



BRENNAND
energia

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS
PCH INDIAVAÍ



PROSENGE
projetos e engenharia

VOLUME II – PAE

MARÇO DE 2021


Mozart de Siqueira Campos Araújo
Indiavaí Energética S/A


Paulo de Tarso Costa
Indiavaí 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
REVISÃO	DATA	OBJETO DA REVISÃO	REDAÇÃO	EMPRESA

1	APRESENTAÇÃO	8
2	HISTÓRICO.....	9
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	10
3	INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM	11
3.1	Localização e Acesso	11
3.2	Estruturas da usina	12
3.2.1	Reservatório	12
3.2.2	Barragem.....	13
3.2.3	Vertedouro.....	13
3.2.4	Circuito Hidráulico de Adução.....	13
3.3	Níveis Operacionais e Ficha Técnica	14
4	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	25
4.1	Avaliação do Risco.....	25
4.1.1	Risco Hidrológico	25
4.1.2	Risco de Colapso Estrutural	26
4.2	Identificação das Emergências Potenciais	29
4.2.1	Classificação das Situações	29
5	ESTUDO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM	30
5.1	Metodologia	30
5.1.1	Geografia da Região e Geometria do Rio	30
5.1.2	Tipo e Geometria da Barragem	30
5.1.3	Causas de Rompimento.....	31
5.1.4	Formação da Brecha.....	33
5.1.5	Trecho do Cálculo	35
5.1.6	Modelagem Matemática.....	37
5.1.7	Identificação das áreas atingidas.....	38

5.1.8	Apresentação dos valores de altura ao longo do tempo	38
5.1.9	Comparativo de altura x velocidade	39
5.2	Dados de entrada utilizados	41
5.2.1	Trecho da análise	41
5.2.2	Geografia da região e geometria do rio	41
5.2.3	Geometria das barragens	42
5.2.4	Hidrograma de Cheias	43
5.2.5	Calibração do modelo matemático	56
5.3	Causa considerada para o rompimento.....	59
5.3.1	Dados utilizados para formação da brecha	59
5.4	Simulações Realizadas	59
5.4.1	Resultados Básicos Simulação 1	60
5.4.2	Resultados Básicos Simulação 2.....	60
5.5	Altura Máxima da Onda	61
5.6	Limite Físico a Jusante da PCH Indiavaí.....	68
5.7	Relação Nível de água x Tempo das Seções de Interesse	68
5.7.1	SL-152 – Casa de Força PCH Indiavaí	69
5.7.2	SL-139 – Barragem PCH Salto	70
5.7.3	SL-136 – Casa de Força PCH Salto	71
5.7.4	SL-129 – Propriedade	72
5.7.5	SL-118 – Limite da Zona de autossalvamento	73
5.7.6	SL-111 – Amortecimento da Onda de Rompimento	74
5.7.7	Resumo Geral das Seções de Interesse	75
6	AGÊNCIAS E ENTIDADES ENVOLVIDAS	77
6.1	Identificação do Empreendedor	77
6.2	Agentes Externos	79
6.2.1	Usinas Jusante	80
6.2.2	Outros Órgãos	80
7	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA	82
7.1	Condição Hidrológica	82

7.2	Condição Estrutural.....	82
7.2.1	Monitoramento das Estruturas.....	82
7.2.2	Revisão Periódica de Segurança.....	84
7.2.3	Tramitação das Informações	84
8	RESPONSABILIDADES DE TODOS OS AGENTES ENVOLVIDOS	89
8.1	Agente Interno – INDIAVAÍ ENERGÉTICA S/A.	89
8.2	Agentes Externos	90
8.3	Atribuições Conjuntas entre a Usina e Agentes Externos	92
9	PROGRAMA DE AÇÕES PREVENTIVAS, TÃO LOGO IDENTIFICADAS SITUAÇÕES EMERGÊNCIAIS.....	93
9.1	Situação normal (Azul)	93
9.2	Situação atenção (Verde)	94
9.3	Situação de alerta (Amarelo)	94
9.4	Situação de emergência 1 (Rosa)	95
9.5	Situação de emergência 2 (Vermelha)	95
10	ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS	97
10.1	Acessos	97
10.2	Propriedades Atingidas	97
10.3	Zona de Autossalvamento – ZAS	100
11	FLUXO DE INFORMAÇÃO E ACIONAMENTO.....	101
11.1	Meios de Comunicação.....	101
11.2	Acionamento em Caso de Emergências	101
12	MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA EM POTENCIAL	103
13	FORMULÁRIOS DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA, DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA E DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO.....	104
14	RELAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS E PRIVADAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO	107
15	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	108
16	EQUIPE TÉCNICA.....	109
17	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
18	ANEXOS	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estrada de Acesso para a PCH Indiavaí	12
Figura 2 – Foto das estruturas civis – PCH Indiavaí	16
Figura 3 – Vista Geral Barramento – PCH Indiavaí	17
Figura 4 – Vista Geral Jusante – PCH Indiavaí	18
Figura 5 – Arranjo Geral	19
Figura 6 – Barragem – Planta Geral	20
Figura 7 – Barragem – Seções	21
Figura 8 – Vertedouro – Planta e Seções	22
Figura 9 – Circuito – Seções	23
Figura 10 – Casa de Força – Seção	24
Figura 11 – Vista Geral Montante Usina	26
Figura 12 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude de jusante e crista	27
Figura 13 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude de montante	27
Figura 14 – Vista Geral do Vertedouro e margem esquerda da Barragem	28
Figura 15 – Calha do Vertedouro, boas condições	28
Figura 16 – Formação de brecha por galgamento	31
Figura 17 – Formação da brecha por infiltração	32
Figura 18 – Brechas resultantes de falhas nas fundações	33
Figura 19 – Tamanhos e tempo para formação da brecha	34
Figura 20 – Tempo de formação da brecha	35
Figura 21 – Nível de perigo relacionado a residências	39
Figura 22 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros	40
Figura 23 – Nível de perigo relacionado a adultos	40
Figura 24 – Nível de perigo relacionado a crianças	40
Figura 25 – Seções lançadas no Hec-Ras	57
Figura 26 – Perfil do Rio Jauru com Barramentos – TR=10.000 anos	58
Figura 27 – Dados do Barramento terra – Hec-Ras	59
Figura 28 – Legenda dos Cotagramas	69
Figura 29 – Localização Casa de Força Indiavaí - SL-152	69
Figura 30 – Cotograma - SL-152 – Casa de Força Indiavaí	70
Figura 31 – Barragem PCH Salto - SL-139	70
Figura 32 – Cotograma – SL-139 – Barragem PCH Salto	71
Figura 33 – Casa de Força PCH Salto - SL-136	71
Figura 34 – Cotograma - SL-136 – Casa de Força Salto	72
Figura 35 – Propriedade na seção SL-129	72
Figura 36 – Cotograma - SL-129 – Propriedade	73
Figura 37 – Limite do ZAS na seção SL-118	73
Figura 38 – Cotograma - SL-118 – Limite ZAS	74
Figura 39 – Amortecimento da Onda Rompimento - SL-111	74
Figura 40 – Cotograma - SL-111 – Amortecimento da Onda de Rompimento	75
Figura 41 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Jauru em operação, próximos a PCH Indiavaí.....	11
Tabela 2 – Risco de Ocorrência do evento de Projeto com Tempo de Retorno TR (%)	25
Tabela 3 – Fontes da geometria do rio.....	42
Tabela 4 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I – Documentos De Referência).....	42
Tabela 5 – Dados do posto UHE Jauru	43
Tabela 6 – Maiores Cheias Anuais e mês de ocorrência	45
Tabela 7 – Vazões Máximas Mensais – 1980 a 2015 – Barragem Indiavaí – 2.320 km ²	45
Tabela 8 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR).....	46
Tabela 9 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR	47
Tabela 10 – 15 maiores cheias no local da PCH Indiavaí	48
Tabela 11 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma	48
Tabela 12 – Distribuição adimensional de vazões	48
Tabela 13 – Hidrograma de Cheias PCH Indiavaí.....	49
Tabela 14 – Hidrograma para PCH Indiavaí.....	60
Tabela 15 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Indiavaí sem rompimento da Barragem	60
Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Indiavaí com rompimento da Barragem	61
Tabela 17 – Níveis obtidos nas Casa de Força – Natural e com rompimento Barragem Indiavaí.....	61
Tabela 18 – Níveis de Água Máximos- Sem e Com o Dam Break - Rompimento da PCH Indiavaí.....	62
Tabela 19 – Localização das Seções de Interesse	68
Tabela 20 – Detalhe das simulações - SL-152 – Casa de Força Indiavaí	69
Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-139 – Barragem PCH Salto.....	70
Tabela 22 – Detalhe das simulações - SL-136 – Casa de Força Salto	71
Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-129 – Propriedade	72
Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-118 – Limite ZAS	73
Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-111 – Amortecimento da Onda Rompimento	74
Tabela 26 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção	76
Tabela 27 – Órgãos do Estado de Mato Grosso que possuem atribuições em casos de desastres	79
Tabela 28 – Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres	79
Tabela 29 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres	79
Tabela 30 – Níveis de Segurança e risco Ruptura	86
Tabela 31 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Indiavaí	99
Tabela 32 – Características das infraestruturas/edificações localizadas na ZAS da barragem	100
Tabela 33 – Entidades que recebem Cópia PAE	107

ÍNDICE DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 – Equipe interna da Segurança da Barragem Indiavaí	78
Fluxograma 2 – Fluxograma de Inspeções – n = mês.....	87
Fluxograma 3 – Fluxograma de Ações - manutenção das estruturas	88
Fluxograma 4 – Acionamento emergências	101

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório contempla o Plano de Ação de Emergências da PCH Indiavaí pertencente à **Indiavaí Energética S/A**, localizada no rio Juru no estado do Mato Grosso e possui sede na Estrada da Queiroz Galvão s/n, km 45 - Zona Rural – Juru MT.

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 Indiavaí 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 13/03/2019, 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 IND-C-RIC-001-00-19 – Relatório de Inspeção Civil (Anexo I) onde se constatou que as estruturas da usina estão em boas 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 Indiavaí, 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

2.1.2 Responsável Técnico

Engenheiro Civil Henrique Yabrudi Vieira

Email: henrique@prosenge.com

CREA SC 057323-9

ART 6929312-8

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 – ART's

Desenhos

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

3 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM

3.1 Localização e Acesso

A PCH Indiavaí possui potência instalada de 28 MW e está localizada no rio Juruu na bacia hidrográfica do Paraná sub-bacia Paraguai. As coordenadas geográficas da Usina são 15°15'18"S de Latitude Sul e 58°42'59"O de Longitude Oeste.

A montante do barramento está localizada a UHE Juruu em operação. A jusante localiza-se a PCH Salto já em operação, conforme tabela abaixo.

