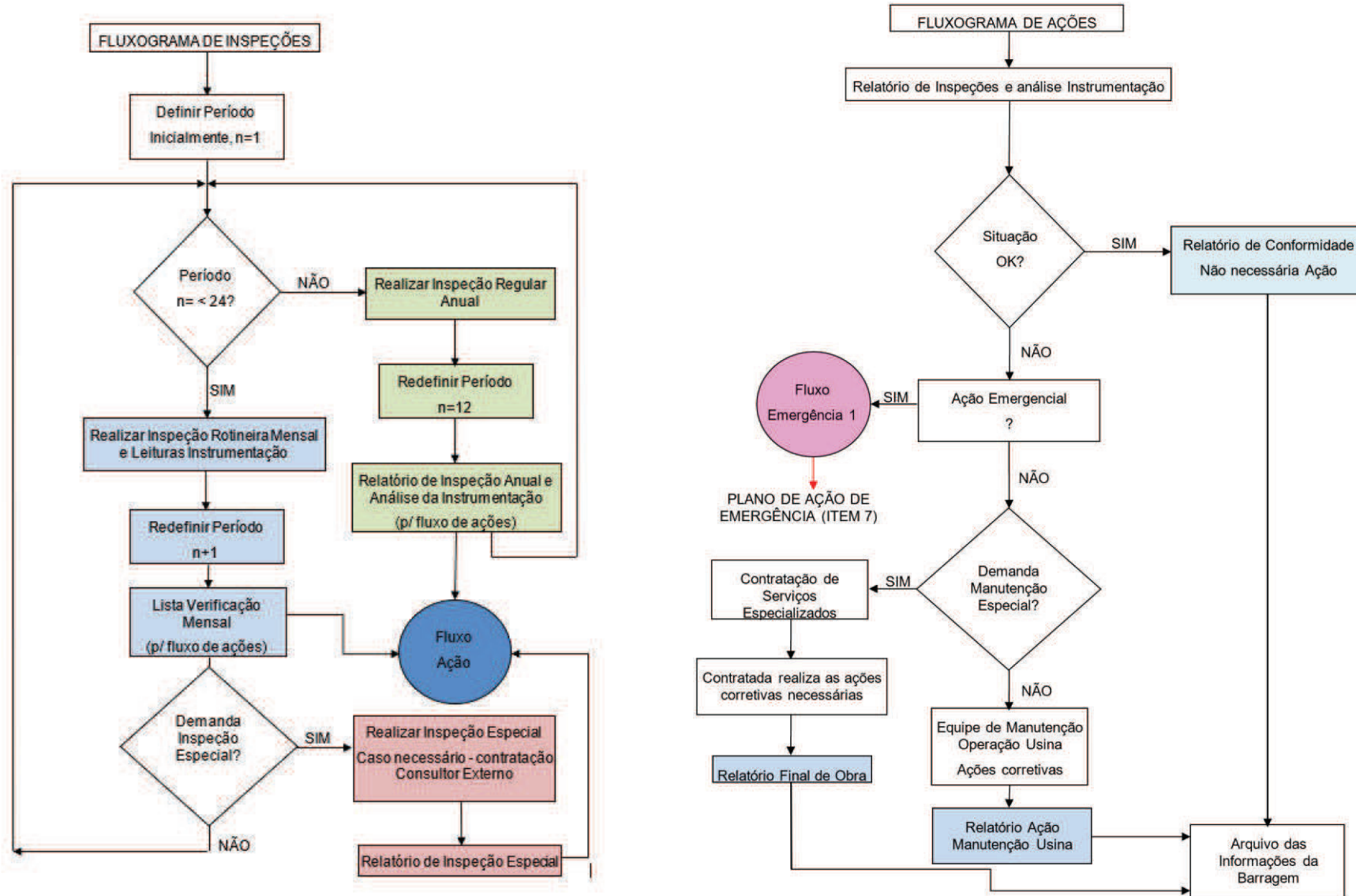
Caso a barragem esteja em risco de colapso o reservatório deve ser rebaixado ao nível mínimo possível através das descargas de fundo o que reduz substancialmente o impacto da onda de cheia em um eventual rompimento preservando assim as estruturas e propriedades a jusante da barragem da PCH Planalto. Este procedimento deve ser realizado mediante orientação do responsável da segurança da barragem e realizado o quanto antes, visando preservar as estruturas a jusante e o próprio barramento.

## 7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

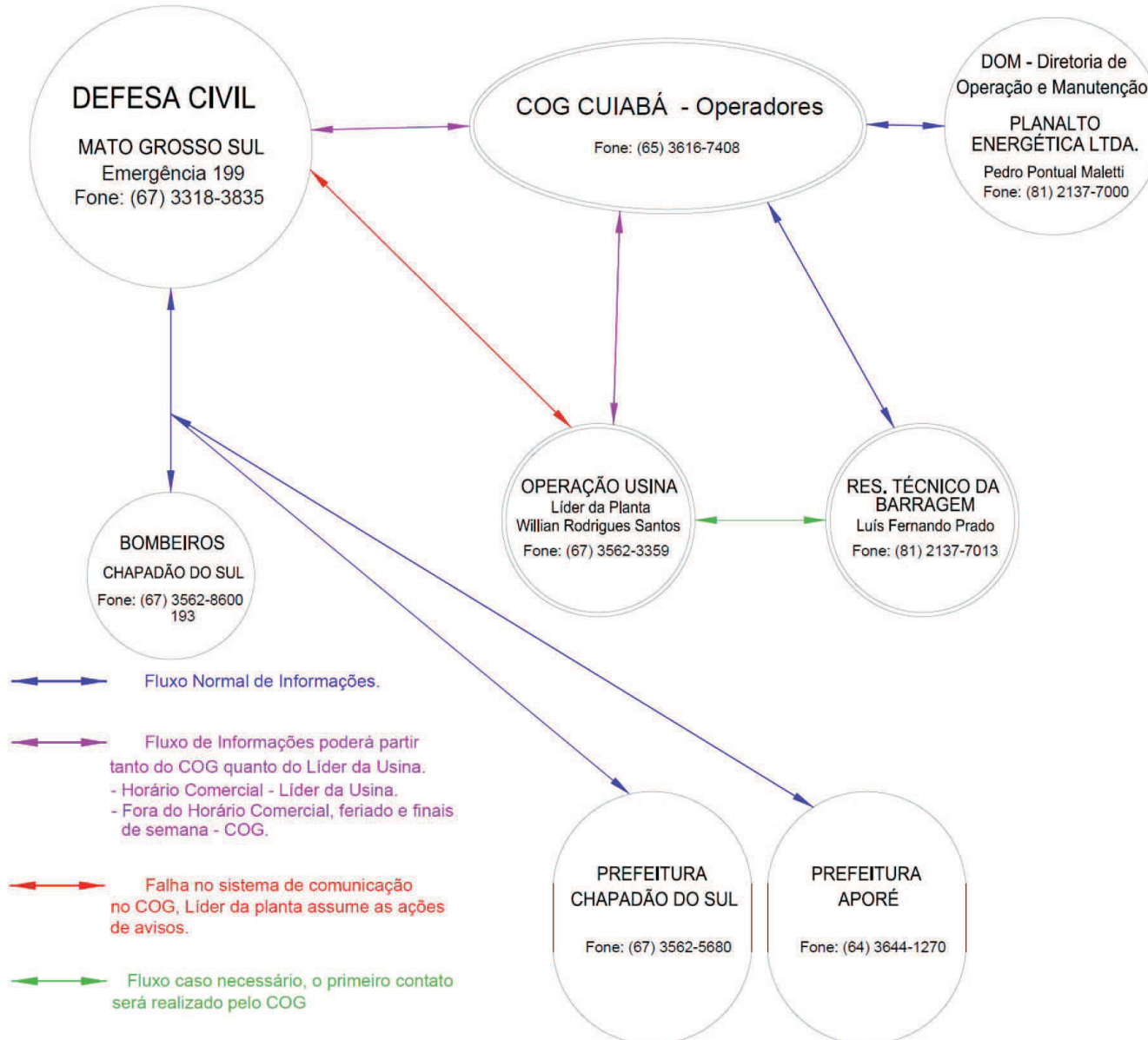
### 7.2 Condição Estrutural – Plano de Segurança da Barragem



## 8. FLUXOGRAMAS DE INFORMAÇÕES



## 9. FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO



## **10. RESPONSABILIDADES DOS AGENTES**

### **10.1 Interno – PLANALTO ENERGÉTICA S.A.**

- ✓ Correção de qualquer deficiência constatada;
- ✓ Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas da Usina e do reservatório;
- ✓ Inspeção e manutenção nas estruturas civis da Usina;
- ✓ Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos, disponibilidade de equipes preparadas bem como de equipamentos;
- ✓ Manutenção dos meios de comunicação prevendo sempre alternativas devido a possíveis falhas que são comuns em emergências;
- ✓ Manter observação sobre todas as estruturas da usina, principalmente nas mais distantes, contra possíveis ações predatórias de terceiros, incluindo animais;
- ✓ Providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- ✓ Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;

## **10. RESPONSABILIDADES DOS AGENTES**

### **10.1 Interno – PLANALTO ENERGÉTICA S.A.**

- ✓ Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de resposta;
- ✓ Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- ✓ Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- ✓ Alertar a população potencialmente afetada na ZAS;
- ✓ Notificar as autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- ✓ Emitir declaração de encerramento da emergência;
- ✓ Providenciar a elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência



## **10. RESPONSABILIDADES DOS AGENTES**

### **10.2 Responsabilidades dos Agentes Externos – Âmbito Municipal e Estadual**

#### **A - Defesa Civil (Principais)**

- ✓ Coordenar as ações de Defesa Civil;
- ✓ Conhecer o Plano de Ações de Emergência da Usina;
- ✓ Retirada dos atingidos de jusante;
- ✓ Vistoriar os municípios atingidos, lavrando o respectivo laudo;
- ✓ Comunicar ao Departamento de Defesa Civil do Governo Federal as ocorrências havidas;
- ✓ Elaborar plano de ação, mapeando e reconhecendo as áreas de risco inundáveis relativas à sua área de competência;
- ✓ Neutralizar qualquer indício de agitação da ordem pública quando da realização dos trabalhos de defesa civil nas áreas atingidas;
- ✓ Coordenar a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- ✓ Disponibilizar escolas e ginásios de esportes, para abrigar a população desalojada.

## **10. RESPONSABILIDADES DOS AGENTES**

### **10.2 Responsabilidades dos Agentes Externos – Âmbito Municipal e Estadual**

#### **B - Polícia Militar (Principais)**

- ✓ Manter o controle da frota de veículos, através do setor de transporte;
- ✓ Manter controle dos acessos e rodovias, interditando-as ou adotando medidas de precaução naquelas cuja utilização possam causar danos aos usuários.

#### **C - Corpo de Bombeiros**

- ✓ Difundir a nível comunitário, técnicas de primeiros socorros;
- ✓ Atendimento imediato das emergências quando acionados;
- ✓ Desenvolver ações de socorro, em todos os municípios atingidos;
- ✓ Garantir a segurança, dentro e fora dos abrigos e acampamentos, assim como nas áreas atingidas;
- ✓ Promover a implantação de atendimento pré – hospitalar e de unidades de emergência, supervisionar a elaboração de planos de mobilização e de segurança dos hospitais, em situações de desastres;

## **10. RESPONSABILIDADES DOS AGENTES**

### **10.2 Responsabilidades dos Agentes Externos – Âmbito Municipal e Estadual**

#### **D - Secretaria de Saúde**

- ✓ Efetuar a profilaxia de abrigos e acampamentos provisórios, fiscalizando a ocorrência de doenças contagiosas e a higiene e saneamento;
- ✓ Dispor de equipes de médicos legistas, para emprego em áreas atingidas, se houver número elevado de óbitos;



## PCH PLANALTO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS



# OBRIGADO!

**Henrique Yabrudi Vieira - Engenheiro Civil**

E-mail: [henrique@prosenge.com](mailto:henrique@prosenge.com)

Telefone: (48) 3307-1187 e (49) 99124-0254

[www.prosenge.com](http://www.prosenge.com)

Rua Lauro Linhares 2123 sala 207 Bloco A, Trindade Shopping - Florianópolis SC - Cep: 88036-003

## **ANEXO III - FORMULÁRIOS**

## DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA URGENTE

**Situação:** \_\_\_\_\_

**Empreendedor:** \_\_\_\_\_

**Barragem:** \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo) \_\_\_\_\_, na condição de Coordenador do PAE da Barragem \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições e responsabilidade que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência, na situação de \_\_\_\_\_, para a barragem \_\_\_\_\_ a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ em função da ocorrência de: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (local) \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

(Nome e assinatura)

\_\_\_\_\_

(cargo e RG)

## DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA URGENTE

**SITUAÇÃO:** \_\_\_\_\_

**Empreendedor:** \_\_\_\_\_

**BARRAGEM:** \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo)  
\_\_\_\_\_, na condição de coordenador do  
PAE da Barragem \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições e  
responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de  
Encerramento da Emergência, na Situação de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
/ \_\_\_\_\_, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da  
Barragem e eliminação do Risco de Ruptura.