Tabela 1 – Aproveitamentos Hidrelétricos no rio Juruu em operação, próximos a PCH Indiavaí

Posição em relação à PCH Indiavaí	Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Proprietário
Montante	PCH Antônio Brennand	21,96	Brennand Energia – Alto Juruu Energética S.A.
	PCH Ombreiras	26,00	Brennand Energia – Ombreiras Energética S.A.
	UHE Juruu	121,50	Ibitu Energia
PCH Indiavaí		28,00	Brennand Energia – Indiavaí Energética S.A.
Jusante	PCH Salto	19,00	ELERA RENOVÁVEIS
	PCH Figueirópolis	19,41	CPFL Renováveis - Companhia Hidroelétrica Figueirópolis

Fonte (Aneel, 2018)

O aproveitamento localiza-se no município de Araputanga – MT. No barramento o rio Juruu possui área de drenagem de 2.320 km² e vazão média mensal de 70,10 m³/s, conforme ficha da ANEEL.

O acesso a usina faz-se através da rodovia MT 146 partindo da cidade de Juruu sentido leste ao longo de 16,50 km, após no sentido norte percorre-se por estrada vicinal 4,50 km até Usina de Indiavaí.

No caderno de desenhos está apresentado o mapa de localização da usina, desenho IND-C-AGE-001-00-19 - Acesso, e o mapa da área a ser resguardada da Usina, desenho IND-C-PRE-002-00-19 – Propriedades e Área Resguardada.

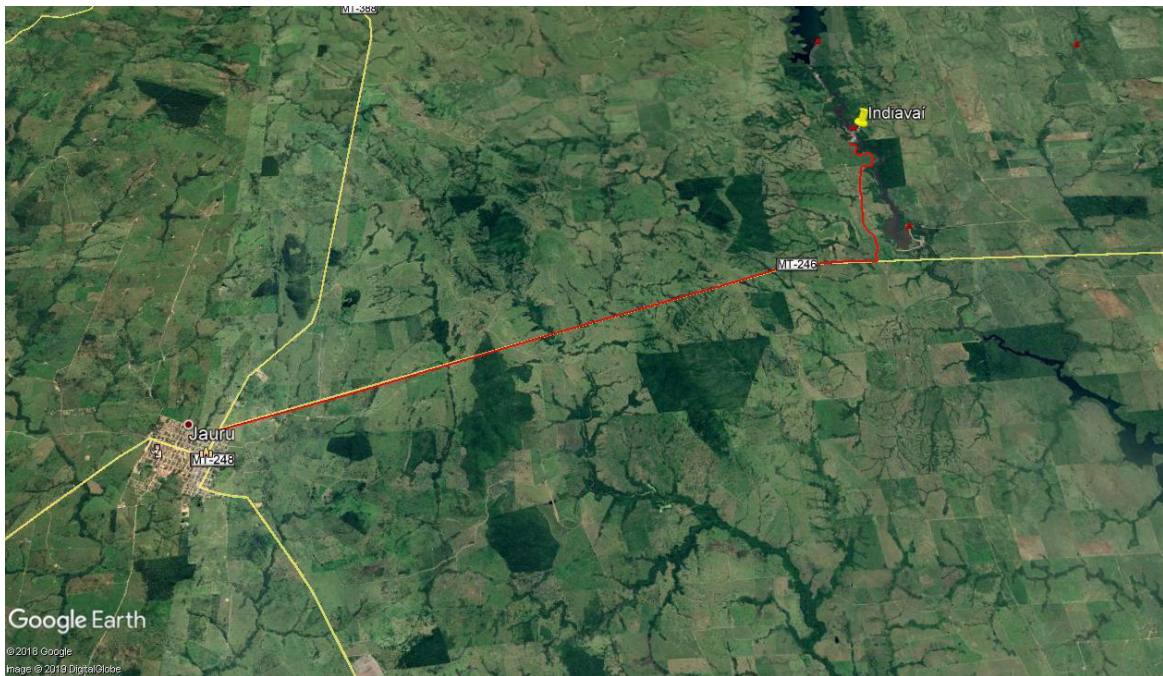


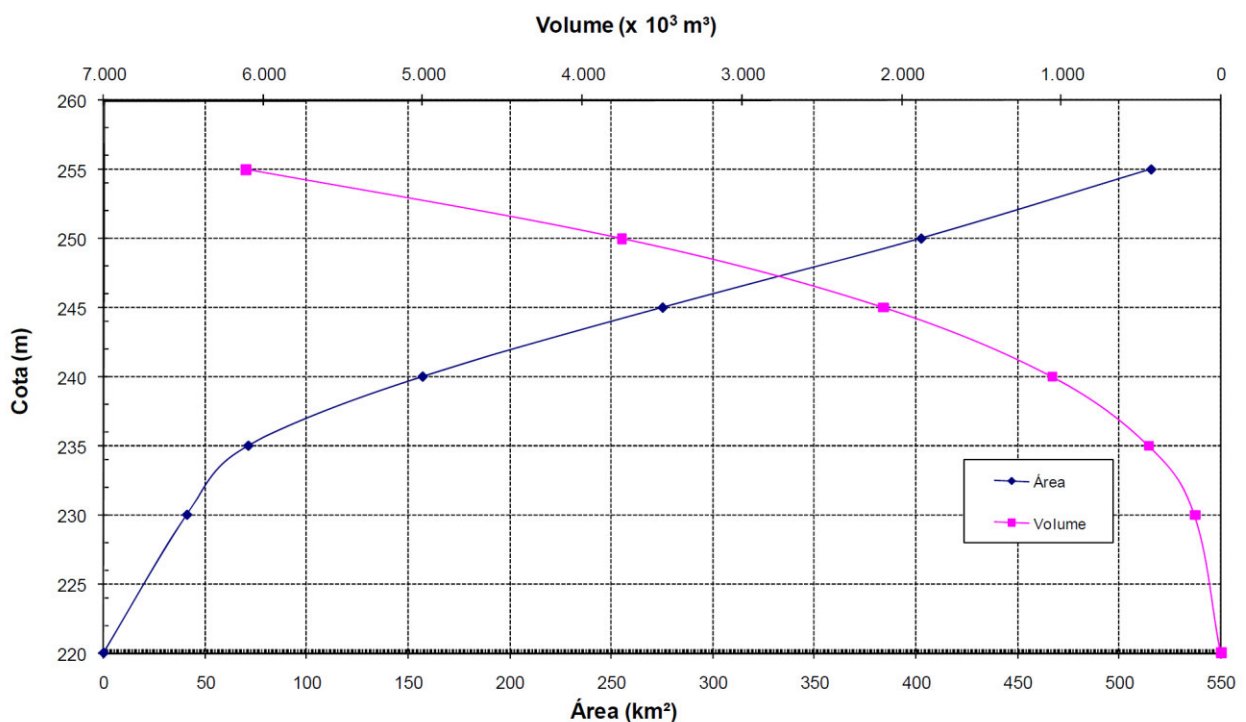
Figura 1 – Estrada de Acesso para a PCH Indiavaí

3.2 Estruturas da usina

A Usina entrou em operação em 2003 e possui todos os documentos de projeto como construído. As estruturas da Usina serão detalhadas abaixo.

3.2.1 Reservatório

O reservatório da PCH Indiavaí possui área alagada de 0,36 km² e volume de 2,05 hm³ no nível normal que corresponde a elevação 248,80 m. Abaixo se encontra a curva cota x área x volume do reservatório, obtida no relatório do Projeto Básico Consolidado.



Curvas Cota x Área Volume do Reservatório

3.2.2 Barragem

A barragem é constituída por um maciço de enrocamento com núcleo de argila. Possui altura máxima de 38 m e 175 m de comprimento.

Sua cota de proteção está na El. 252,40 m, os taludes do aterro são de 1V:1,40 H a montante e 1V:1,8 H a jusante. A montante da Barragem foi incorporada ensecadeira com taludes do aterro de 1V:2,00 H a montante e 1V:1,3 H a jusante.

3.2.3 Vertedouro

O vertedouro lateral situa-se margem direita do rio, a superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta soleira espessa com 70 m de comprimento na elevação 249,00 m, 68 m na elevação 247,30 m e 27,00 m na elevação 251,00 m, com paramento de montante vertical. Somente a calha do vertedouro na elevação 247,30 m possui degraus. O comprimento total do vertedouro é de 165 m e a capacidade de vazão do vertedouro é de 900 m³/s, correspondente à cheia decamilenar (NA máx max = 250,90 m).

3.2.4 Circuito Hidráulico de Adução

O circuito hidráulico de adução e geração, localizado na margem direita, é composto de um canal de adução com 380 m de comprimento a montante da tomada de água, estrutura da tomada de água em concreto tipo gravidade, dois condutos forçados de 3,95 m de diâmetro e comprimento médio de 98 m até bifurcação na chegada da casa de força que abriga quatro turbinas Francis horizontal de 7,50 MW cada. Este circuito será detalhado abaixo.

3.2.4.1 Tomada de Água e Canal de Adução

O canal de adução localiza-se na margem direita com 380 m de comprimento e largura média de 12,00 m. Logo após do canal de adução localiza-se a tomada de água, constituída por uma estrutura em concreto, tipo gravidade, apoiada parcialmente no maciço rochoso, com 15,05 m de altura máxima, 12,00 m de largura e cerca de 13,62 m de comprimento. A partir da tomada, originam-se dois condutos forçados, os quais irão alimentar suas respectivas quatro unidades geradoras instaladas na casa de força.

O coroamento da estrutura foi estabelecido na El. 252,40 m.

No trecho final do canal de adução na lateral esquerda, pouco antes da tomada de água estão implantadas galeria com duas comportas que podem trabalhar como desarenador ou como descarregador de fundo em caso de necessidade de esvaziamento parcial do reservatório. O sistema de abertura e fechamento das duas comportas é hidráulico.

3.2.4.2 Condutos Forçados

Após a tomada de água estão instalados dois condutos forçados com 3,95 m de diâmetro interno, que na chegada da casa de força bifurcam para um diâmetro de 2,70 m na entrada para cada uma das 4 unidades geradoras.

3.2.4.3 Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força é do tipo abrigada, com 22,40 m de extensão na direção do fluxo e 76,10 m na direção transversal ao fluxo, composta por estruturas em concreto armado.

A área de montagem fica na El. 216,50 m, anexo a casa de força, servida pelo ponte rolante da usina e destinada à utilização em operações de complementação da montagem de componentes de grandes dimensões dos geradores e montagem de conjuntos das unidades geradoras e demais equipamentos da usina.

Para a cota de proteção da casa de força, foi adotada a El. 216,50 m. Esta cota foi estabelecida para assegurar a estanqueidade da casa de força na ocorrência da cheia máxima provável.

O canal de fuga, escavado em rocha, é localizado a jusante do bloco da unidade geradora, com cerca de 20 m de largura e elevação 208,00 m, destinado à restituição das vazões turbinadas para o leito do rio.

3.3 Níveis Operacionais e Ficha Técnica

Os níveis da PCH Indiavaí são:

- NA Normal Montante = 248,75 m;
- NA Máximo Maximorum Montante (*) = 250,30 m (TR=10.000 anos);
- Cota Proteção Barramento = 252,40 m;
- NA Normal Jusante = 211,60 m;
- NA Máximo Maximorum Jusante (*) = 216,42 m (TR=10.000 anos);
- Cota de Proteção Casa de Força = 216,50 m.

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

A ficha técnica da Usina com ênfase nos dados da segurança da barragem está apresentada no Anexo I e abaixo.

O desenho IND-C-PRE-002-00-19 – Propriedades e Área Resguardada apresenta as áreas adquiridas para a implantação do empreendimento.

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



FICHA TECNICA

FOTO



IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Nome:	PCH Indiavaí
Municípios:	Indiavaí e Jauru – MT
Proprietário:	Indiavaí Energética Ltda.

DATAS

Conclusão Barramento:	jun/03
Início Operação:	jul/03
Manutenção Barragem:	-----

BACIA HIDROGRÁFICA

Curso d'Água:	Rio Jauru
Bacia (ANEEL):	Paraná - 6
Sub-Bacia (ANEEL):	Paraguai - 66

RESERVATÓRIO

Área NA Normal - (km ²):	0,36	
Volume NA Normal (hm ³):	2,05	
Níveis de Água (m):	Máx. Max.:	250,90
	Normal:	248,75
	Minimo:	247,30

BARRAGEM

Tipo:	Enrocamento com núcleo argila
Comprimento (m):	175,00
Altura Máxima (m):	38,00
Largura Crista (m):	8,00
Elevação da Crista (m):	252,40
Fundação:	Basalto

ÓRGÃOS EXTRAVASORES - VERTEDOURO

Tipo:	Soleira Livre
Comprimento (m):	70,00 /68,00/27,00
Capacidade (m ³ /s):	900,00 TR=10.000 anos
Elevação da Crista (m):	249,00/247,30/251,00
Fundação:	Basalto

TOMADA D'ÁGUA

Tipo:	Gravidade	
Comprimento (m):	13,62	
Comportas	Número:	2
	Altura (m):	5,50
	Largura (m):	4,90

ADUÇÃO

Tipo:	Conduto Forçado
Comprimento (m):	203,00
Diâmetro (m)	3,95 a 2,70 m
Fundação:	Basalto

CASA DE FORÇA

Tipo:	Abrigada	
Potência Instalada (MW)	28,00	
Unidades Geradoras:	4 Francis Horizontal	
Vazão Máxima (m ³ /s):	97,20	
Queda Bruta (m)	37,25	
Nível de água jusante (m):	Máx. Max.:	216,42
	Normal:	211,50
	Minimo:	210,10

TURBINA

Potência Nominal [MW]	7,5 Unitária
Vazão Nominal [m ³ /s]	24,3 Unitária

GERADOR

Potência Nominal [MW]	7,78 Unitária
Tensão Nominal [kV]	13,8
Rotação Nominal [rpm]	327,27
Fator de Potência	0,90