OBS:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ (local) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
(Nome e assinatura)

\_\_\_\_\_  
(cargo e RG)

## MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da  
**Barragem** \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Município: \_\_\_\_\_ Rio: \_\_\_\_\_ Bacia Hidrográfica \_\_\_\_\_

A partir das \_\_\_\_:\_\_\_\_h de \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_, está sendo ativado o nível de resposta:

Azul - Normal     Verde - Atenção     Amarelo – Alerta     Emergência -Vermelho

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor:

\_\_\_\_\_  
Entidade Fiscalizadora: Agência Nacional de Energia Elétrica

\_\_\_\_\_  
SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – GO

\_\_\_\_\_  
SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – MS

\_\_\_\_\_  
Prefeitura – Chapadão do Sul – Ms e Aporé - GO

\_\_\_\_\_  
Descrição da situação (causas, evolução)

A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## **ANEXO IV - ARTS**

**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**

Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina

**CREA-SC****ART OBRA OU SERVIÇO****6929334-9**

## 1. Responsável Técnico

**HENRIQUE YABRUDI VIEIRA**

Título Profissional: Engenheiro Civil

RNP: 1701406276  
Registro: 057323-9-SC

Empresa Contratada: PROSENGE PROJETOS E ENGENHARIA LTDA

Registro: 133378-1-SC

## 2. Dados do Contrato

Contratante: Planalto Energética S.A.

Endereço: Rua Fazenda Planalto

Complemento:

Cidade: APORE

Valor da Obra/Serviço/Contrato: R\$ 25.000,00

Ação Institucional:

CPF/CNPJ: 07.953.660/0002-17  
Nº: s/n

Bairro: Bairro Zona Rural

UF: GO

CEP: 75825-000

## 3. Dados Obra/Serviço

Proprietário: Planalto Energética S.A.

Endereço: Rua Fazenda Planalto

Complemento:

Cidade: APORE

Data de Início: 04/03/2019

Data de Término: 15/04/2019

Coordenadas Geográficas: -18.787835 -52.375966

CPF/CNPJ: 07.953.660/0002-17  
Nº: s/n

Bairro: Zona Rural

UF: GO

CEP: 75825-000

## 4. Atividade Técnica

| Estudo   | Avaliação             | Dimensionamento | Laudo        |
|--|-----------------------|-----------------|--------------|
| <b>Plano de Ação de Emergencial - PAE para Barragem</b>                    |                       |                 |              |
|  | Dimensão do Trabalho: | 100,00          | Hora(s)      |
| Análise  | Ensaio                | Avaliação       | Detalhamento |
| <b>Obras hidráulicas</b>   |                       |                 |              |
|  | Dimensão do Trabalho: | 100,00          | Hora(s)      |
| Análise  | Vistoria              | Estudo          | Parecer      |
| <b>Barragem de material misto e/ou especial</b>                            |                       |                 |              |
|  | Dimensão do Trabalho: | 13,00           | Metro(s)     |
| Análise  | Vistoria              | Estudo          | Parecer      |
| <b>Obras hidráulicas</b>   |                       |                 |              |
|  | Dimensão do Trabalho: | 15,00           | Hora(s)      |
| Análise  | Vistoria              | Estudo          | Parecer      |
| <b>Edificação de Materiais Mistos e/ou Especiais Para Fins Industriais</b> |                       |                 |              |
|  | Dimensão do Trabalho: | 15,00           | Hora(s)      |
| Análise  | Vistoria              | Estudo          | Parecer      |
| <b>Estrutura de concreto armado</b>  |                       |                 |              |
|  | Dimensão do Trabalho: | 15,00           | Hora(s)      |

## 5. Observações

Coordenação e elaboração do Plano de Ação de Emergências da PCH Planalto, potência 17 MW, no rio Aporé. Incluindo Inspeção, Hidrologia, Estudos Hidráulicos, modelagem Dam Break e PAE da Barragem (13m)

## 6. Declarações

. Acessibilidade: Declaro, sob as penas da Lei, que na(s) atividade(s) registrada(s) nesta ART não se exige a observância das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

## 7. Entidade de Classe

NENHUMA

## 8. Informações

. A ART é válida somente após o pagamento da taxa.  
Situação do pagamento da taxa da ART em 03/04/2019:

TAXA DA ART A PAGAR NO VALOR DE R\$ 226,50 VENCIMENTO: 15/04/2019

. A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-sc.org.br/art](http://www.crea-sc.org.br/art).

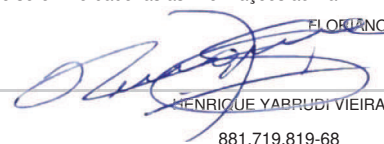
. A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

. Esta ART está sujeita a verificações conforme disposto na Súmula 473 do STF, na Lei 9.784/99 e na Resolução 1.025/09 do CONFEA.

## 9. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

FLORIANÓPOLIS - SC, 03 de Abril de 2019



HENRIQUE YABRUDI VIEIRA

881.719.819-68

Contratante: Planalto Energética S.A.

07.953.660/0002-17



## VOLUME II – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS PCH PLANALTO



**PROSENGE**  
projetos e engenharia

**DESENHOS**

| <b>Número</b>       | <b>Descrição</b>   |
|---------------------|--|
|                     | <b>ÁREA RESGUARDADA E ACESSOS</b>                                    |
| PLA-C-AGE-001-00-19 | Acesso Geral a Usina   |
| PLA-C-PRE-002-00-19 | Propriedade da Usina - Área a Ser Resguardada                        |
|                     | <b>SEÇÕES RESTITUIÇÃO</b>  |
| PLA-C-SRE-003-00-19 | Seções Restituição Folhas 01 a 06                                    |
|                     | <b>MAPAS DE INUNDAÇÃO</b>  |
| PLA-C-MPI-004-00-19 | Mapa Inundação - Natural e Dam Break - Tr 100 anos Folhas 01 a 06    |
| PLA-C-MPI-005-00-19 | Mapa Inundação - Natural e Dam Break - Tr 10.000 anos Folhas 01 a 06 |
|                     | <b>ZONA DE AUTOSALVAMENTO</b>  |
| PLA-C-ZAS-006-00-19 | Zona de Autossalvamento Folhas 01 a 02                               |
|                     | <b>FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO</b>                                     |
| PLA-C-FLA-007-00-19 | Fluxograma de Acionamento de Emergências                             |

REGIÃO CENTRO OESTE DIVISÃO POLÍTICA  
SEM ESCALA



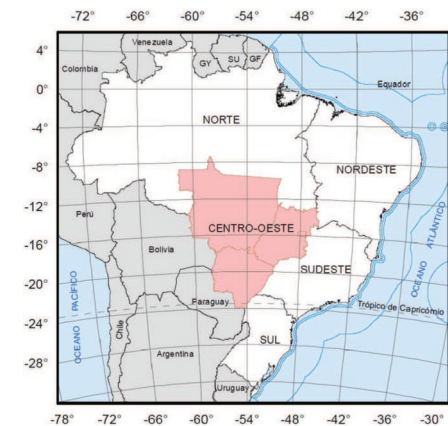
LEGENDA

- Ponte
- Ferrovia
- Rodovia pavimentada
- Rodovia sem pavimentação
- Outras estradas
- Hidroviás
- Curso d'água permanente
- Curso d'água temporário
- Rio de margem dupla

DISTÂNCIAS

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Planalto - Chapadão do Sul     | 34 km  |
| Chapadão do Sul - Campo Grande | 296 km |

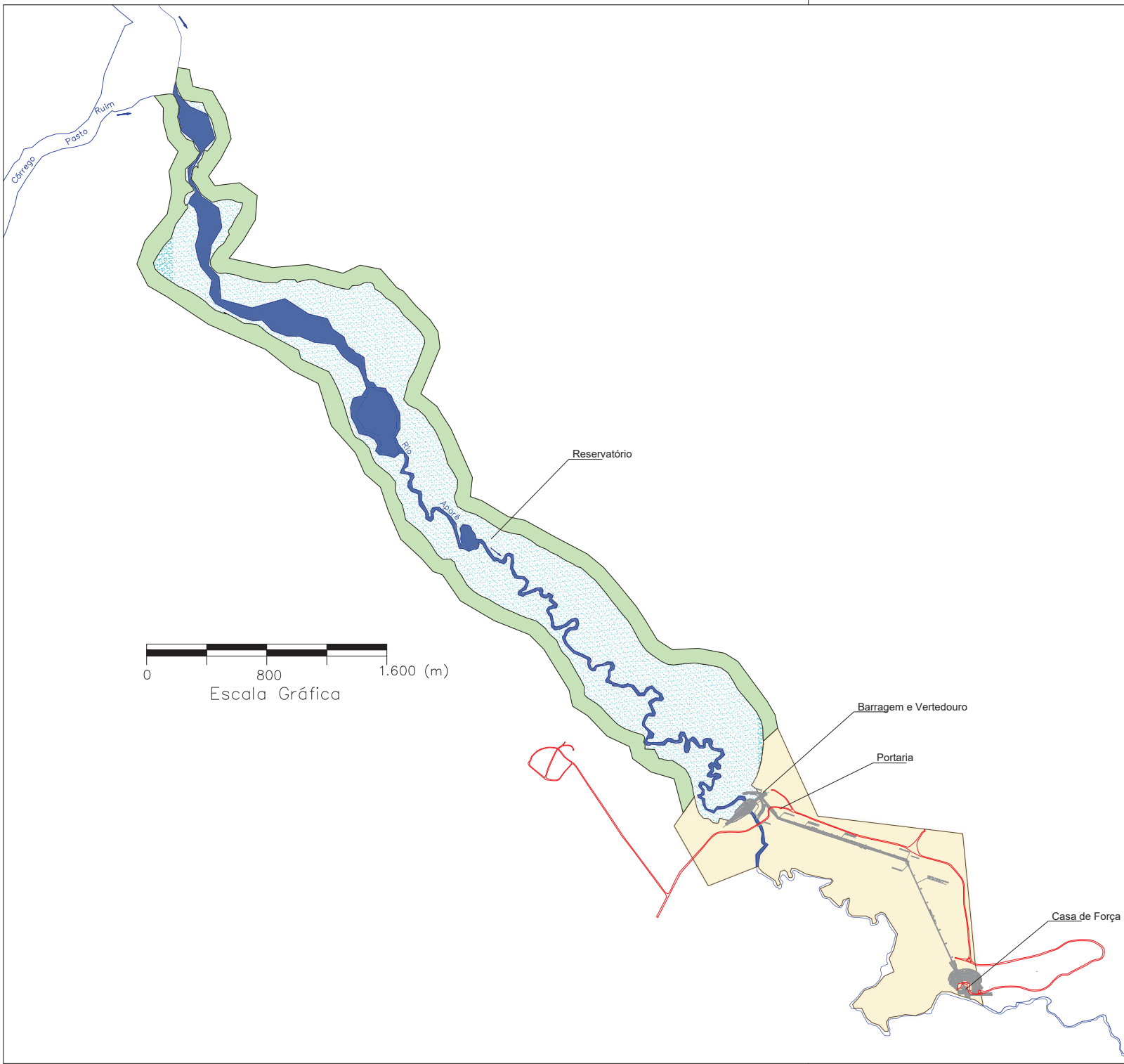
PLANTA CHAVE



ACESSOS E LOCALIZAÇÃO  
SEM ESCALA



|                |                 |        |        |          |               |   |  |         |   |  |
|----------------|-----------------|--------|--------|----------|---------------|---|--|---------|---|--|
| 00             | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 03/04/19 | PROJETO       | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto    |  |         |   |  |
|                | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     | CLIENTE       | Planalto Energética S.A                         |  |         |   |  |
|                |                 |        |        |          | REFERÊNCIA    | Mapa de Localização e Acesso à Usina            |  |         |   |  |
|                |                 |        |        |          | RESP. TÉCNICO | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D |  | PRANCHA | <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">01</div> <div style="text-align: right; font-size: 0.8em;">23</div> |  |
| ELABORADO POR: |                 |        |        |          | PROJETO       | Henrique  |  |         |   |  |
|                |                 |        |        |          | DESENHO       | Henrique  |  | DATA    | 04/2019   |  |
|                |                 |        |        |          | Nº DOCUMENTO  | PLA-C-AGE-001-00-19                             |  | REV.    | 00  |  |
|                |                 |        |        |          | DATA          | 03/04/19  |  |         |   |  |



CONVENÇÕES

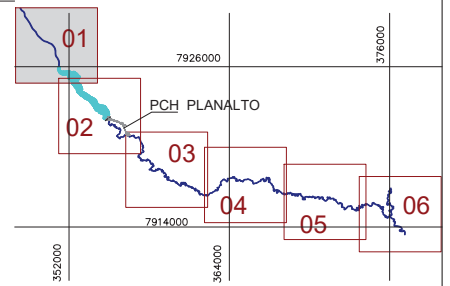
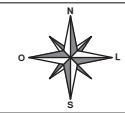
- ESTRADAS e ACESSOS
- RESERVATÓRIO
- APP
- RIO PERENE
- HIDROGRAFIA
- AREA ADQUIRIDA

|    |                 |        |        |          |
|----|-----------------|--------|--------|----------|
| 00 | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 05/04/19 |
|    | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     |

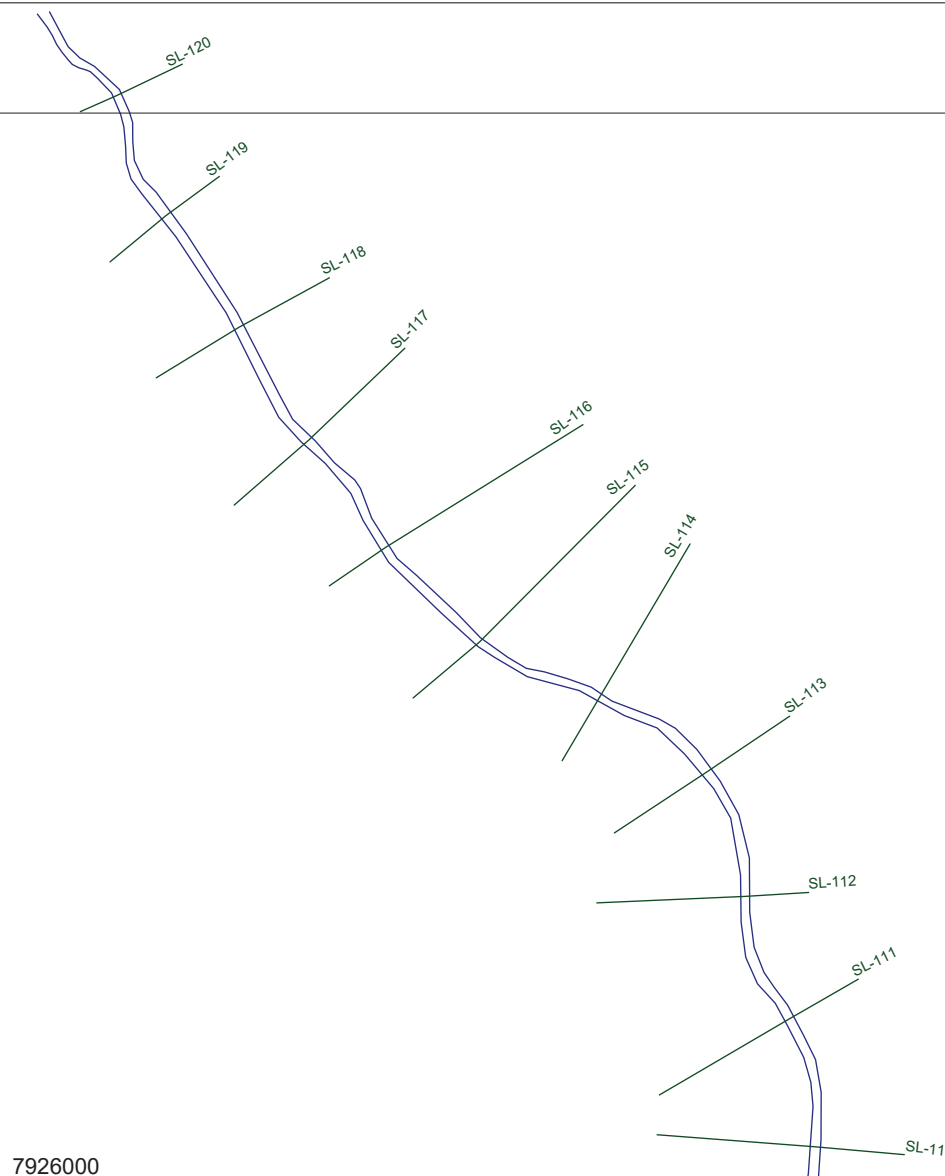


ELABORADO POR:  
**PROSENGE**  
 projetos e engenharia

|               |  |   |  |                    |  |
|---------------|--|---|--|--------------------|--|
| PROJETO       |  |   | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto |                    |  |
| CLIENTE       |  |   | Planalto Energética S.A                      |                    |  |
| REFERÊNCIA    |  |   | Propriedade e Área Resguardada               |                    |  |
| RESP. TÉCNICO |  | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D |  | PRANCHA            |  |
| PROJETO       |  | Henrique  |  | 02<br>23           |  |
| DESENHO       |  | Henrique  |  | DATA<br>05/2019    |  |
| Nº DOCUMENTO  |  | PLA-C-PRE-002-00-17                             |  | ESCALA<br>1:25.000 |  |
|               |  | REV.<br>00                                      |  | DATA<br>05/04/19   |  |



352000



7926000

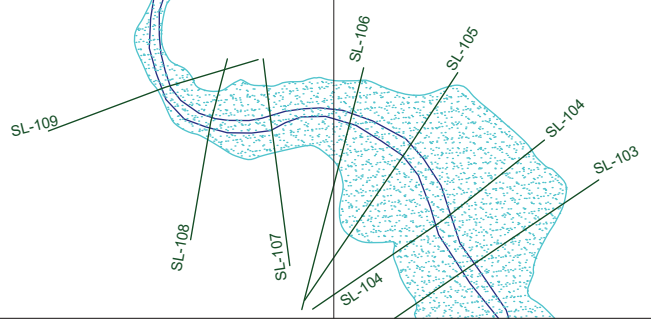
CONVENÇÕES

- ESTRADAS e ACESSOS
- EDIFICAÇÃO
- PORTARIA
- RIO PERENE
- HIDROGRAFIA
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO
- RESERVATÓRIO

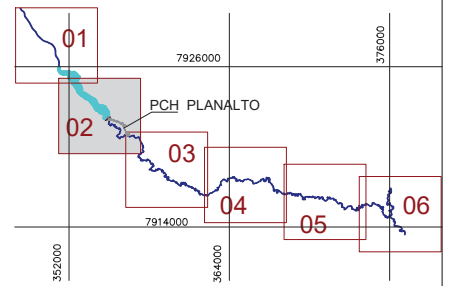
|    |                 |        |        |          |
|----|-----------------|--------|--------|----------|
| 00 | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 07/04/19 |
|    | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     |



ELABORADO POR:



|               |  |                 |                    |
|---------------|--|-----------------|--------------------|
| PROJETO       | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto               |                 |                    |
| CLIENTE       | Planalto Energética S.A.                                   |                 |                    |
| REFERENCIA    | Seções da Restituição<br>Localização das Seções - FI 01/06 |                 |                    |
| RESP. TÉCNICO | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D            | PRANCHAS        | <b>03</b>          |
| PROJETO       | Henrique   |                 | 15                 |
| DESENHO       | Henrique   | DATA<br>04/2019 | ESCALA<br>1:20.000 |
| Nº DOCUMENTO  | PLA-C-SRE-003-00-19  | REV.<br>00      | DATA<br>07/04/19   |



CONVENÇÕES

- ESTRADAS e ACESSOS
- EDIFICAÇÃO
- PORTARIA
- RIO PERENE
- HIDROGRAFIA
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO
- RESERVATÓRIO

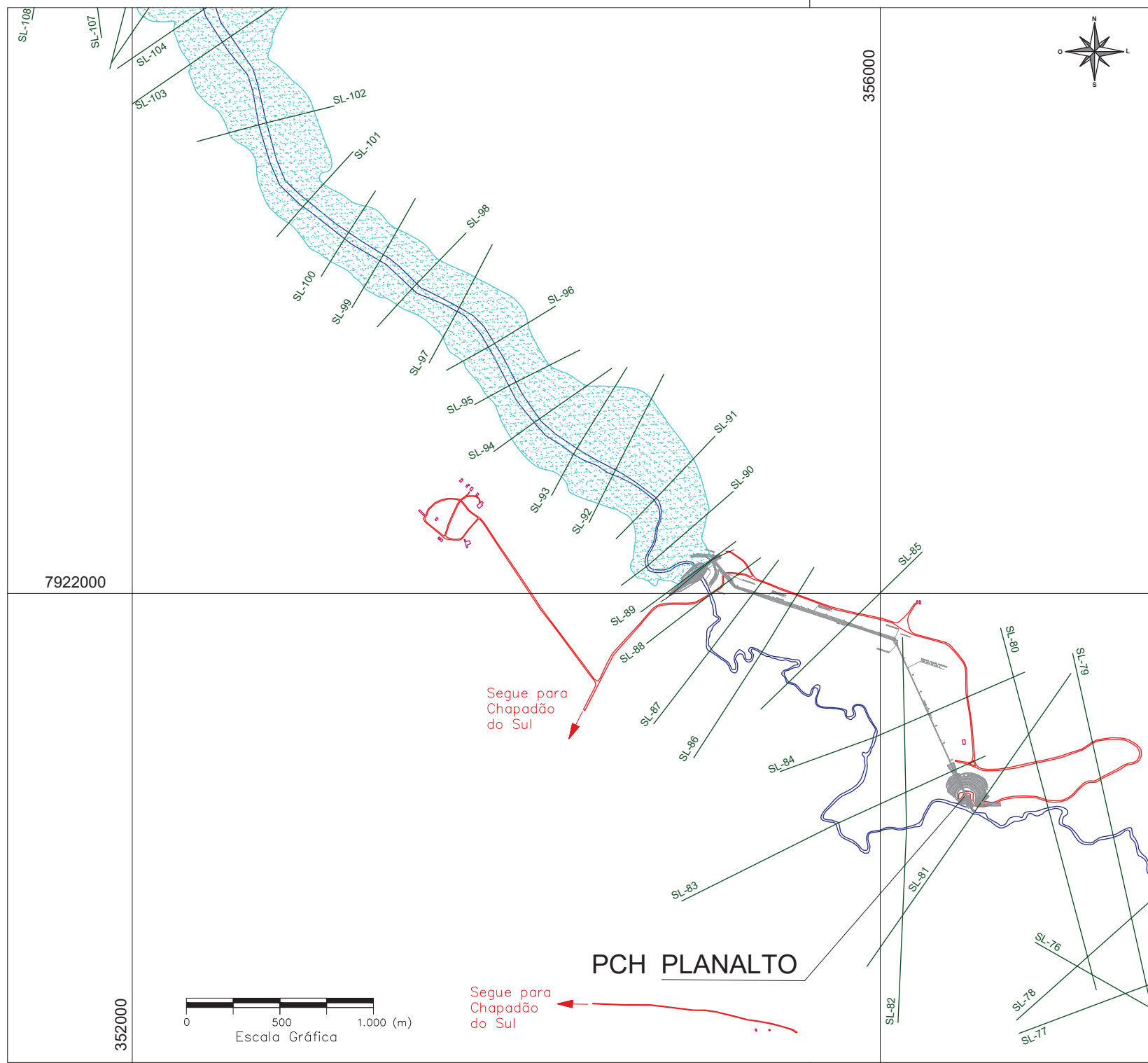
|    |                 |        |        |          |
|----|-----------------|--------|--------|----------|
| 00 | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 07/04/19 |
|    | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     |



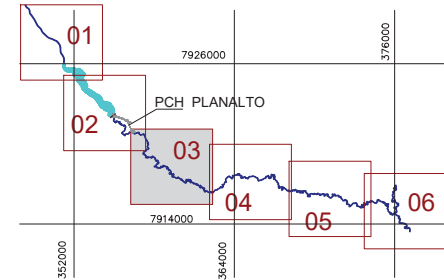
ELABORADO POR:



|               |  |         |           |
|---------------|--|---------|-----------|
| PROJETO       | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto               |         |           |
| CLIENTE       | Planalto Energética S.A.                                   |         |           |
| REFERÊNCIA    | Seções da Restituição<br>Localização das Seções - FI 02/06 |         |           |
| RESP. TÉCNICO | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D            | PRANCHA | <b>04</b> |
| PROJETO       | Henrique   |         | 15        |
| DESENHO       | Henrique   | DATA    | 04/2019   |
| Nº DOCUMENTO  | PLA-C-SRE-003-00-19  | REV.    | 00        |
|               |  | ESCALA  | 1:20.000  |
|               |  | DATA    | 07/04/19  |







CONVENÇÕES

- ESTRADAS e ACESSOS
- EDIFICAÇÃO
- PORTARIA
- RIO PERENE
- HIDROGRAFIA
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO
- RESERVATÓRIO