CASCATA

Usina Montante:	UHE Jauru-Operação
Usina Jusante:	PCH Salto-Operação

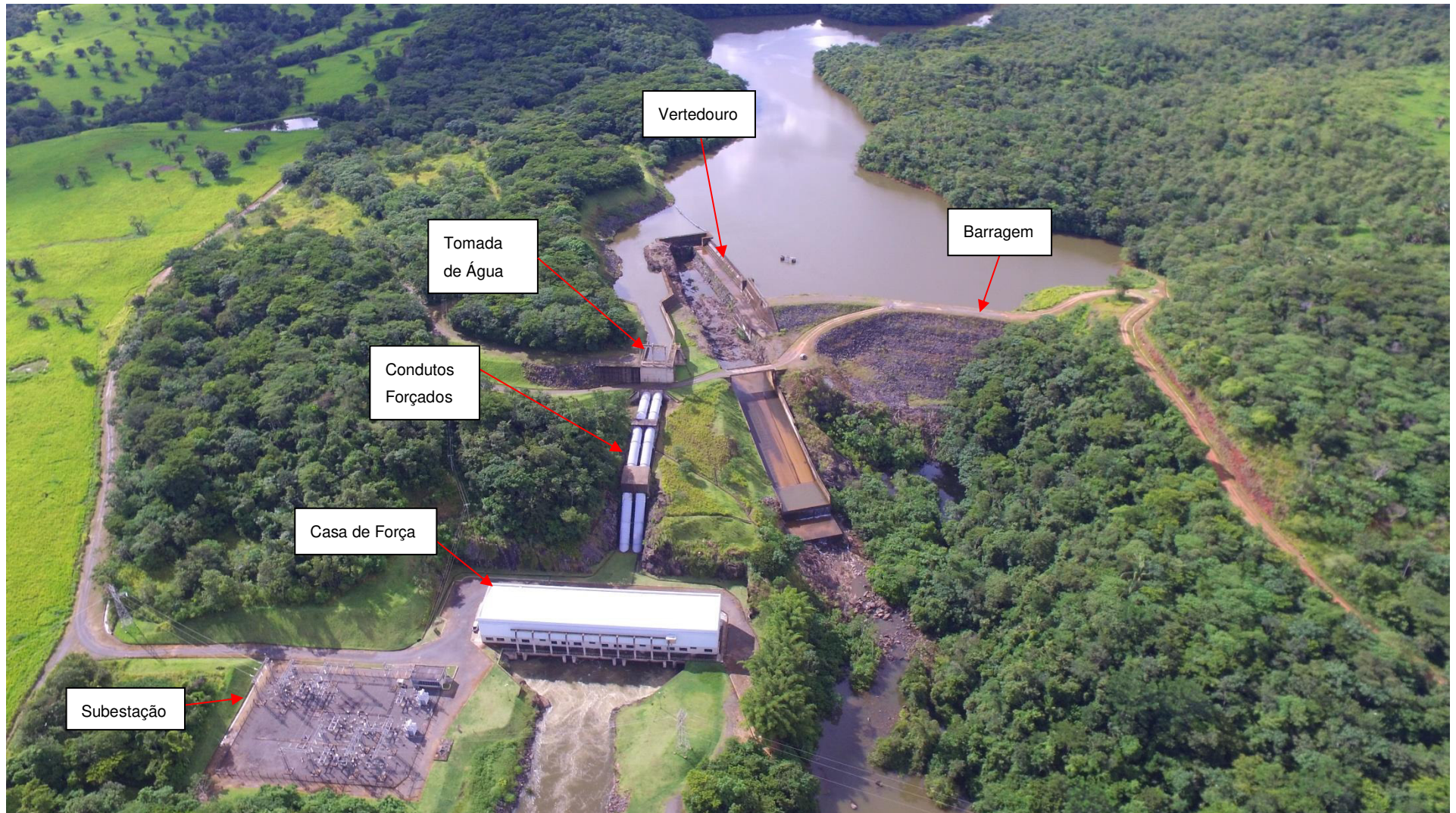


Figura 2 – Foto das estruturas civis – PCH Indiavaí

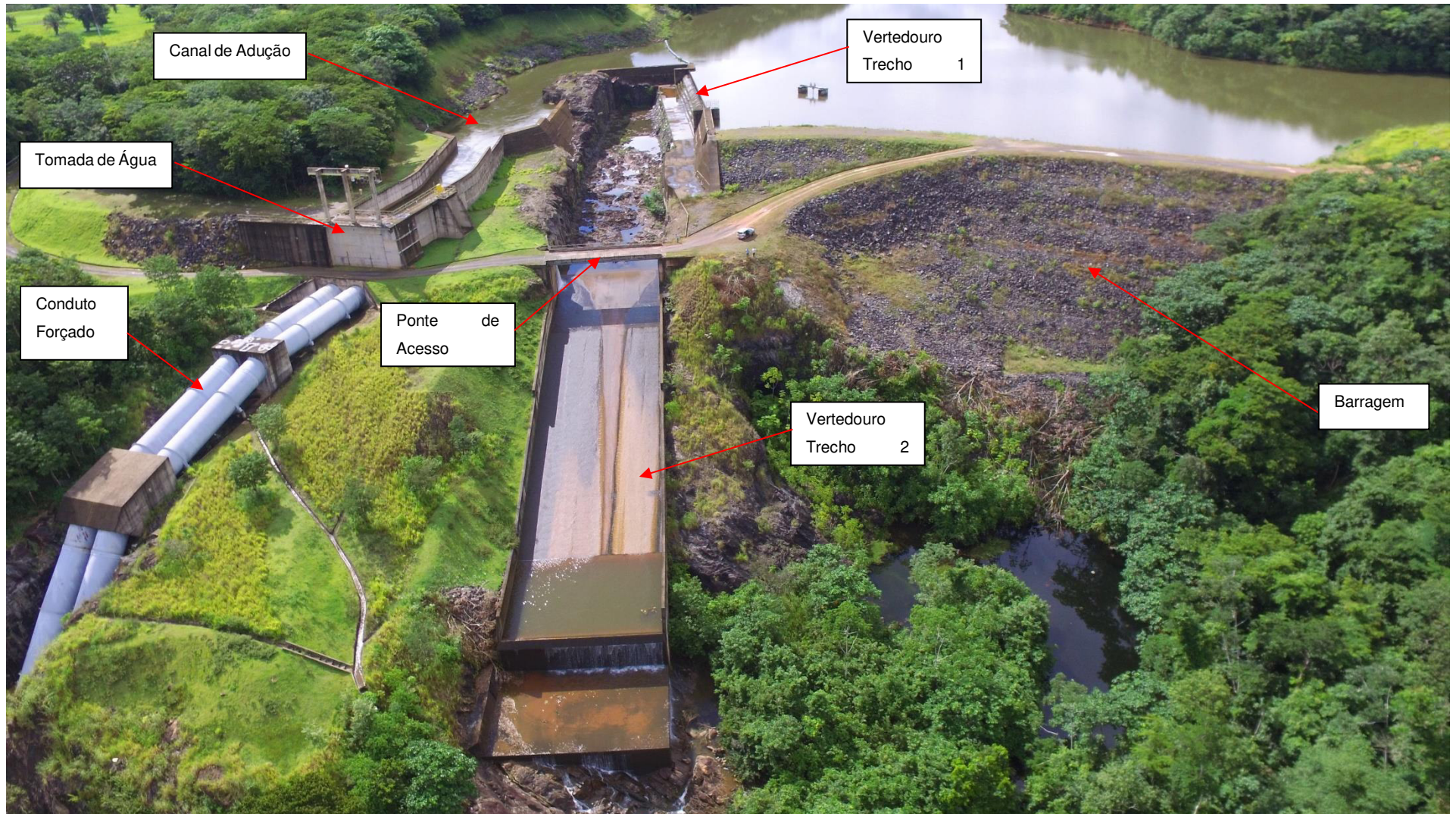


Figura 3 – Vista Geral Barramento – PCH Indiavaí

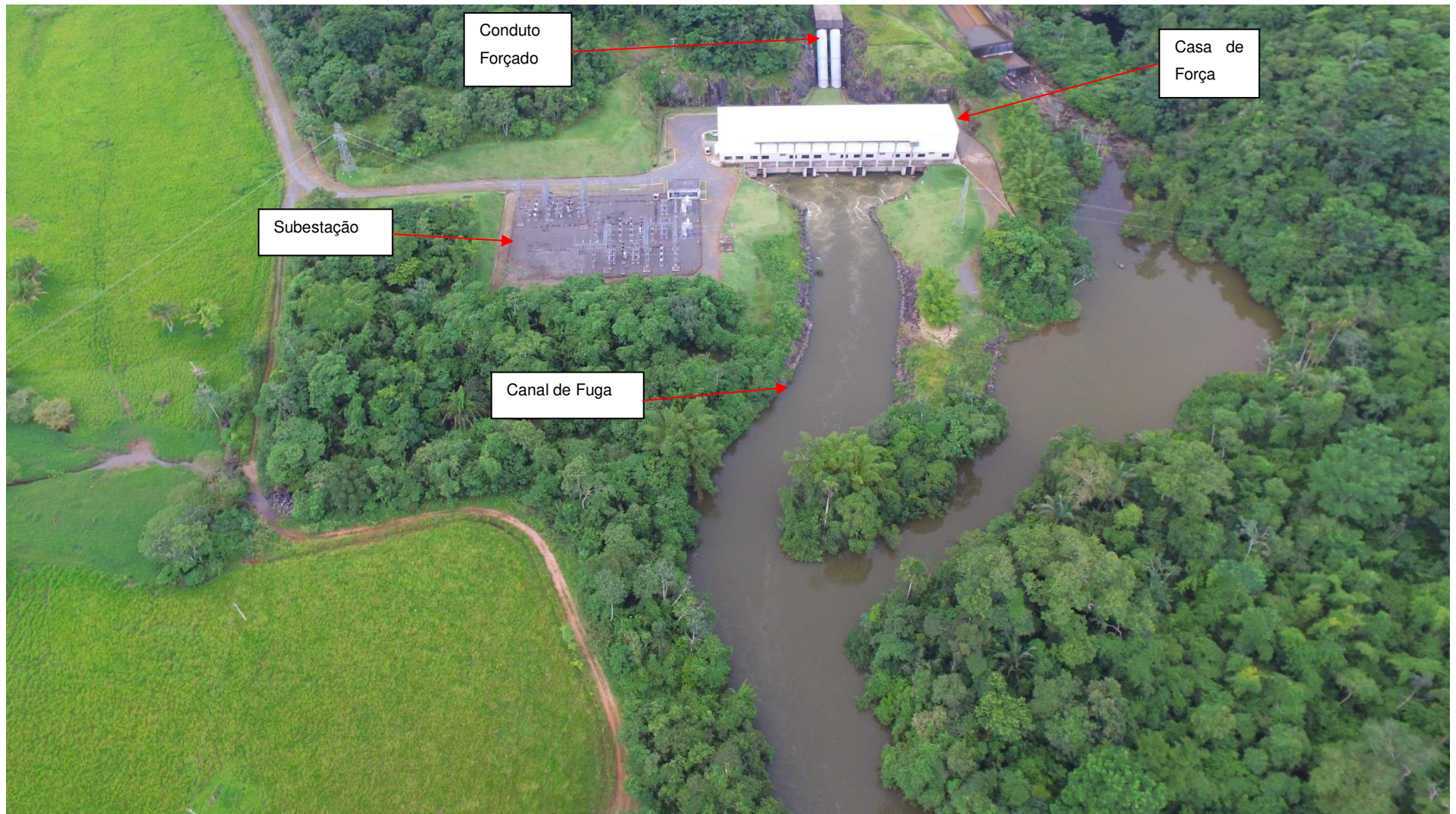


Figura 4 – Vista Geral Jusante – PCH Indiavaí

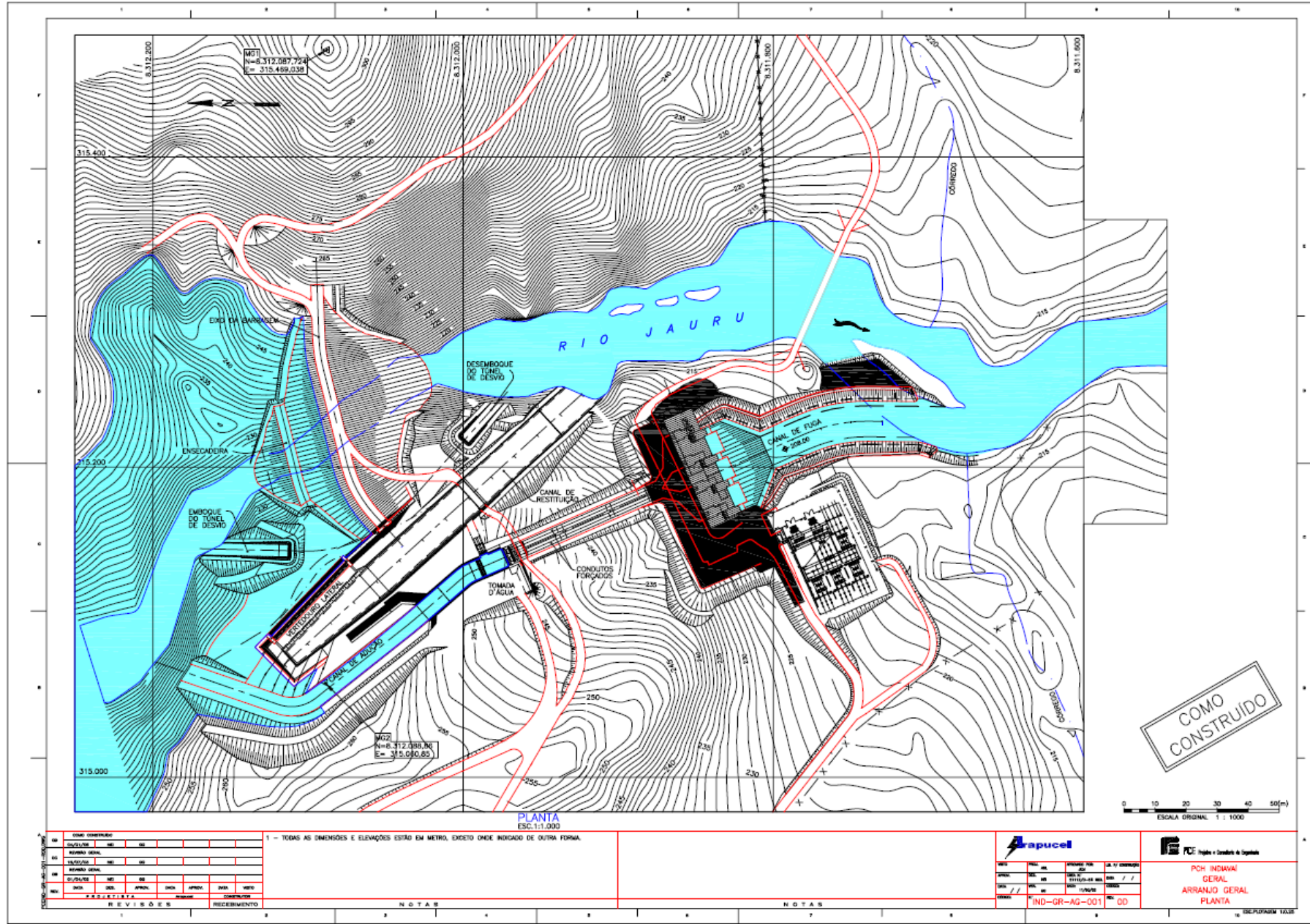


Figura 5 – Arranjo Geral

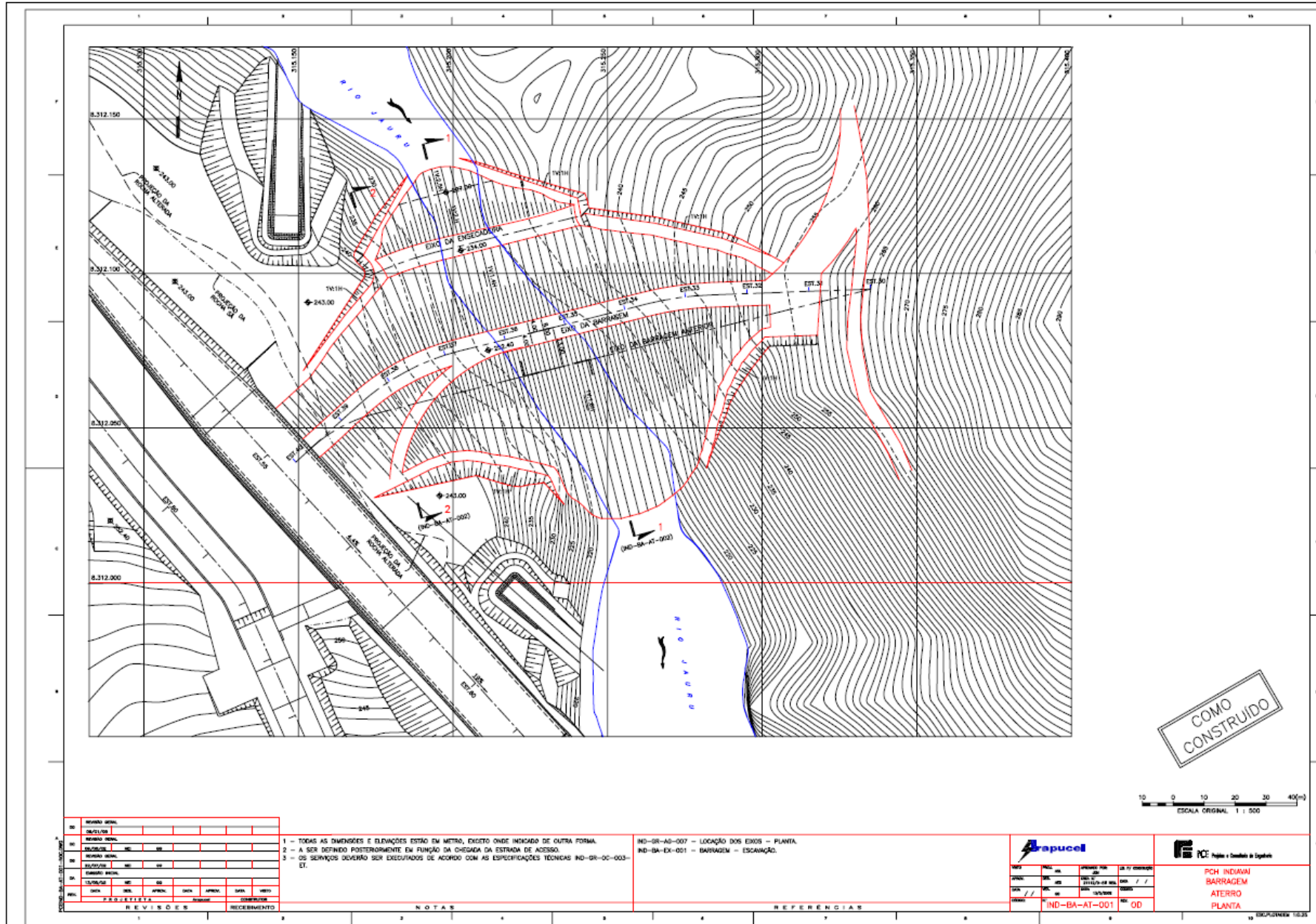


Figura 6 – Barragem – Planta Geral

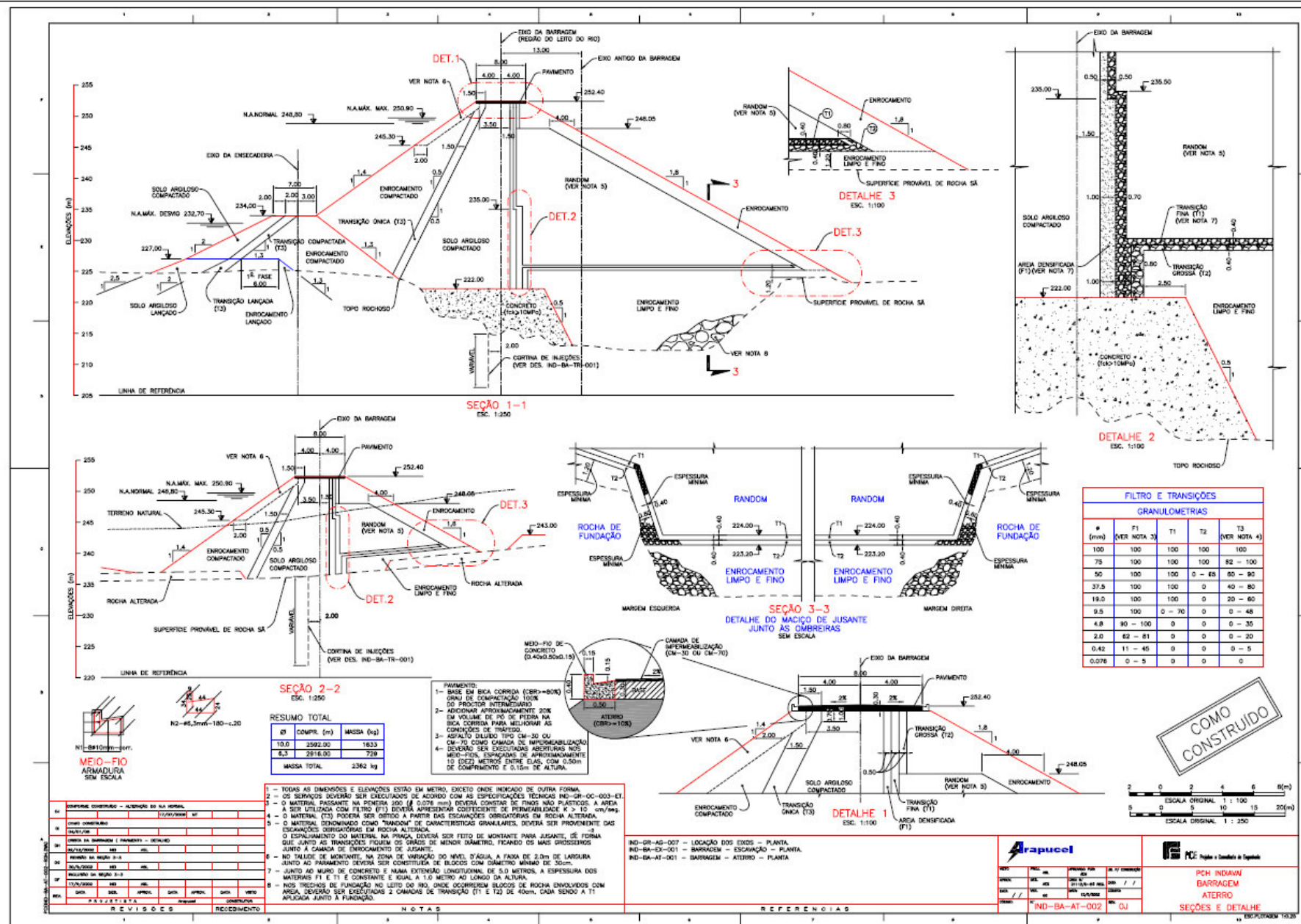


Figura 7 – Barragem – Seções

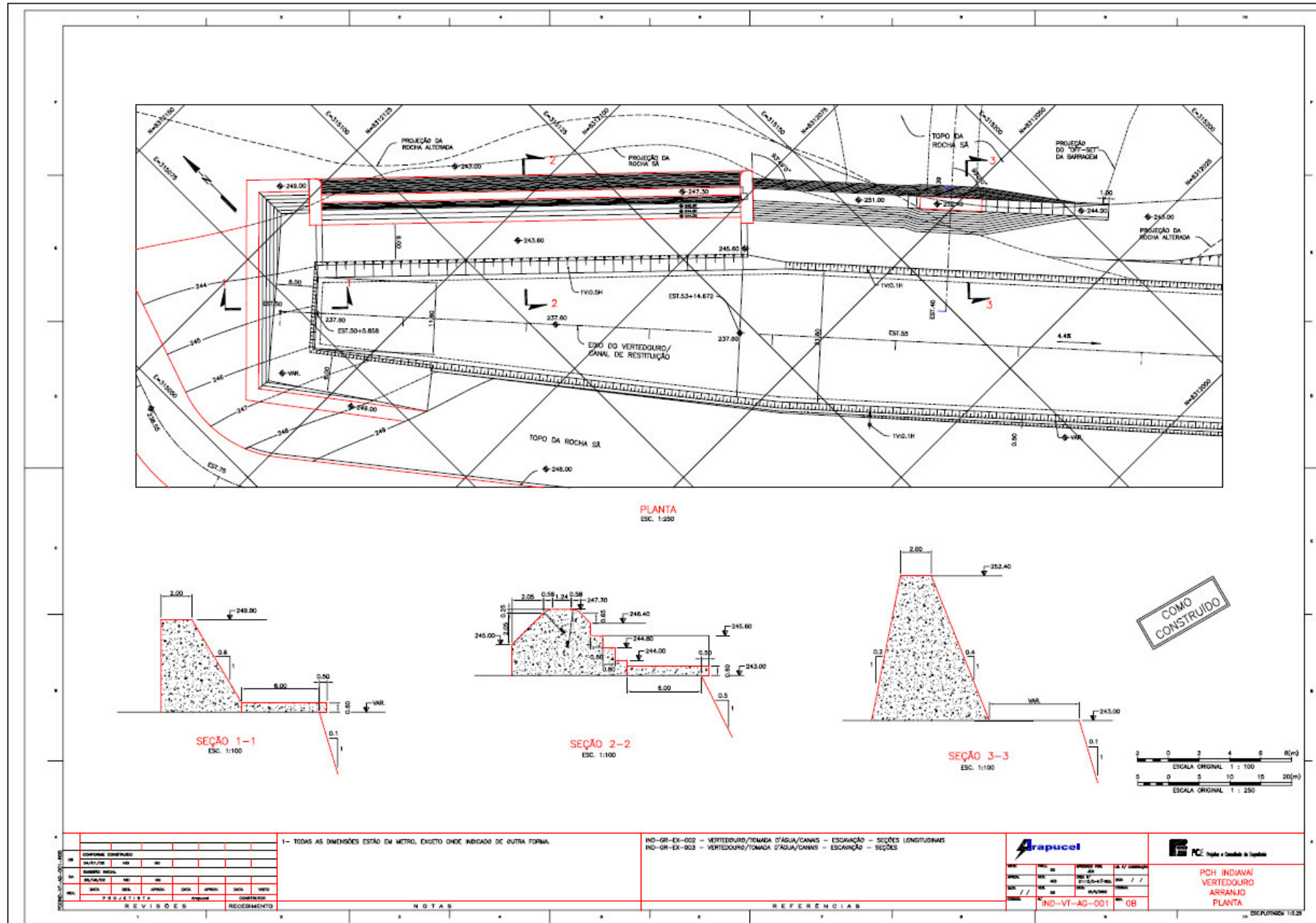


Figura 8 – Vertedouro – Planta e Seções

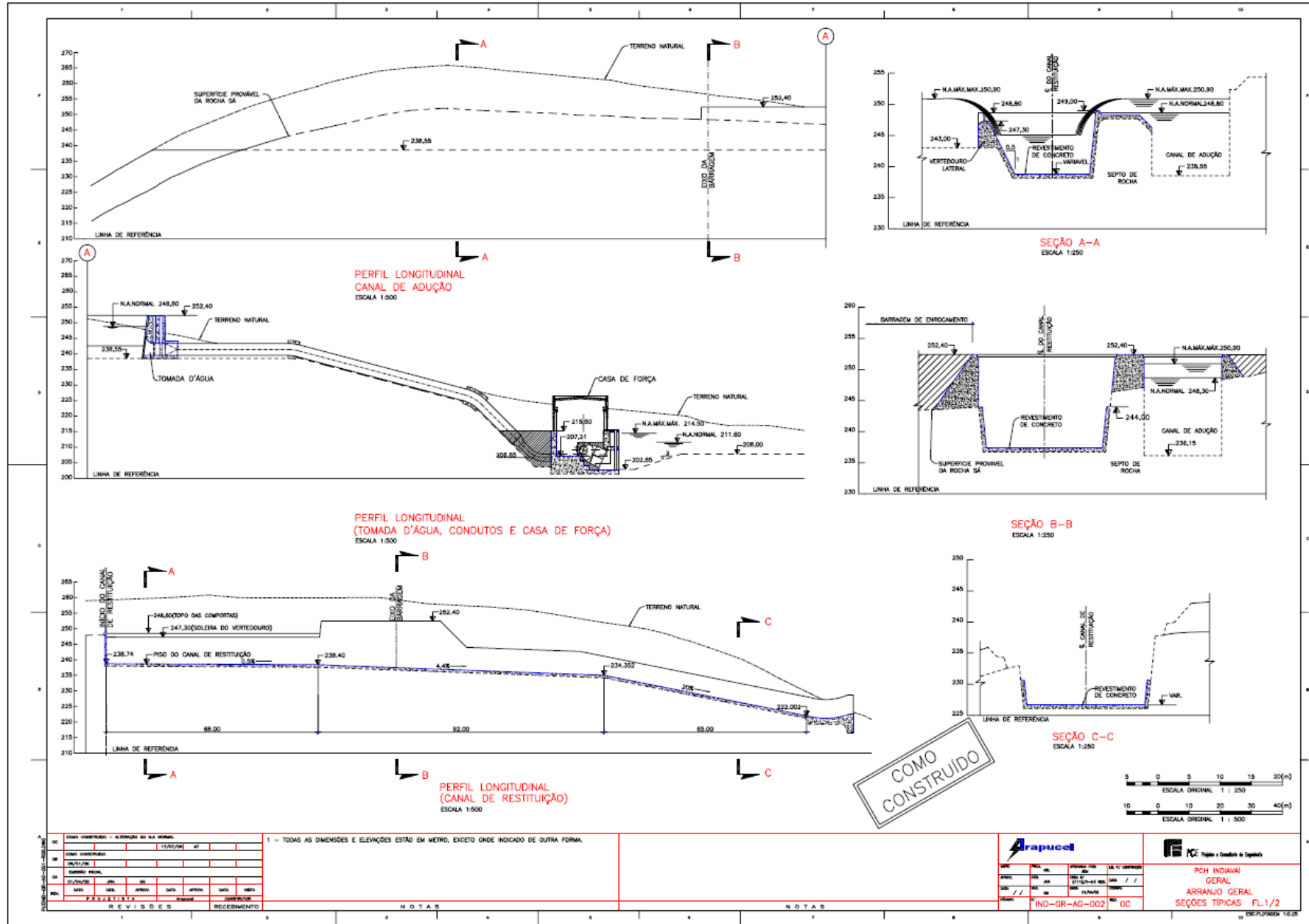


Figura 9 – Circuito – Seções

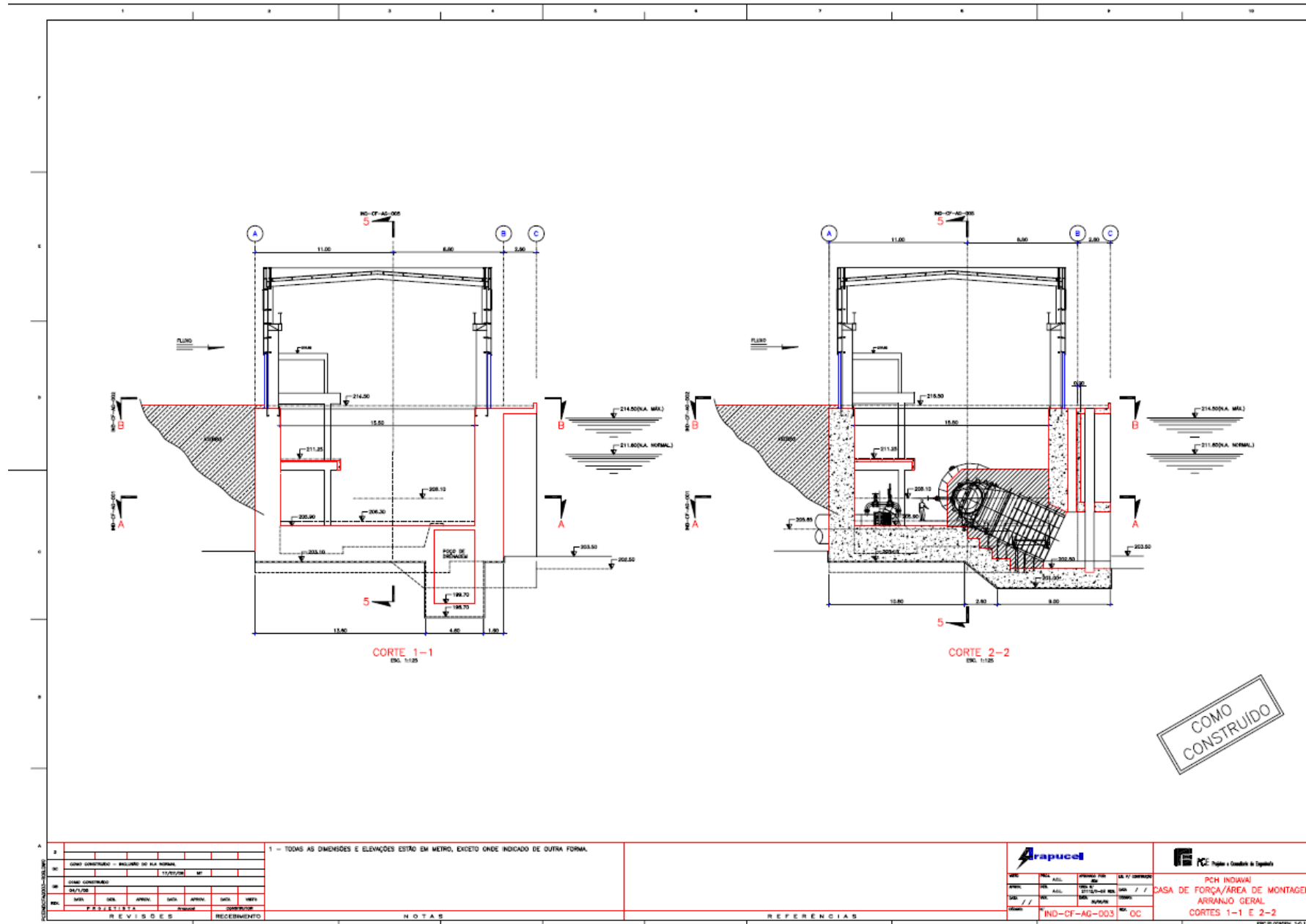


Figura 10 – Casa de Força – Seção

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 Indiavaí são de natureza hidrológica e estrutural, conforme descrito a seguir.

4.1.1 Risco Hidrológico

A bacia hidrográfica da Pequena Central Hidrelétrica Indiavaí tem área de drenagem de 2.320 Km² junto ao barramento. O reservatório possui um volume de 2,05 hm³ e uma extensão de 1,80 km formado por um barramento de aterro compactado com altura máxima de 38,00 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 Indiavaí 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 Enrocamento com Núcleo de Argila