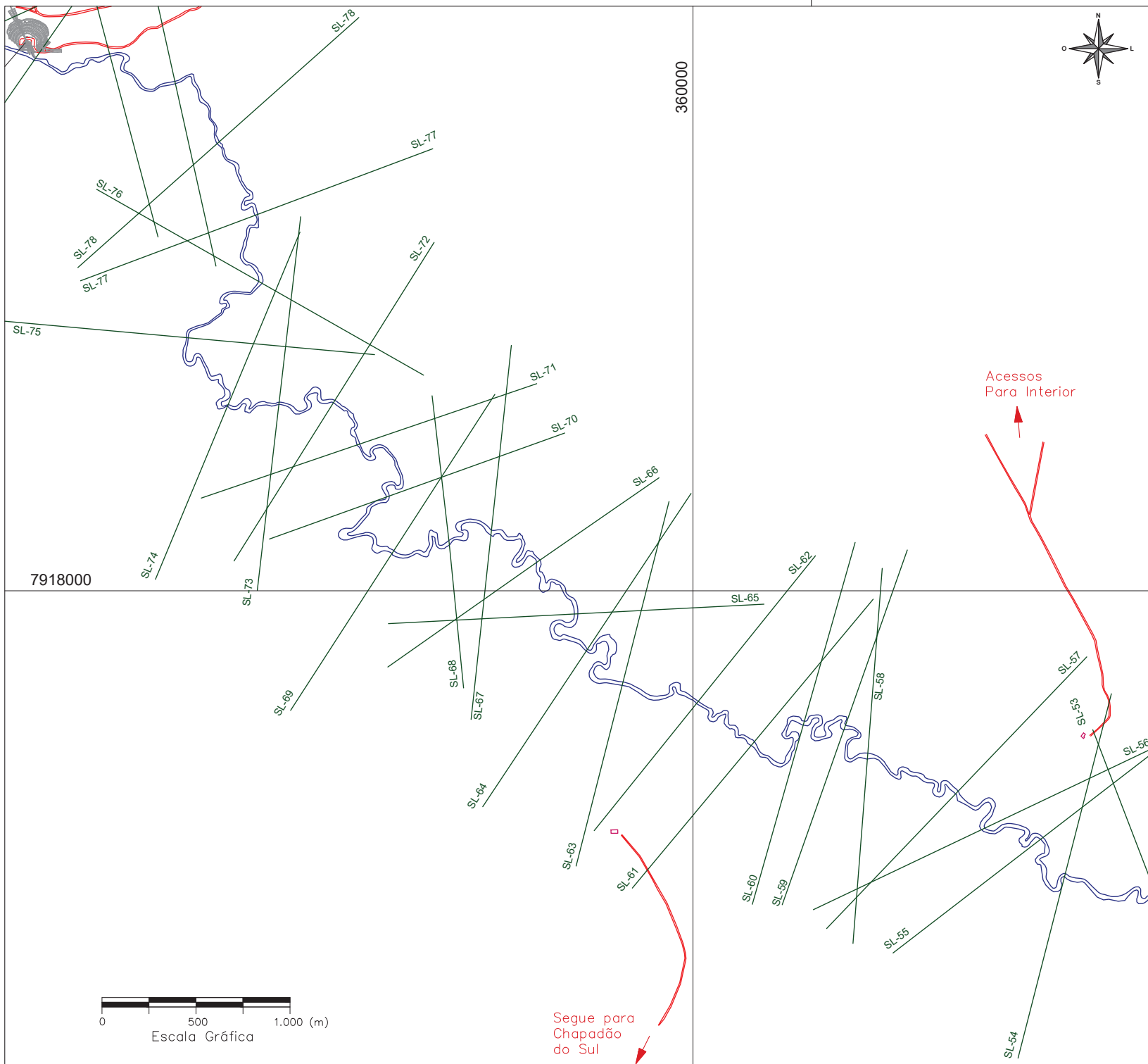
|    |                 |        |        |          |
|----|-----------------|--------|--------|----------|
| 00 | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 07/04/19 |
|    | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     |

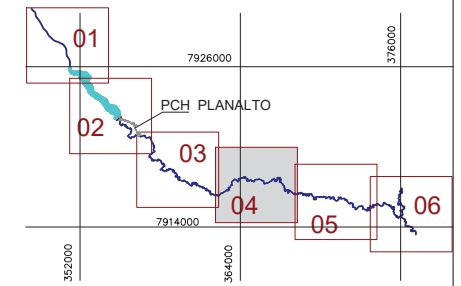
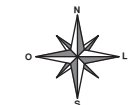


ELABORADO POR:

**PROSENGE**  
projetos e engenharia

|               |  |   |  |                 |  |
|---------------|--|---|--|-----------------|--|
| PROJETO       |  |   | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto               |                 |  |
| CLIENTE       |  |   | Planalto Energética S.A.                                   |                 |  |
| REFERÊNCIA    |  |   | Seções da Restituição<br>Localização das Seções - FI 03/06 |                 |  |
| RESP. TÉCNICO |  | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D |  | PRANCHA         |  |
| PROJETO       |  | Henrique  |  | <b>05</b><br>15 |  |
| DESENHO       |  | Henrique  |  |                 |  |
| Nº DOCUMENTO  |  | PLA-C-SRE-003-00-19                             |  | ESCALA          |  |
|               |  |   |  | 1:20.000        |  |
|               |  |   |  | DATA            |  |
|               |  |   |  | 07/04/19        |  |





CONVENÇÕES

- ESTRADAS e ACESSOS
- EDIFICAÇÃO
- PORTARIA
- RIO PERENE
- HIDROGRAFIA
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO
- RESERVATÓRIO

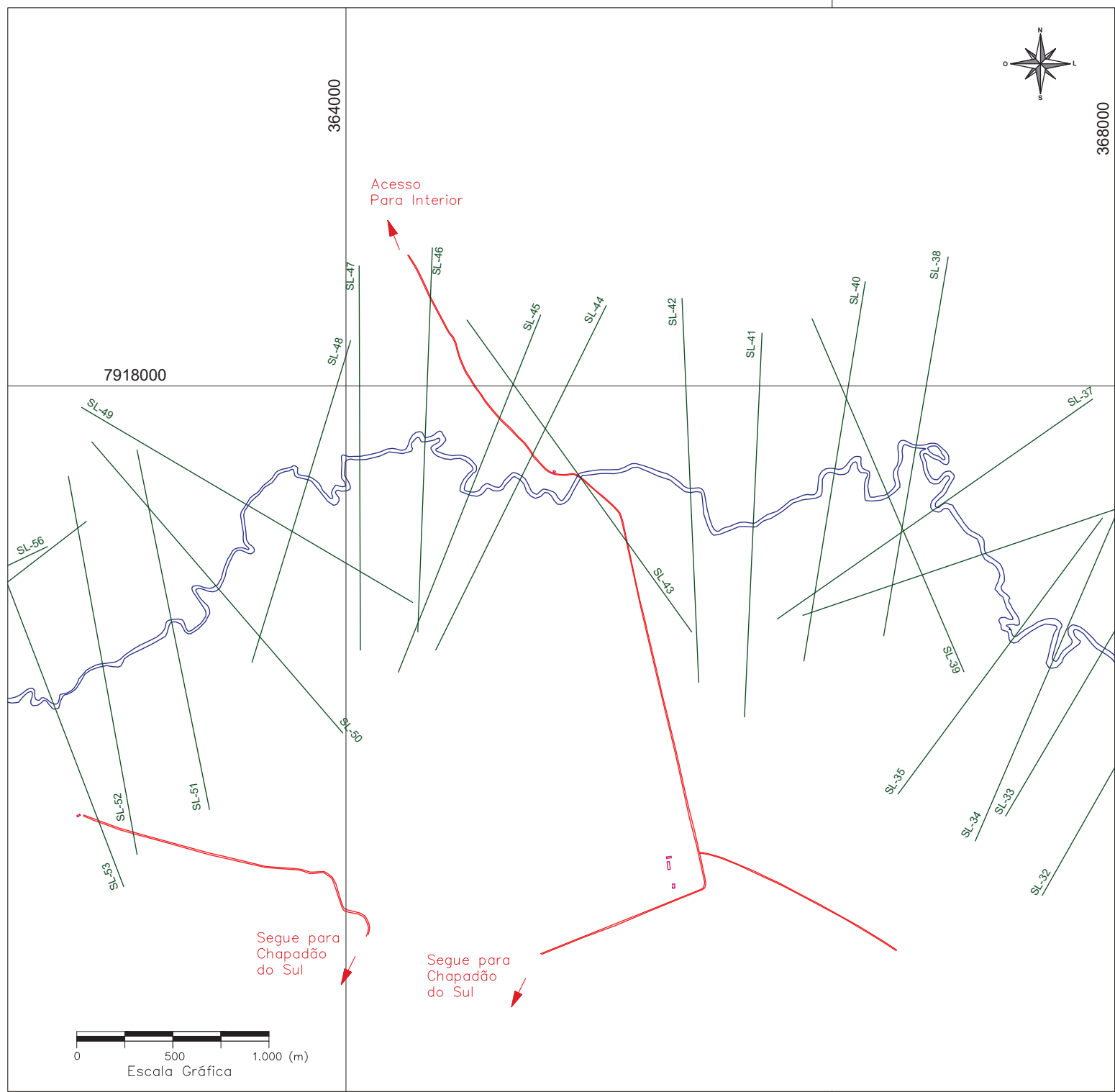
|    |                 |        |        |          |
|----|-----------------|--------|--------|----------|
| 00 | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 07/04/19 |
|    | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     |

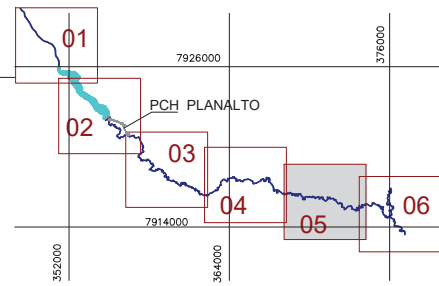
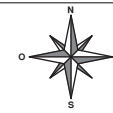


ELABORADO POR:



|               |  |         |           |
|---------------|--|---------|-----------|
| PROJETO       | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto               |         |           |
| CLIENTE       | Planalto Energética S.A.                                   |         |           |
| REFERENCIA    | Seções da Restituição<br>Localização das Seções - FI 04/06 |         |           |
| RESP. TÉCNICO | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D            | PRANCHA | <b>06</b> |
| PROJETO       | Henrique   |         | 15        |
| DESENHO       | Henrique   | DATA    | 04/2019   |
|               |  | ESCALA  | 1:20.000  |
| Nº DOCUMENTO  | PLA-C-SRE-003-00-19  | REV.    | 00        |
|               |  | DATA    | 07/04/19  |





CONVENÇÕES

- ESTRADAS e ACESSOS
- EDIFICAÇÃO
- PORTARIA
- RIO PERENE
- HIDROGRAFIA
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO
- RESERVATÓRIO

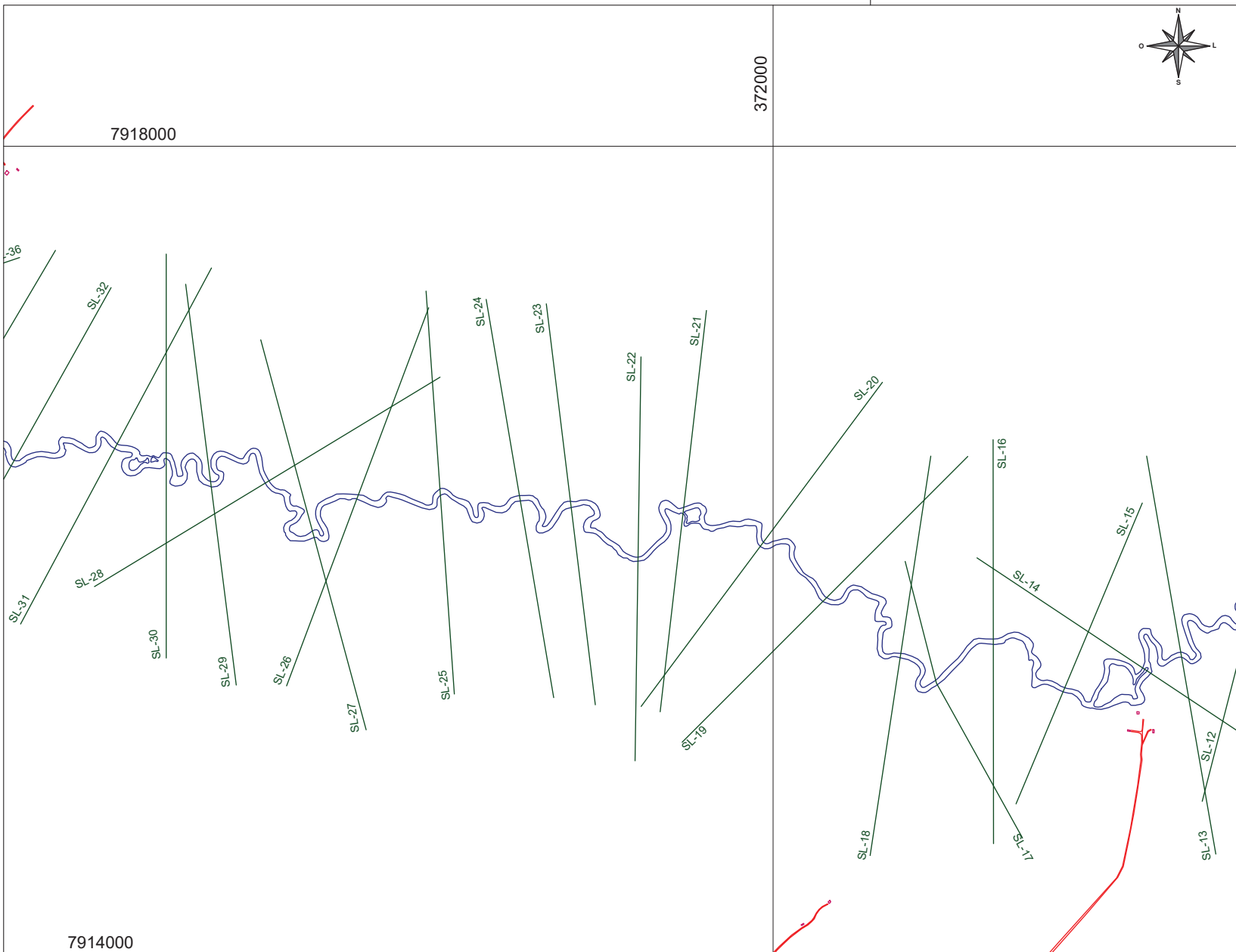
|    |                 |        |        |          |
|----|-----------------|--------|--------|----------|
| 00 | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 07/04/19 |
|    | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     |



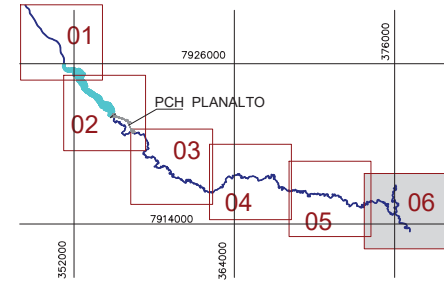
ELABORADO POR:

**PROSENGE**  
projetos e engenharia

|               |  |         |           |
|---------------|--|---------|-----------|
| PROJETO       | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto               |         |           |
| CLIENTE       | Planalto Energética S.A.                                   |         |           |
| REFERÊNCIA    | Seções da Restituição<br>Localização das Seções - FI 05/06 |         |           |
| RESP. TÉCNICO | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D            | PRANCHA | <b>07</b> |
| PROJETO       | Henrique   |         | 15        |
| DESENHO       | Henrique   | DATA    | 04/2019   |
| Nº DOCUMENTO  | PLA-C-SRE-003-00-19  | REV.    | 00        |
|               |  | ESCALA  | 1:20.000  |
|               |  | DATA    | 07/04/19  |



Segue para  
MS-306



CONVENÇÕES

- ESTRADAS e ACESSOS 
- EDIFICAÇÃO 
- PORTARIA 
- RIO PERENE 
- HIDROGRAFIA 
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO 
- RESERVATÓRIO 

|    |                 |        |        |          |
|----|-----------------|--------|--------|----------|
| 00 | EMISSÃO INICIAL | HYV    | HYV    | 07/04/19 |
|    | REVISÃO         | VERIF. | APROV. | DATA     |

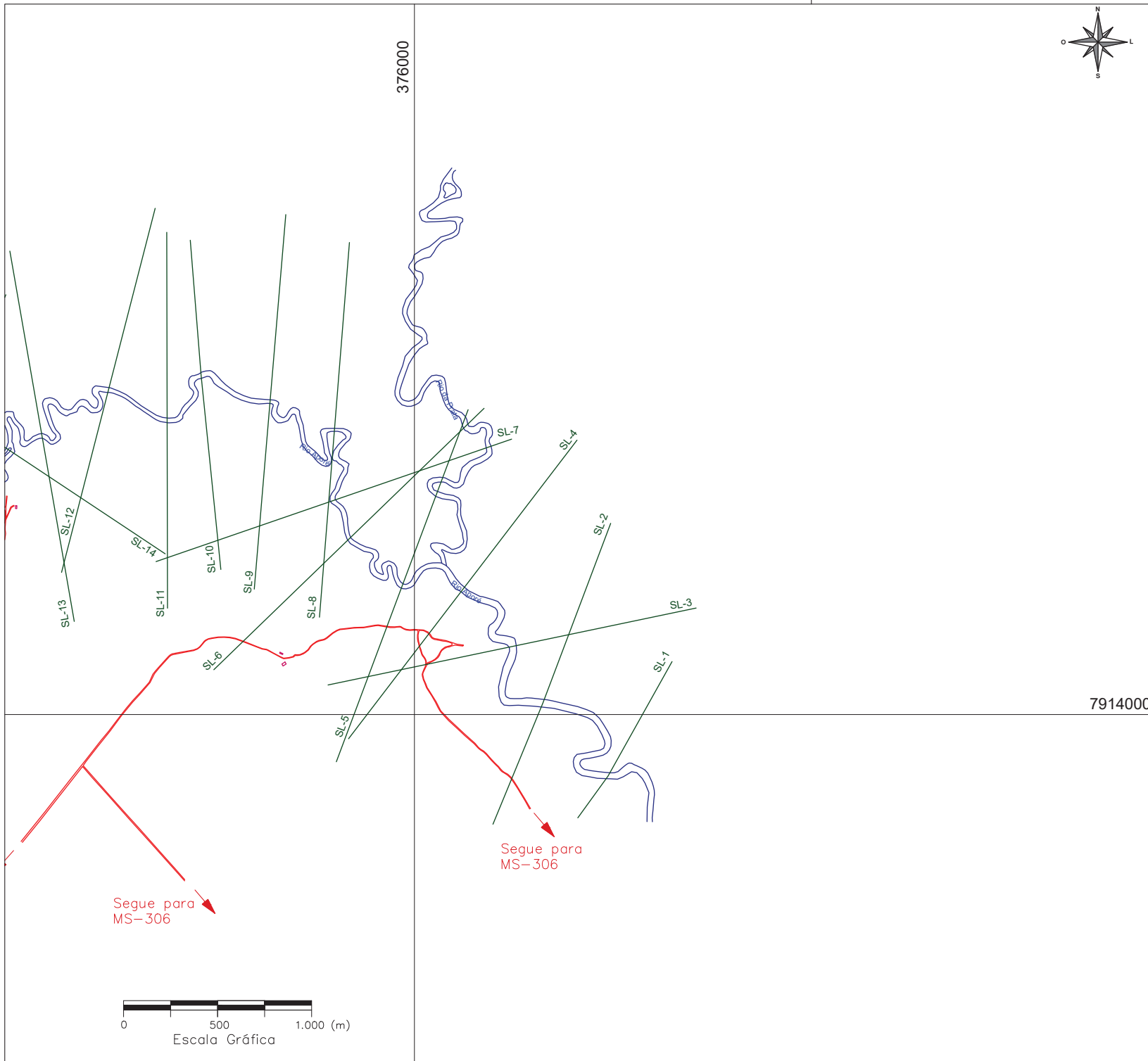
7914000



ELABORADO POR:



|               |  |                 |                    |
|---------------|--|-----------------|--------------------|
| PROJETO       | Plano de Ação de Emergências<br>PCH Planalto               |                 |                    |
| CLIENTE       | Planalto Energética S.A.                                   |                 |                    |
| REFERENCIA    | Seções da Restituição<br>Localização das Seções - FI 06/06 |                 |                    |
| RESP. TÉCNICO | Eng. Henrique Yabrudi Vieira<br>CREA 61.964 / D            | PRANCHA         | <b>08</b>          |
| PROJETO       | Henrique   |                 | 15                 |
| DESENHO       | Henrique   | DATA<br>04/2019 | ESCALA<br>1:20.000 |
| Nº DOCUMENTO  | PLA-C-SRE-003-00-19  | REV.<br>00      | DATA<br>07/04/19   |





347000 348000 349000 350000 351000 352000 353000 354000

7930000 7929000 7928000 7927000

347000 348000 349000 350000 351000 352000 353000 354000

Legenda: 250 0 250 500

Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

Ciente:



Elaborado:



Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

9/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 100 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

1:20.000

Número:

PLA-C-MPI-004-00-19

Datum: Sirgas 2000

Folha: 1/6

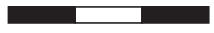


350000 351000 352000 353000 354000 355000 356000

7926000 7925000 7924000 7923000

Legenda:



250 0 250 500

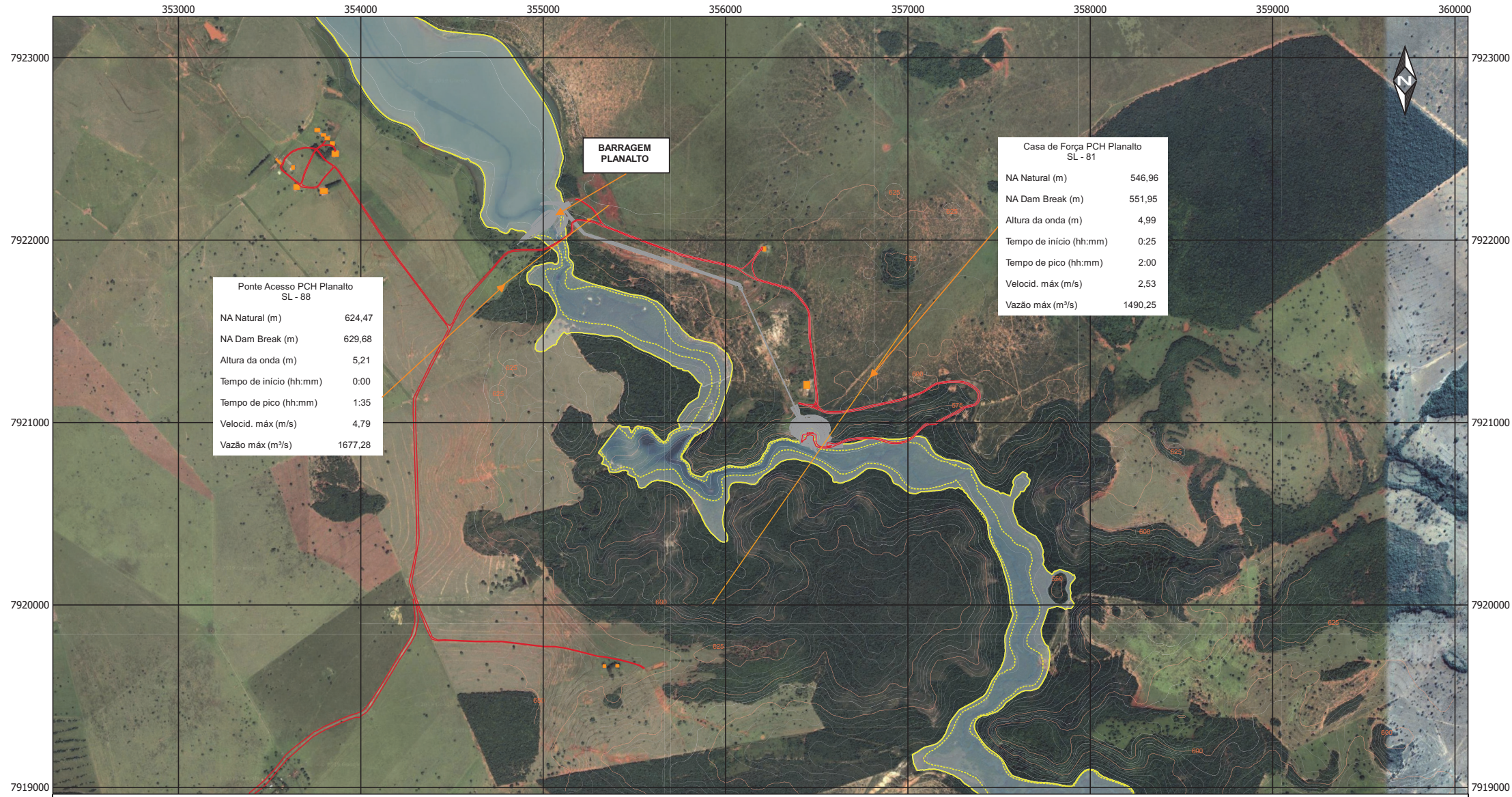


Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

|  |  |  |                     |                                |
|--|--|--|---------------------|--------------------------------|
| Cliente:  |  | Elaborado:  |                     |                                |
| Projeto: Plano de Ação de Emergências PCH Planalto   |  | Resp. Técnico:<br>Eng. Patricia Becker<br>CREA/SC: S1 044.186-9                                  | Projeto:<br>PMP     | Prancha:<br>10/23              |
| Título: Mapa de Inundação - TR 100 anos Natural e Dam Break                                    |  | Data:<br>Abr/19  | Escala:<br>1:20.000 | Número:<br>PLA-C-MPI-004-00-19 |
|  |  | Datum: Sirgas 2000   |                     | Folha: 2/6                     |



| Ponte Acesso PCH Planalto<br>SL - 88 |         |
|--------------------------------------|---------|
| NA Natural (m)                       | 624,47  |
| NA Dam Break (m)                     | 629,68  |
| Altura da onda (m)                   | 5,21    |
| Tempo de início (hh:mm)              | 0:00    |
| Tempo de pico (hh:mm)                | 1:35    |
| Velocid. máx (m/s)                   | 4,79    |
| Vazão máx (m³/s)                     | 1677,28 |

**BARRAGEM  
PLANALTO**

| Casa de Força PCH Planalto<br>SL - 81 |         |
|---------------------------------------|---------|
| NA Natural (m)                        | 546,96  |
| NA Dam Break (m)                      | 551,95  |
| Altura da onda (m)                    | 4,99    |
| Tempo de início (hh:mm)               | 0:25    |
| Tempo de pico (hh:mm)                 | 2:00    |
| Velocid. máx (m/s)                    | 2,53    |
| Vazão máx (m³/s)                      | 1490,25 |

Legenda:

Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

250 0 250 500



Cliente:



Elaborado:



Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

11/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 100 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