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

O Barramento da PCH Indiavaí foi projetado em 2002 obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com fatores segurança superiores aos preconizados nas normas.

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.



Figura 11 – Vista Geral Montante Usina

Nas Figura 12 e Figura 13 abaixo se observa os taludes de jusante e montante estão em boas condições. Destaca-se na foto as boas condições da proteção do talude e da pista de rolamento.



Figura 12 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude de jusante e crista



Figura 13 – Vista Geral da Barragem Ombreira Direita – Talude de montante

4.1.2.2 Vertedouro

O Vertedouro da PCH Indiavaí foi projetado em 2002 obedecendo aos critérios da Eletrobrás e as condições de estabilidade estão com fatores segurança superiores aos preconizados. O Vertedouro da PCH Indiavaí 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 ($Q=900,00 \text{ m}^3/\text{s}$) indicado na ficha técnica.



Figura 14 – Vista Geral do Vertedouro e margem esquerda da Barragem



Figura 15 – Calha do Vertedouro, boas condições

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 INDIAVAÍ 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 Indiavaí 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 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 enrocamento em conjunto com o hidrograma da enchente natural 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 (cheias extremas e rompimento da barragem).

Nesta etapa ocorre a estimativa e 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 Indiavaí 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 esse escoamento. 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 16 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.

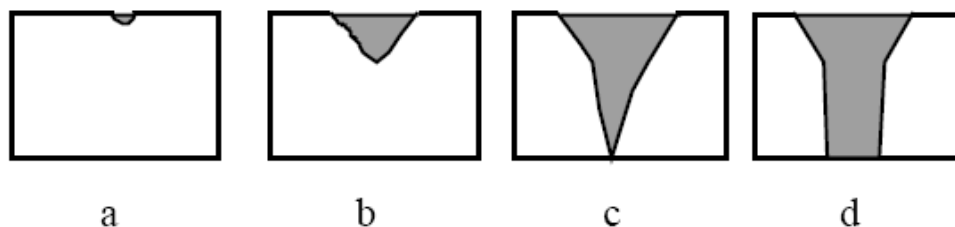


Figura 16 – Formação de brecha por galgamento

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 17 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.

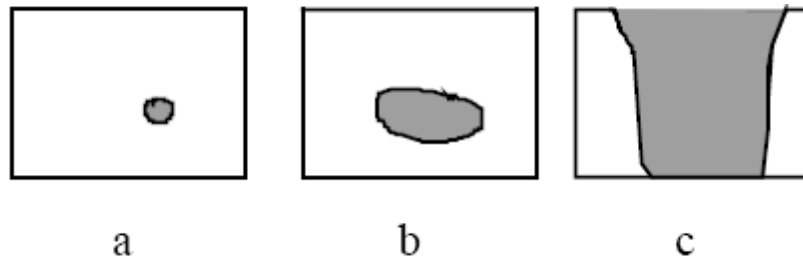


Figura 17 – Formação da brecha por infiltração

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 Indiavaí 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 18 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).

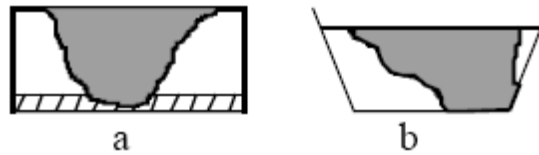


Figura 18 – Brechas resultantes de falhas nas fundações

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	≤ 0.1	USACE 1980
	Entire Dam	0 to valley walls	≤ 0.1	FERC
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 0.1	NWS
	(0.8 x L) to L	0 to valley walls	≤ 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		≤ 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 19 – 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.