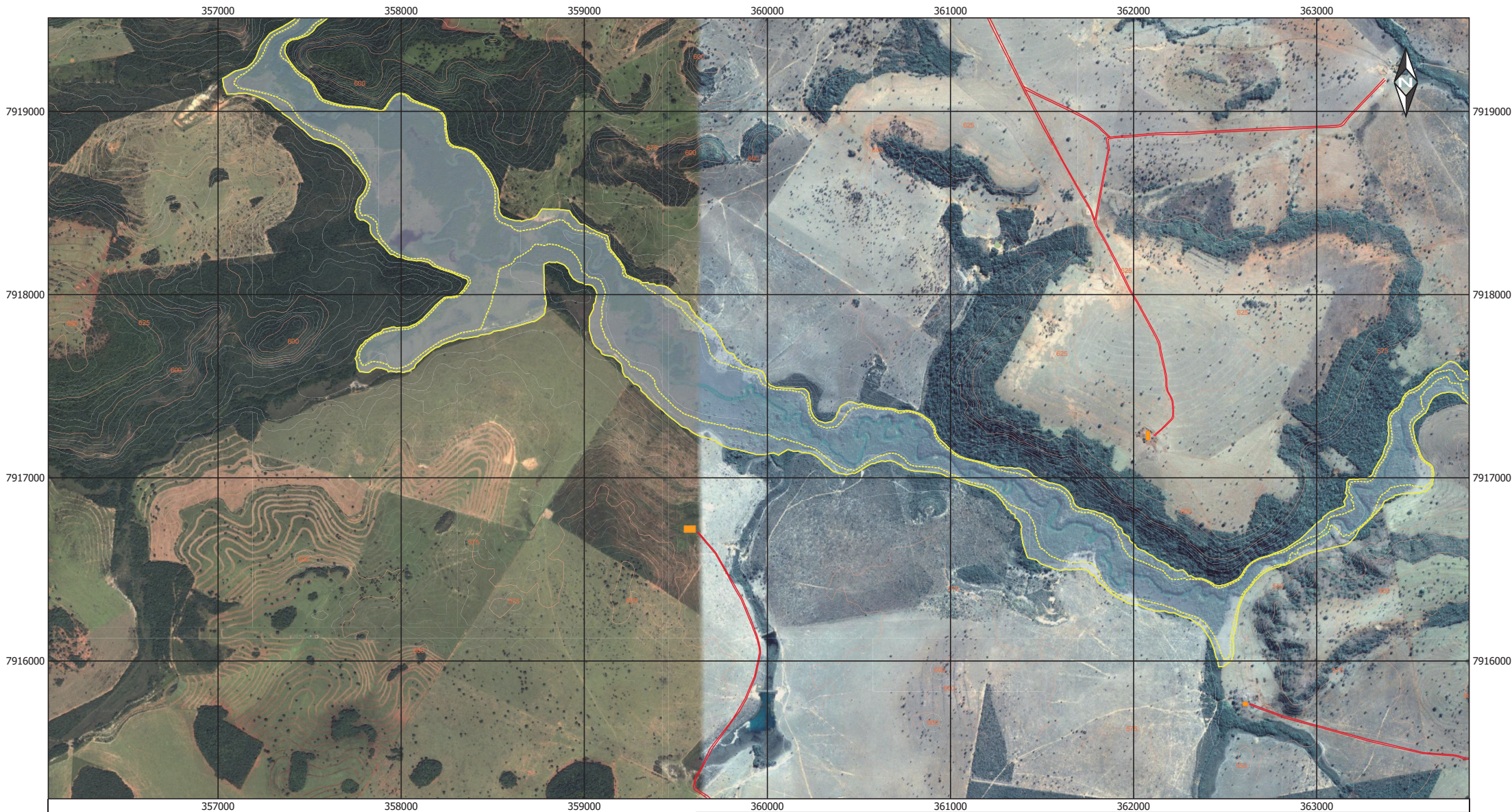
1:20.000

Número:

PLA-C-MPI-004-00-19

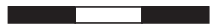
Datum: Sirgas 2000

Folha: 3/6



Legenda:

250 0 250 500



Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

Cliente:



Elaborado:

**PROSENGE**  
projetos e engenharia

Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

12/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 100 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

1:20.000

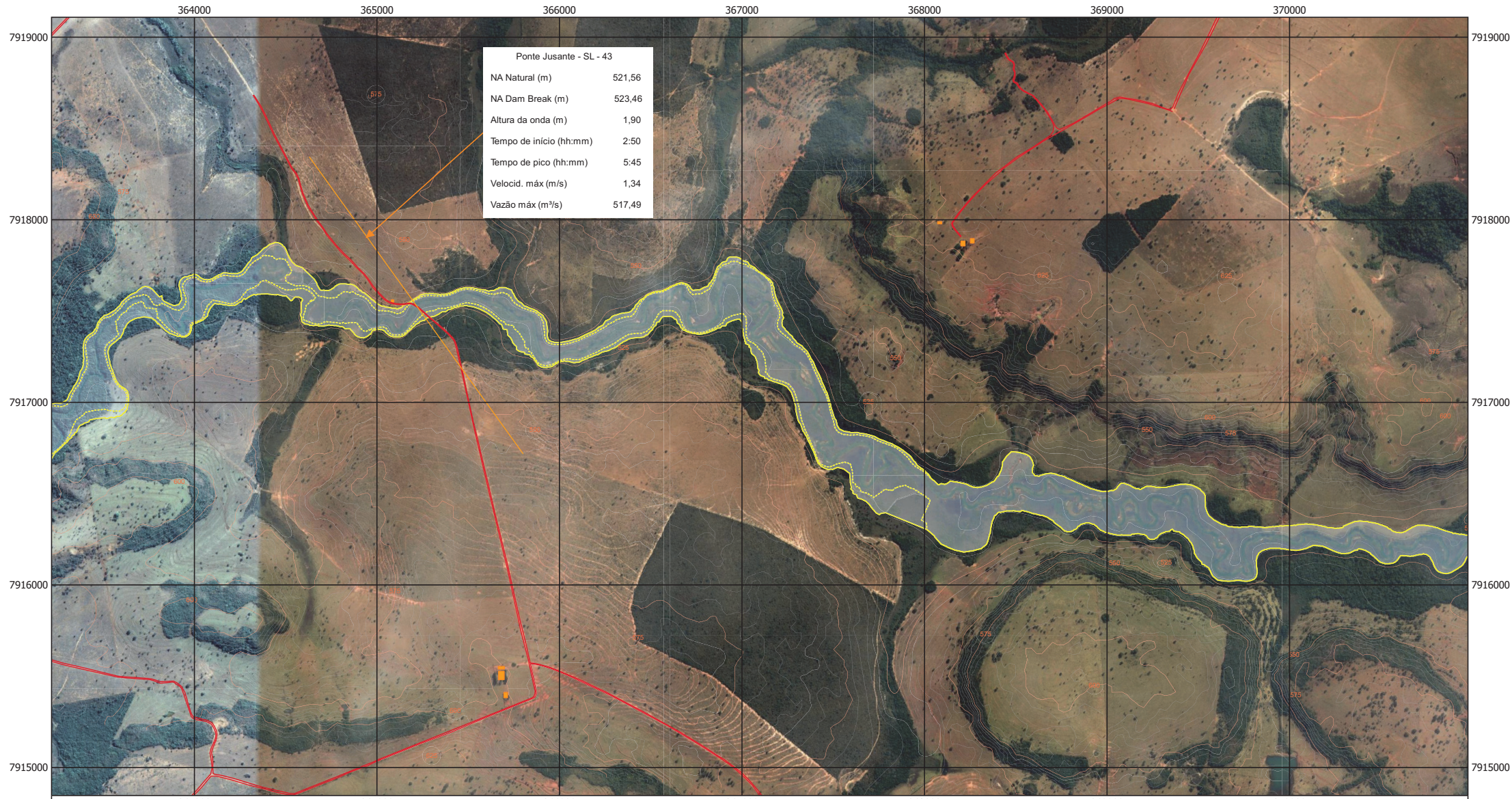
Número:

PLA-C-MPI-004-00-19

Datum: Sirgas 2000

Folha: 4/6





Legenda:

Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

250 0 250 500



Cliente:



Elaborado:

**PROSENGE**  
projetos e engenharia

Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

13/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 100 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

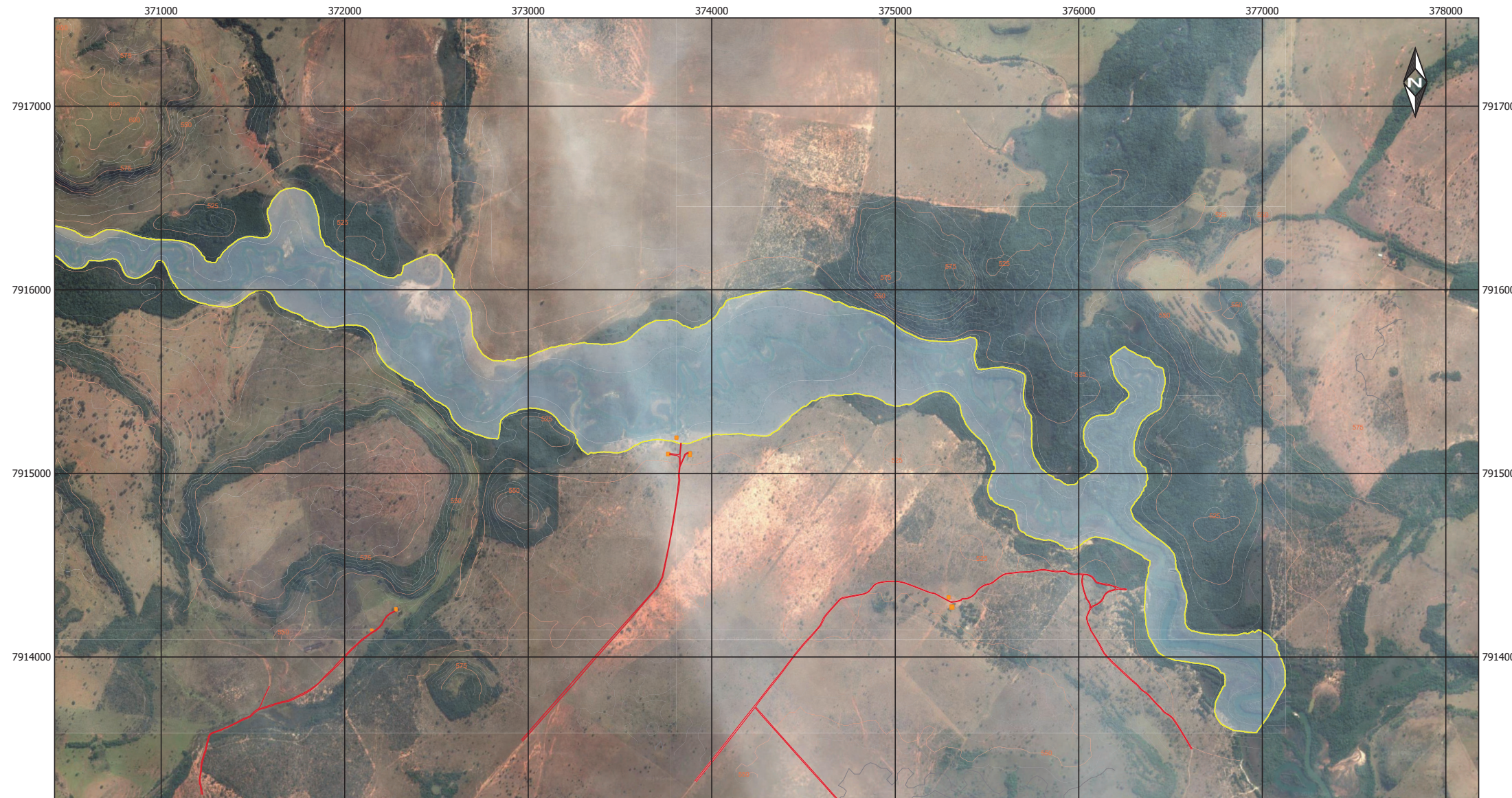
1:20.000

Número:

PLA-C-MPI-004-00-19

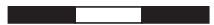
Datum: Sirgas 2000

Folha: 5/6



Legenda:

250 0 250 500



Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

Ciente:



Elaborado:



Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

14/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 100 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

1:20.000

Número:

PLA-C-MPI-004-00-19

Datum: Sirgas 2000


Folha: 6/6










347000 348000 349000 350000 351000 352000 353000 354000

Legenda:

Profundidade (m)

-  0
-  3
-  6
-  9
-  12
-  15

-  Seções de Interesse
-  Acessos
-  Edificações
-  Mapa de Inundação Natural
-  Mapa de Inundação Rompimento
-  Curvas 25 m
-  Curvas 5 m

250 0 250 500



Ciente:



Elaborado:



Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

15/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 10.000 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

1:20.000

Número:

PLA-C-MPI-005-00-19

Datum: Sirgas 2000

Folha: 1/6



350000 351000 352000 353000 354000 355000 356000

7926000 7925000 7924000 7923000



Legenda:

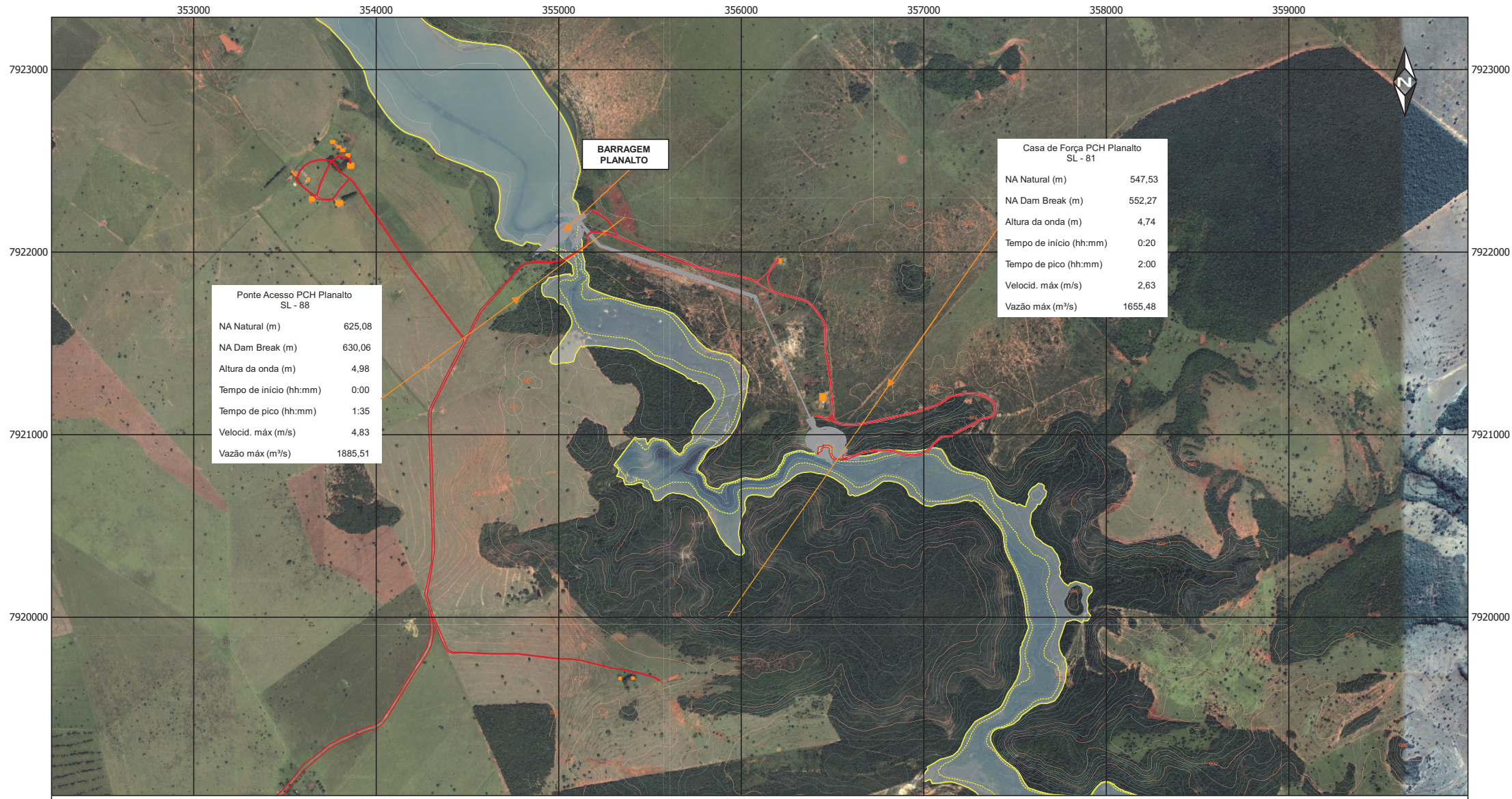
250 0 250 500

Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

|  |  |  |                     |                                |
|--|--|--|---------------------|--------------------------------|
| Cliente:  |  | Elaborado:  |                     |                                |
| Projeto: Plano de Ação de Emergências PCH Planalto   |  | Resp. Técnico:<br>Eng. Patricia Becker<br>CREA/SC: S1 044.186-9                                  | Projeto:<br>PMP     | Prancha:<br>16/23              |
| Título: Mapa de Inundação - TR 10.000 anos Natural e Dam Break                                 |  | Data:<br>Abr/19  | Escala:<br>1:20.000 | Número:<br>PLA-C-MPI-005-00-19 |
|  |  | Datum: Sirgas 2000   |                     | Folha: 2/6                     |



| Ponte Acesso PCH Planalto<br>SL - 88 |         |
|--------------------------------------|---------|
| NA Natural (m)                       | 625,08  |
| NA Dam Break (m)                     | 630,06  |
| Altura da onda (m)                   | 4,98    |
| Tempo de início (hh:mm)              | 0:00    |
| Tempo de pico (hh:mm)                | 1:35    |
| Velocid. máx (m/s)                   | 4,83    |
| Vazão máx (m³/s)                     | 1885,51 |

**BARRAGEM  
PLANALTO**

| Casa de Força PCH Planalto<br>SL - 81 |         |
|---------------------------------------|---------|
| NA Natural (m)                        | 547,53  |
| NA Dam Break (m)                      | 552,27  |
| Altura da onda (m)                    | 4,74    |
| Tempo de início (hh:mm)               | 0:20    |
| Tempo de pico (hh:mm)                 | 2:00    |
| Velocid. máx (m/s)                    | 2,63    |
| Vazão máx (m³/s)                      | 1655,48 |

Legenda:

Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

250 0 250 500



Cliente:



Elaborado:

**PROSENGE**  
projetos e engenharia

Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

17/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 10.000 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

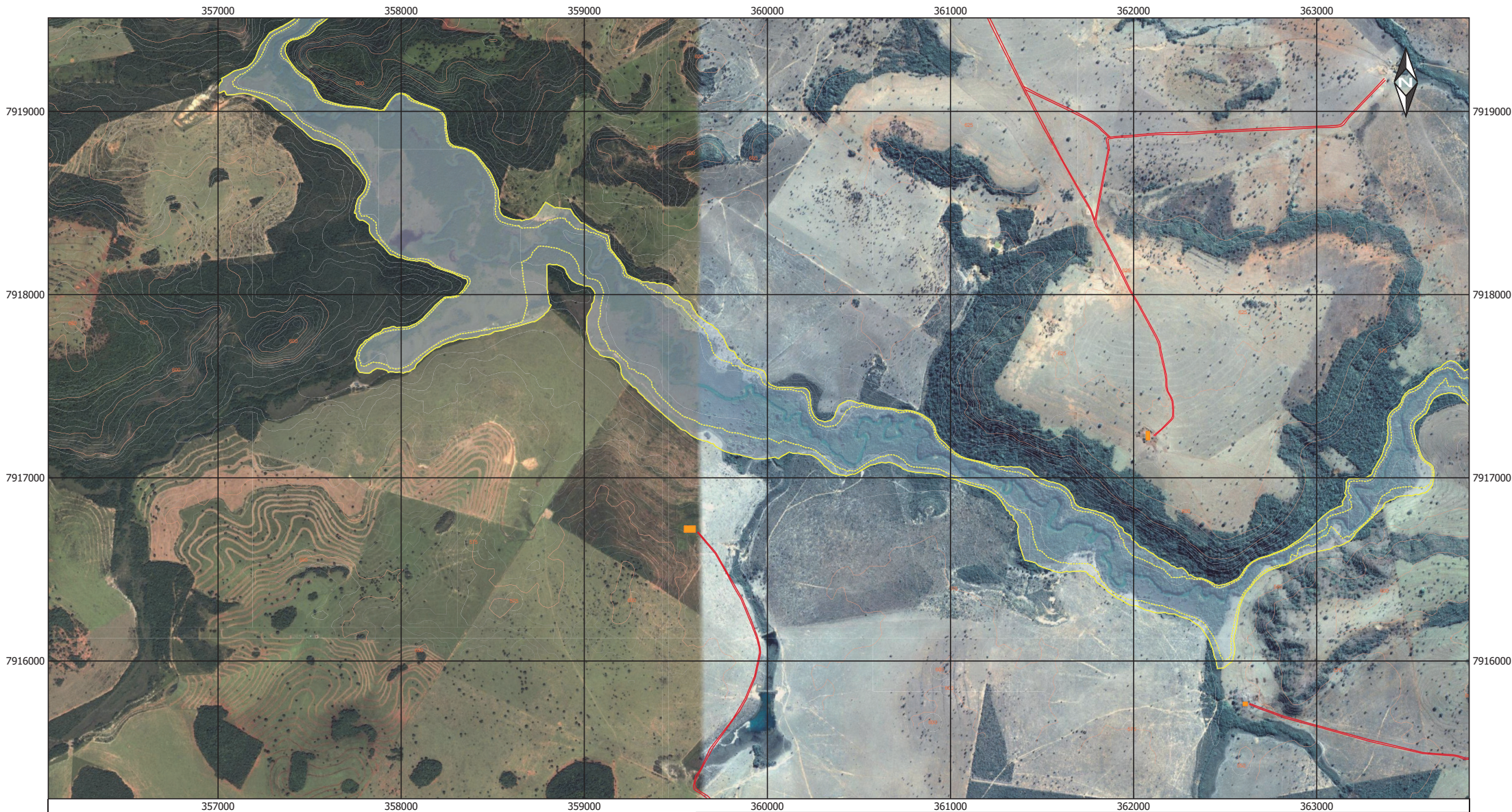
1:20.000

Número:

PLA-C-MPI-005-00-19

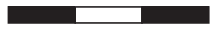
Datum: Sirgas 2000

Folha: 3/6



Legenda:

250 0 250 500



Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Rompimento
- Mapa de Inundação Natural
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

Cliente:



Elaborado:

**PROSENGE**  
projetos e engenharia

Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

18/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 10.000 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

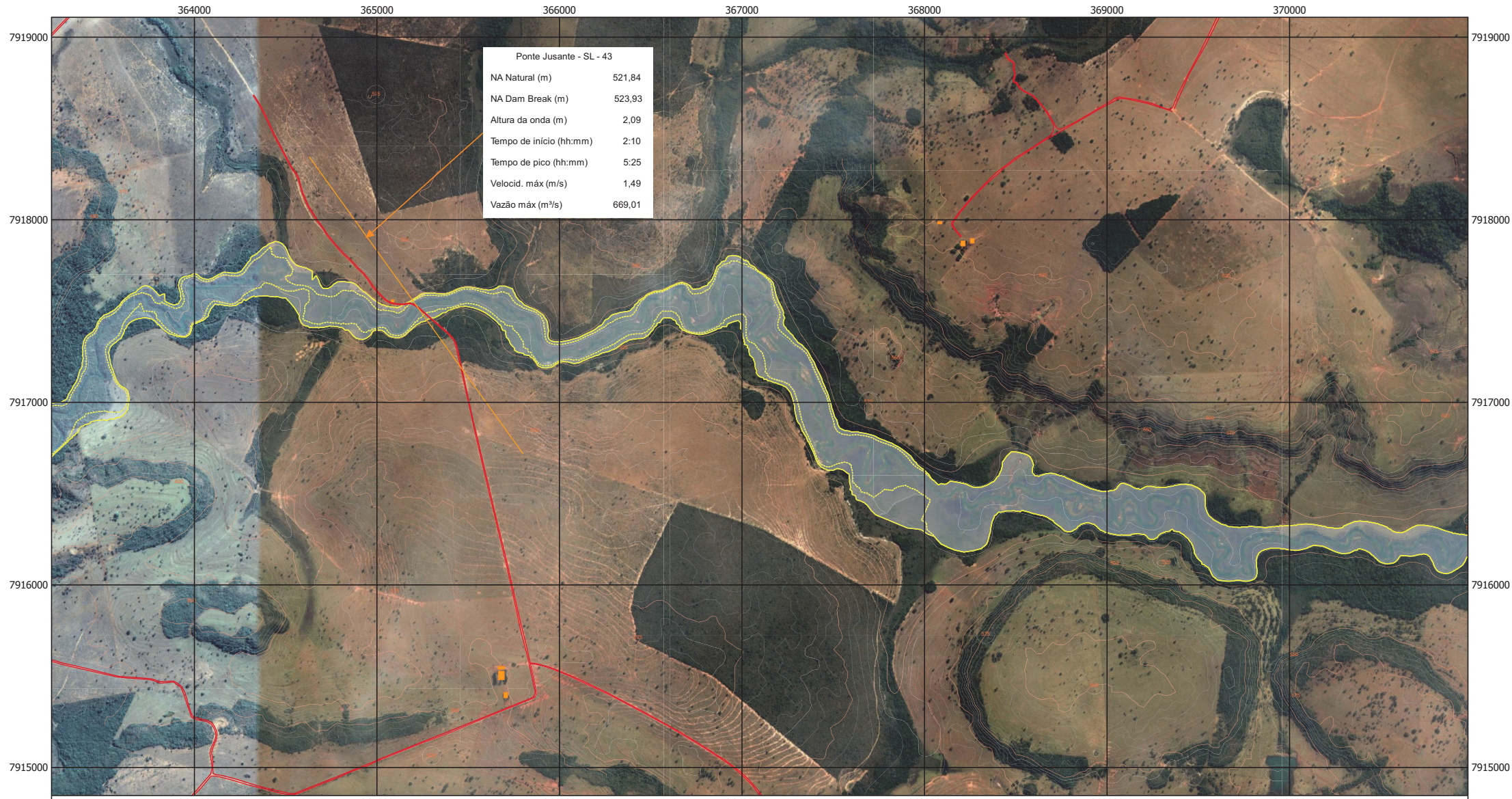
1:20.000

Datum: Sirgas 2000

Número:

PLA-C-MPI-005-00-19

Folha: 4/6



Legenda:

250 0 250 500

Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

Cliente:



Elaborado:

**PROSENGE**  
projetos e engenharia

Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

19/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 10.000 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