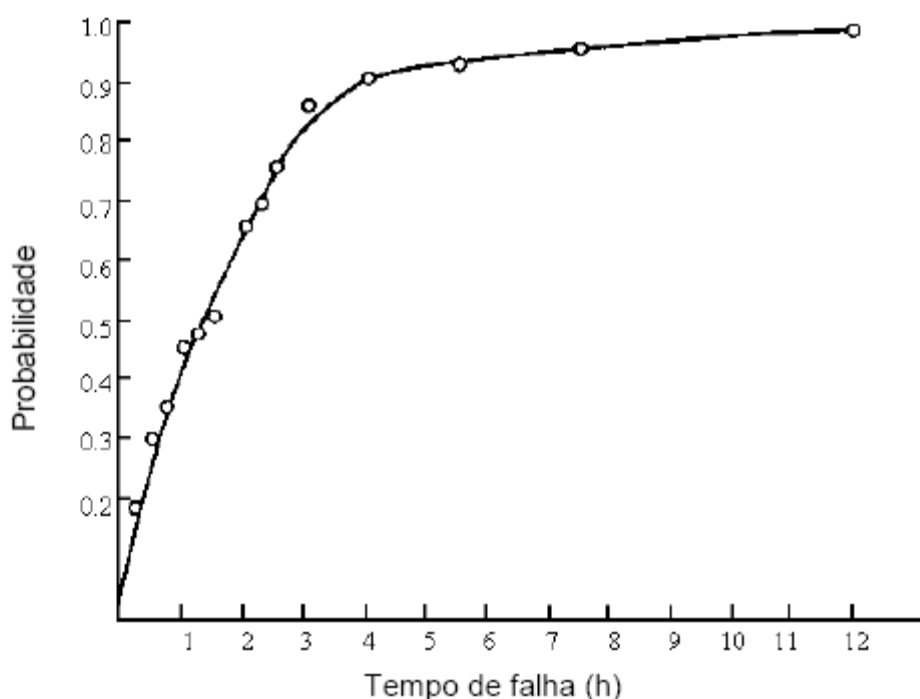
O número de blocos rompidos poderá ser fixado tendo em conta a velocidade de descida do nível a montante, uma vez que uma rápida descida corresponde a uma redução significativa das solicitações para os blocos que não rompem, reduzindo a possibilidade de rompimento destes.

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 20 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 20 – 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 19 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	Mínimo 100

Logo, com volume do reservatório menor que 3,00 hm³ a extensão do trecho de modelagem considerada é no máximo 25 km. Para a PCH Indiavaí o trecho simulado foi de aproximadamente 48,00 km 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 representado 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;

S0 = declividade do leito;

Sf = 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 Indiavaí 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 21 apresenta o nível de perigo relacionado a residências.

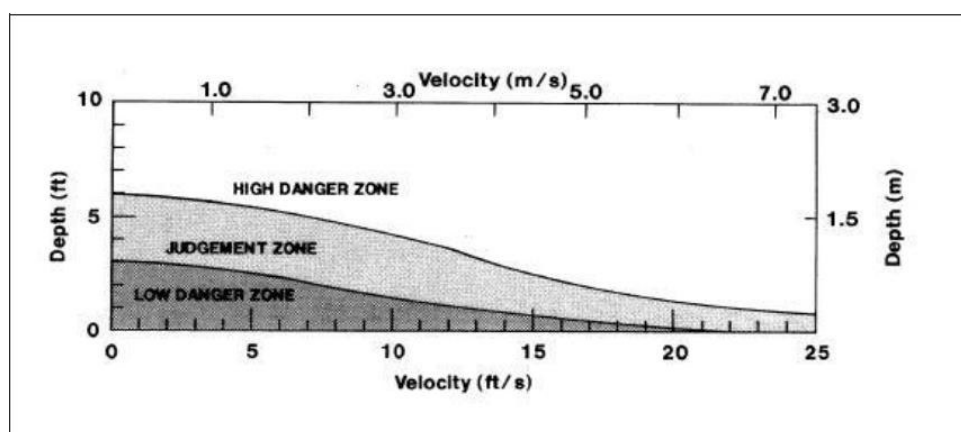


Figura 21 – Nível de perigo relacionado a residências

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

A Figura 22 apresenta o nível de perigo relacionado a veículos de passageiros.

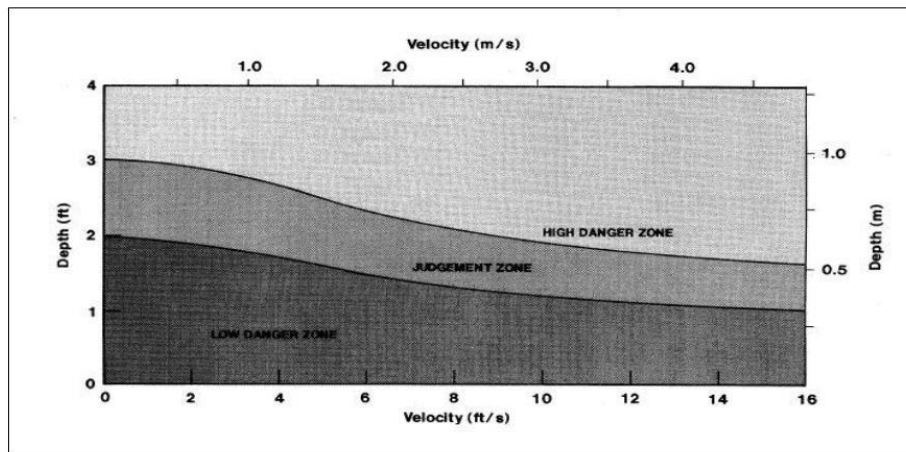


Figura 22 – Nível de perigo relacionado a veículos de passageiros

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

A Figura 23 apresenta o nível de perigo relacionado a pessoas adultas.

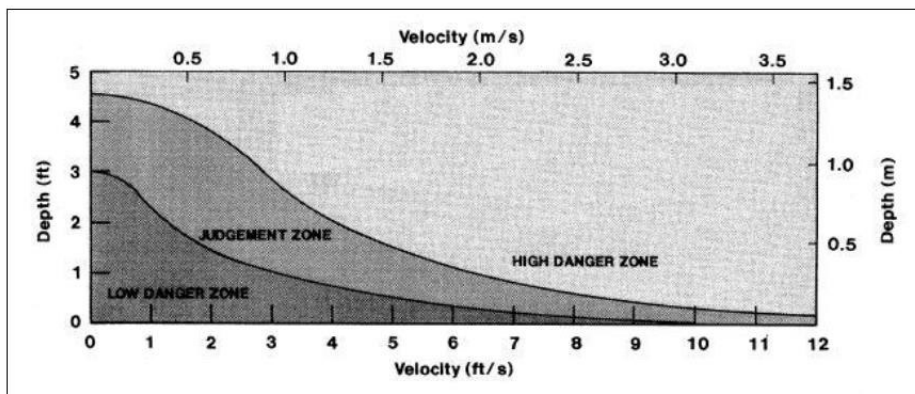


Figura 23 – Nível de perigo relacionado a adultos

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

A Figura 24 apresenta o nível de perigo relacionado a crianças.

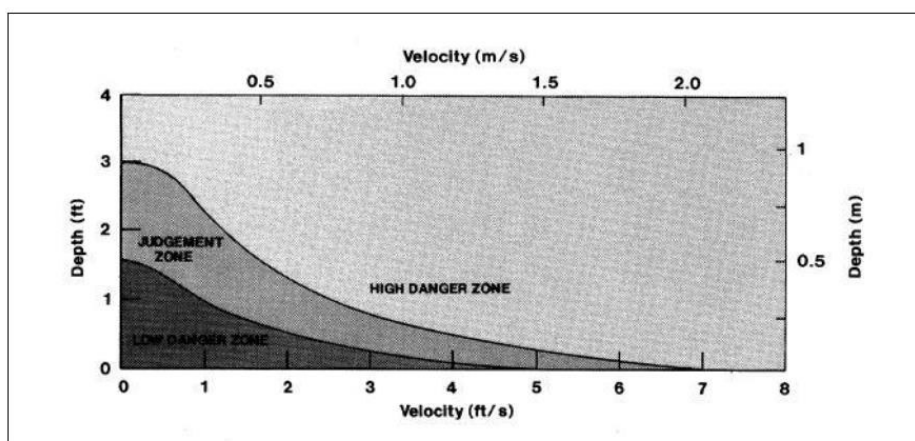


Figura 24 – Nível de perigo relacionado a crianças

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 hm³ - trecho de 25 km a jusante.

Logo o trecho da análise definido para modelagem será compreendido entre a Reservatório da PCH Indiavaí até o município de Indiavaí distante cerca de 48,00 km ao longo do Rio Juru atendendo todas as recomendações nacionais (ANEEL e ANA) e internacionais.

As características da Usina com barragem de média altura (38,00 m), médio volume do reservatório (2,05 hm³) 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

Foram lançados no software dados de seção transversal em distâncias conforme locais onde foram obtidos níveis de água e de acordo com as mudanças percebidas na geografia da região de forma a se obter maior fidelidade na simulação.

O desenho IND-C-SER-003-00-19 – Seções Restituição apresentado no caderno de desenhos indica a localização das seções transversais obtidas pela restituição.

A restituição completa do trecho foi obtida de acordo com desenhos de restituição parcial recebidos e ajustadas com curvas SRTM e imagem de satélite nos trechos sem informações com uso de plataforma de desenho digital CAD, resultando em um arquivo com a topografia das margens do trecho do rio Juru desde a montante do lago da PCH Indiavaí até Indiavaí.

Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos e documentos da Tabela a seguir:

Tabela 3 – Fontes da geometria do rio

Item	Nº Documentos	Elaboração	Descrição/Legenda
1	Restituição PCH Indiavaí	SAI	Perfilamento a Laser entre a Barragem PCH Ombreiras e o canal de fuga da PCH Indiavaí
2	Restituição UHE Jauru	Geometrisa	Curvas de nível e imagem do trecho entre a barragem da UHE Jauru e a ponte da MT 248 em Indiavaí

Também foram utilizadas seções topobatimétricas do reservatório da PCH Indiavaí executadas em 2014 pela empresa Nativa Ambiental, sendo ao todo 10 seções topobatimétricas que serviram para modelagem do reservatório. Dados no Anexo I.

5.2.3 Geometria das barragens

5.2.3.1 Barragem Indiavaí

A barragem é constituída por um maciço de enrocamento com núcleo de argila. Possui altura máxima de 38 m e 175 m de comprimento.

Sua cota de proteção está na El. 252,40 m, os taludes do aterro são de 1V:1,40 H a montante e 1V:1,8 H a jusante. A montante da Barragem foi incorporada enescadeira com taludes do aterro de 1V:2,00 H a montante e 1V:1,3 H a jusante.

O vertedouro lateral situa-se na margem direita do rio, a superfície de escoamento na região da crista e no paramento imediatamente a jusante apresenta soleira espessa com 70 m de comprimento na elevação 249,00 m, 68 m na elevação 247,30 m e 27,00 m na elevação 251,00 m, com paramento de montante vertical. Somente a calha do vertedouro na elevação 247,30 m possui degraus. O comprimento total do vertedouro é de 165 m e a capacidade de vazão do vertedouro é de 900 m³/s, correspondente à cheia decamilenar (NA máx max = 259,90 m).

Para o lançamento de dados no software foram utilizadas as referências dos desenhos como construído da Tabela 3 abaixo.