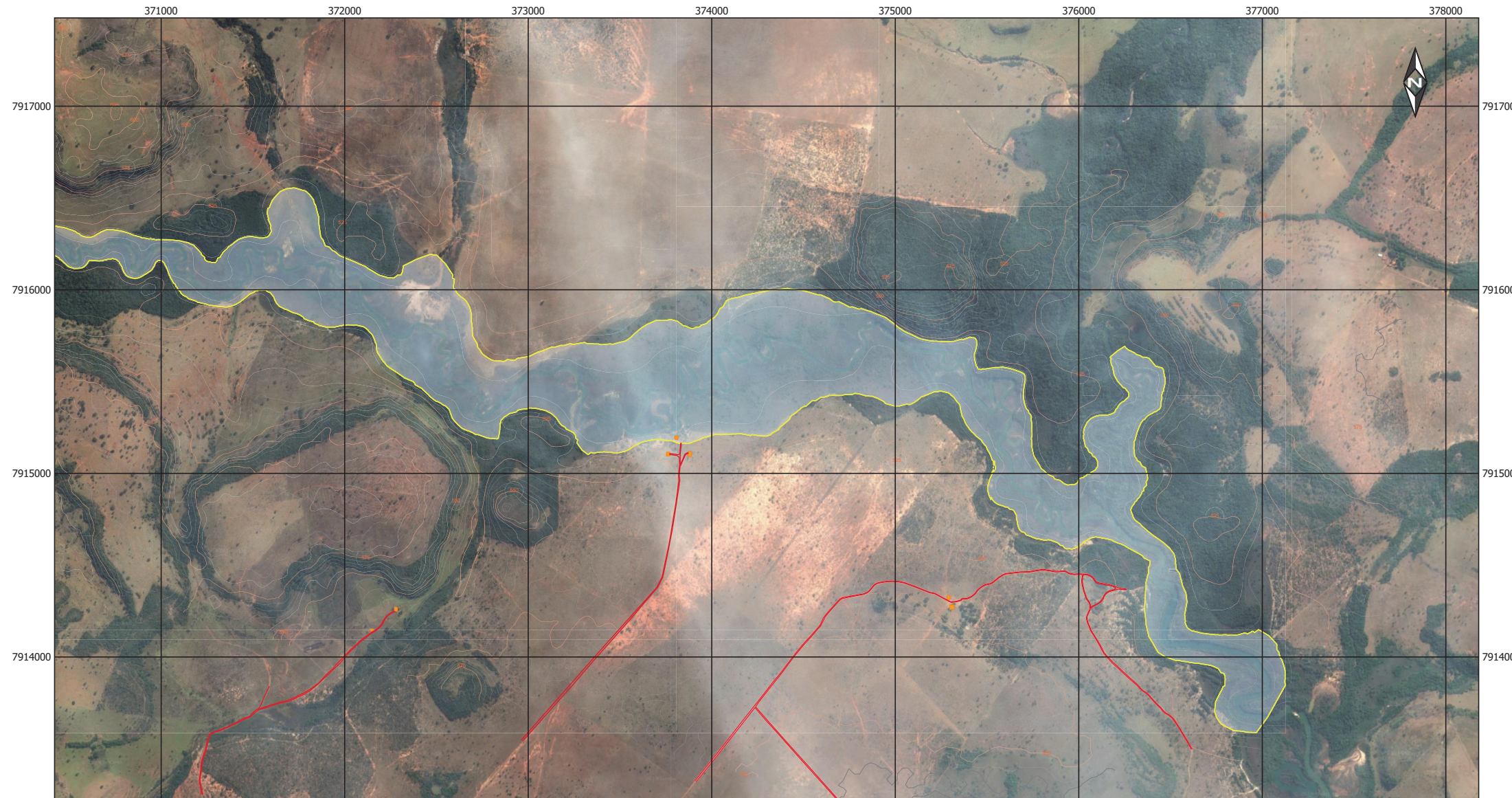
1:20.000

Número:

PLA-C-MPI-005-00-19

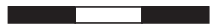
Datum: Sirgas 2000

Folha: 5/6



Legenda:

250 0 250 500



Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Edificações
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m

Ciente:



Elaborado:



Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

20/23

Título:

Mapa de Inundação - TR 10.000 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

1:20.000

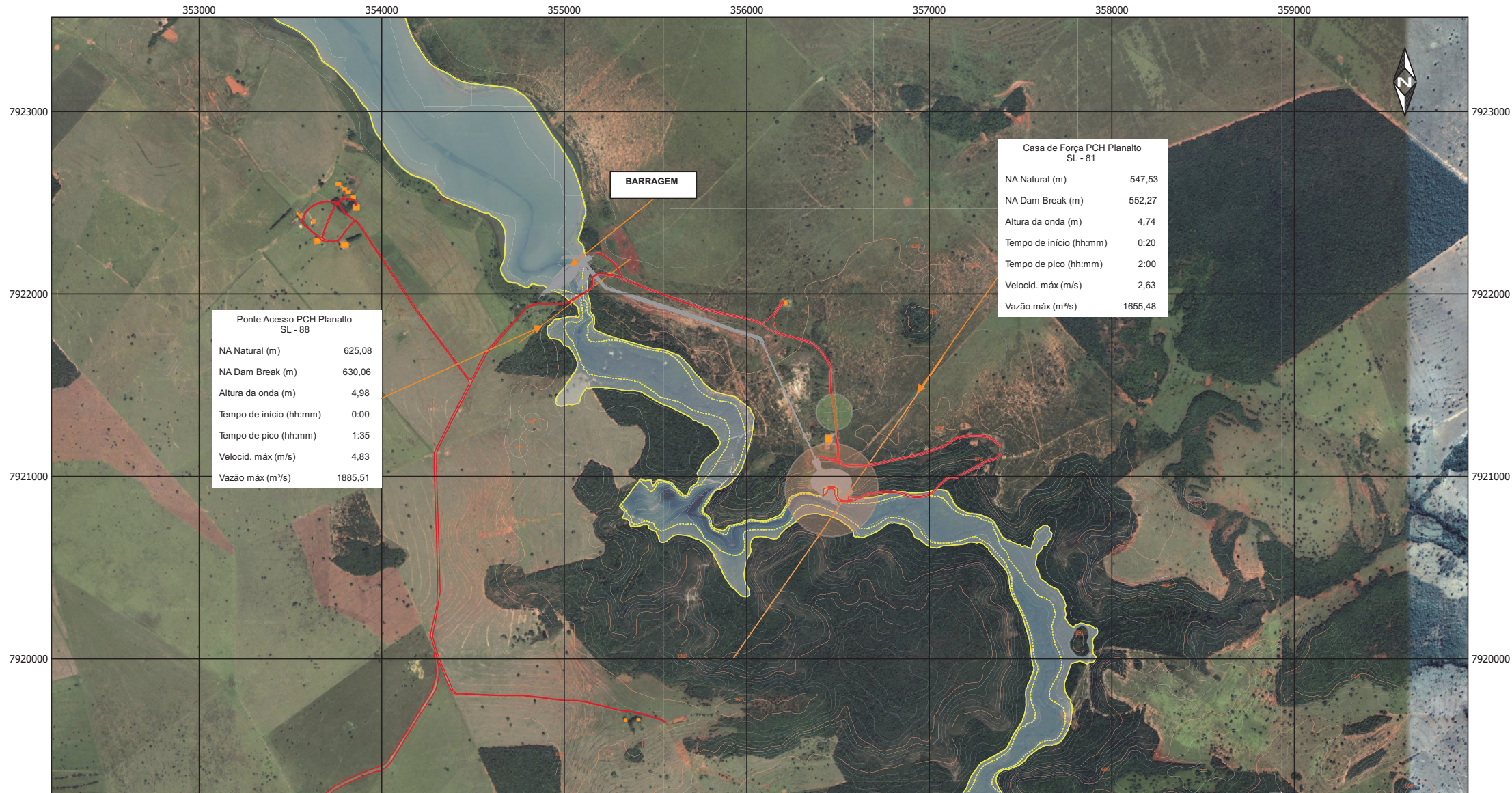
Número:

PLA-C-MPI-005-00-19

Datum: Sirgas 2000

Folha: 6/6





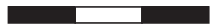
| Ponte Acesso PCH Planalto<br>SL - 88 |         |
|--------------------------------------|---------|
| NA Natural (m)                       | 625,08  |
| NA Dam Break (m)                     | 630,06  |
| Altura da onda (m)                   | 4,98    |
| Tempo de início (hh:mm)              | 0:00    |
| Tempo de pico (hh:mm)                | 1:35    |
| Velocid. máx (m/s)                   | 4,83    |
| Vazão máx (m³/s)                     | 1885,51 |

| Casa de Força PCH Planalto<br>SL - 81 |         |
|---------------------------------------|---------|
| NA Natural (m)                        | 547,53  |
| NA Dam Break (m)                      | 552,27  |
| Altura da onda (m)                    | 4,74    |
| Tempo de início (hh:mm)               | 0:20    |
| Tempo de pico (hh:mm)                 | 2:00    |
| Velocid. máx (m/s)                    | 2,63    |
| Vazão máx (m³/s)                      | 1655,48 |

**BARRAGEM**

Legenda:

250 0 250 500



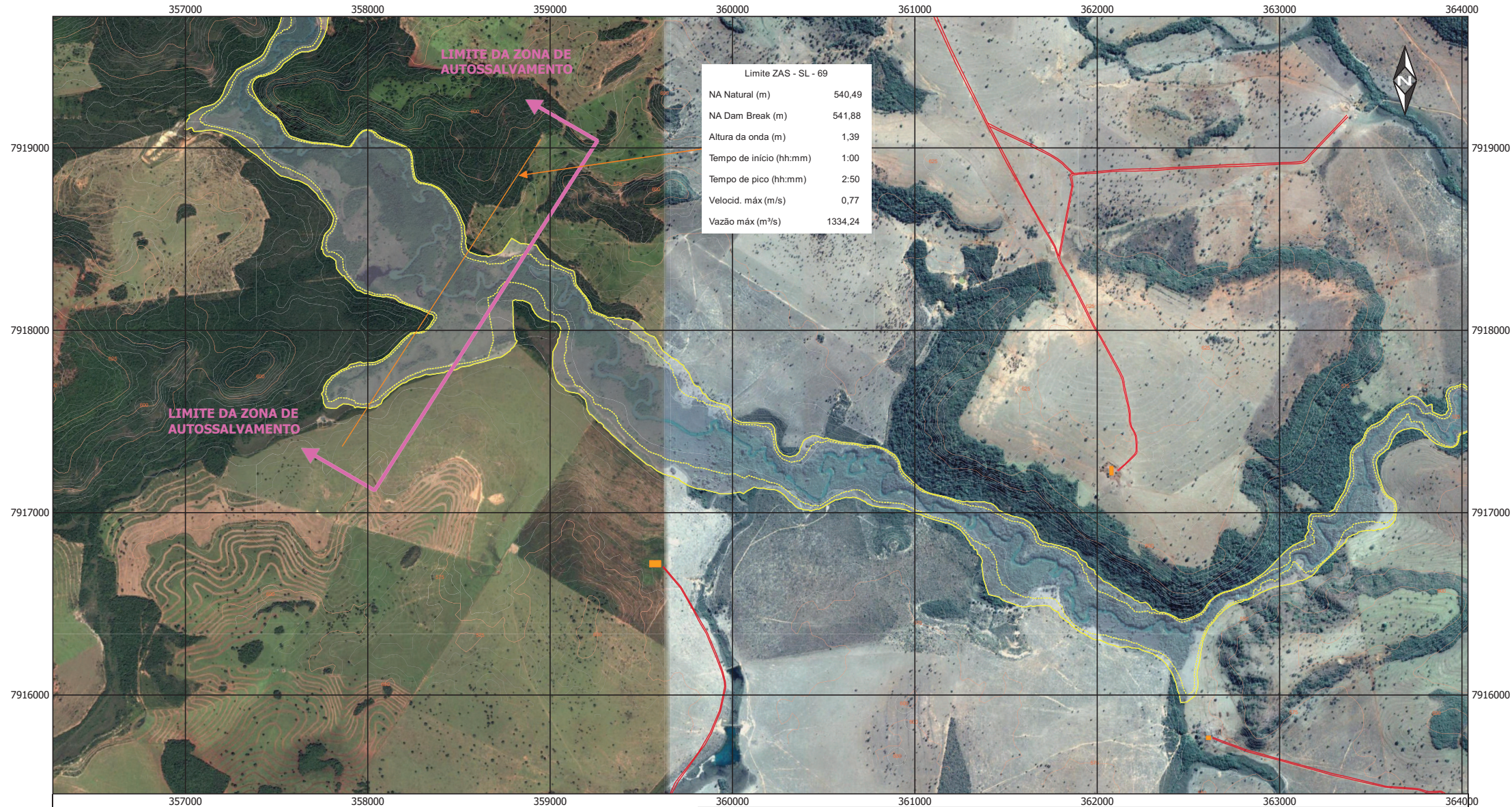
Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m
- Limite ZAS

- Edificações
- Zona de Autossalvamento
- Ponto de Encontro
- Mapa de Inundação Rompimento
- Mapa de Inundação Natural

|  |  |   |                     |                                |
|--|--|---|---------------------|--------------------------------|
| Cliente:   |  | Elaborado:  |                     |                                |
| Projeto: Plano de Ação de Emergências PCH Planalto                   |  | Resp. Técnico:<br>Eng. Patricia Becker<br>CREA/SC: S1 044.186-9 | Projeto:<br>PMP     | Prancha:<br>21/23              |
| Título: Zona de Autossalvamento - TR 10.000 anos Natural e Dam Break |  | Data:<br>Abr/19   | Escala:<br>1:20.000 | Número:<br>PLA-C-ZAS-006-00-19 |
|  |  | Datum: Sirgas 2000  |                     | Folha: 1/2                     |



Legenda:

250 0 250 500

Profundidade (m)

- 0
- 3
- 6
- 9
- 12
- 15

- Seções de Interesse
- Acessos
- Curvas 25 m
- Curvas 5 m
- Limite ZAS

- Edificações
- Zona de Autossalvamento
- Ponto de Encontro
- Mapa de Inundação Natural
- Mapa de Inundação Rompimento

Cliente:



Elaborado:



Projeto:

Plano de Ação de Emergências  
PCH Planalto

Resp. Técnico:

Eng. Patricia Becker  
CREA/SC: S1 044.186-9

Projeto:

PMP

Prancha:

22/23

Título:

Zona de Autossalvamento - TR 10.000 anos  
Natural e Dam Break

Data:

Abr/19

Escala:

1:20.000

Número:

PLA-C-ZAS-006-00-19

Datum: Sirgas 2000

Folha: 2/2