Tabela 4 – Fontes da geometria da Barragem (Anexo I – Documentos De Referência)

Item	Nº Documentos	Elaboração	Descrição/Legenda
1	02 - IND-GR-AG-001-R0D	PCE	Geral – Arranjo Geral - Planta
2	03 - IND-GR-AG-002-R0B		Geral – Arranjo Geral – Seções Típicas – FL 1/2
3	04 - IND-GR-AG-003 OB		Geral – Arranjo Geral – Seções Típicas – FL 2/2
4	10 - IND-BA-AT-001-R0D		Barragem – Aterro - Planta
5	11 - IND-BA-AT-002-R0J		Barragem – Aterro – Seções e Detalhes
6	17 - IND-VT-AG-001-ROB		Vertedouro – Arranjo - Planta

5.2.3.2 Barragens Jusante

A jusante da PCH Indiavaí estão implantadas duas usinas Hidrelétricas com as seguintes características das Barragens:

- **PCH Salto** - Barragem de enrocamento com núcleo de argila com cota de proteção na EL. 215,50 m e vertedouro lateral de soleira livre com 60,00 m de comprimento e crista na elevação 211,48 m. Nível máximo normal de 211,48 m.
- **PCH Figueirópolis** - Barragem de concreto com cota de proteção na EL. 193,50 m e vertedouro labirinto com comprimento total de 180 m e crista na elevação 190,00 m. Nível máximo normal de 190,00 m.

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 Indiavaí, localizada no rio Jauru e realizar a atualização da vazão máxima e capacidade de vazão do vertedouro para as novas vazões definidas.

A PCH Indiavaí se localiza no município de Araputanga no estado de Mato Grosso. Atualmente é a segunda de uma série de 6 usinas em operação no rio Jauru.

5.2.4.1 Cálculo da vazão máxima anual

5.2.4.1.1 Dados Disponíveis

- Vazões Rio Jauru

O rio Jauru é afluente do rio Paraguai pela margem direita em seu trecho médio logo no início do pantanal. Para a definição do hidrograma de cheias na barragem de Indiavaí foram utilizados os dados de vazão da UHE Jauru obtidos no sita da ONS.

Os dados do posto no barramento da UHE Jauru estão indicados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados do posto UHE Jauru

UHE JAURU BARRAMENTO (66071385)

Código	66071385
Nome	UHE JAURU BARRAMENTO
Código Adicional	-
Bacia	RIO PARANÁ (6)
Sub-bacia	RIOS PARAGUAI, SÃO LOURENÇO E . (66)
Rio	RIO JAURU
Estado	MATO GROSSO
Município	JAURU
Responsável	CONS.JAURU
Operadora	CONS.JAURU
Latitude	-15:14:16
Longitude	-58:43:47
Altitude (m)	355
Área de Drenagem (km2)	2230

Os dados da UHE Jauru estão disponíveis na forma de vazão diária no período de 01/01/1980 a 31/12/2015 obtidos diretamente no site da ONS – Operador Nacional do Sistema.

5.2.4.1.2 Vazões na PCH Indiavaí

Para a definição do hidrograma de cheias as vazões diárias são importantes para se obter a variação da onda de cheia conforme o tempo de distribuição da cheia.

Para a obtenção das vazões diárias foram utilizados os dados de vazão diária da UHE Jauru, regionalizados para a área da bacia hidrográfica na barragem da PCH Indiavaí que resultaram na série de vazões diárias para o empreendimento.

A diferença de áreas entre o posto base (UHE Jauru) que possui área de drenagem 2.230 km² e o local do barramento, que possui área de drenagem 2.320 km² é de 1,04 vezes, dentro da diferença máxima de áreas de 4 vezes reconhecida pela literatura de hidrologia.

Os dados do posto Jauru vão de janeiro/1980 a dezembro/2015 em um total de 13.149 leituras de vazão diária, sem a ocorrência de falhas.

Considerando a diferença de área entre as bacias do posto base e do barramento temos que a equação de transferência da vazão resulta na seguinte expressão:

$$Q_{ind} = 1,04 \times Q_{jau} \quad \text{onde:}$$

Q_{ind} – Vazão na PCH Indiavaí

Q_{jau} – Vazão na UHE Jauru

5.2.4.1.3 Vazões Máximas Anuais

Com os dados transportados para a área da bacia hidrográfica na barragem da PCH Indiavaí, obtendo-se a vazão diária ao longo do período, destaca-se as vazões máximas diárias em cada mês disponível e posteriormente a máxima de cada ano, resultando em uma amostra de vazões máximas anuais ao longo do período de janeiro de 1980 a dezembro de 2015.

Importante observar a grande sazonalidade de vazões nas bacias da região onde os eventos de cheias ocorrem entre novembro e maio. No caso das vazões máximas as predominâncias de ocorrências foram nos meses de fevereiro com 11 ocorrências, março com 10, abril com 8, janeiro com 4 ocorrências e maio, novembro e dezembro com 1 ocorrência cada. Na Tabela 6 abaixo temos os valores das cheias anuais e o mês de ocorrência.

Importante observar o efeito de amortecimento das cheias ocasionado pelo enchimento do reservatório para a operação da UHE Jauru que ocorreu no fim de setembro de 2002, resultando em menores picos de cheia nos anos posteriores.

A Tabela 7 apresenta os dados de vazão máxima mensal no período com destaque a máxima anual repetida na última coluna.

5.2.4.2 Vazões máximas para diversos tempos de recorrência

Definidos os valores das vazões máximas anuais, utilizamos o programa Qmáximas disponível no site da Eletrobrás e indicado para uso nas diretrizes de projetos básicos de UHE's para a análise estatística dos eventos de cheia e o cálculo das vazões máximas para os diversos tempos de recorrência.

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

- Média da amostra	184,14 m ³ /s
- Assimetria	0,68
- Desvio Padrão	90,18
- Coeficiente alfa	70,34
- Coeficiente mi	143,56

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 8 abaixo.

Tabela 8 – Vazões Máximas para diversos Tempos de Recorrência (TR)

Vazão Máx TR anos	Indiavaí Q (m³/s)
5	249
10	302
20	352
50	418
100	467
500	581
1.000	629
10.000	791

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 Indiavaí foi 1,2602 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. Os dados de vazão máxima instantânea estão apresentados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Vazões Máximas Instantâneas para diferentes TR

Vazão Máx inst TR anos	Indiavaí Q (m³/s)
5	314
10	381
20	444
50	527
100	588
500	732
1.000	793
10.000	997

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.

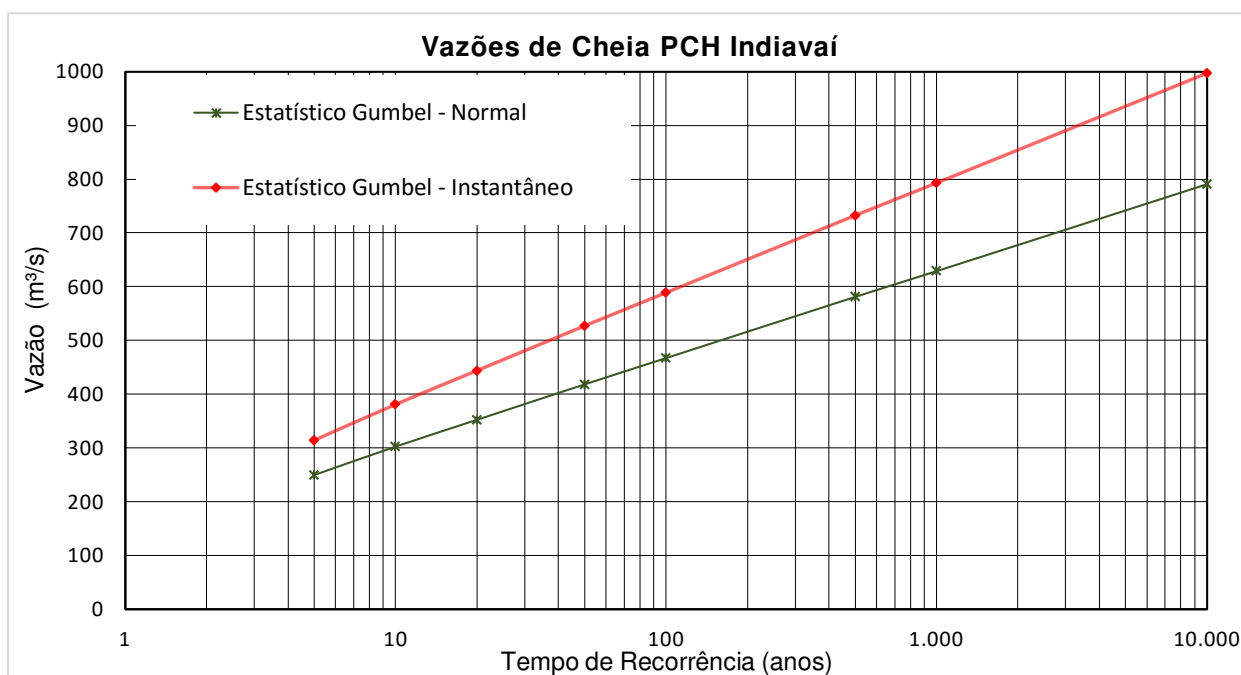


Gráfico 1 – Vazões de Cheia x Tempo de Recorrência

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 Indiavaí foi utilizada a metodologia do hidrograma unitário adimensional baseado nas 15 maiores cheias da bacia. Para a bacia do rio Jauru foi estimado o tempo de concentração da cheia em 132 horas com a dissipação em 192 horas. Assim sendo o período de estudo se inicia em 12 hs e segue de 24 em 24 horas até 324 horas. Na Tabela 10 abaixo tem-se os valores das 15 maiores cheias na bacia do rio Jauru na PCH Indiavaí e o ano em que a cheia ocorreu, segundo o tratamento estatístico dos dados.

Tabela 10 – 15 maiores cheias no local da PCH Indiavaí

Ano	Q (m ³ /s)	Ano	Q (m ³ /s)	Ano	Q (m ³ /s)
1995	409,07	1993	269,19	2001	247,94
1994	367,48	1985	259,45	2002	241,74
1989	324,07	1998	254,14	1981	220,49
1987	313,76	1983	253,25	1999	208,98
1980	300,18	1982	250,60	1988	208,09

O processo de obtenção do hidrograma consiste em selecionar as 15 maiores cheias, selecionar os dados considerando o pico da cheia em 132 hs e nos dados de vazão diária recuar até o momento 12 horas e avançar até o momento 324 horas lançando os valores de vazão de 24 em 24 horas. Na Tabela 11 abaixo estão os valores obtidos da tabela de vazão diária.

Tabela 11 – Desenvolvimento das vazões ao longo do período do hidrograma

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Q (m ³ /s)	96,48	111,20	177,42	253,51	331,91	409,07	321,51	264,63	210,37	184,09	153,09	121,27	103,52	90,32
	100,13	128,23	153,36	216,31	321,14	367,48	326,14	289,24	245,29	189,50	148,20	116,24	99,29	86,78
	84,12	105,38	153,35	216,06	277,63	324,07	299,74	258,23	220,20	198,83	152,76	132,06	106,03	100,95
	66,41	88,89	121,38	166,70	226,51	313,76	289,24	257,78	211,88	184,62	163,83	142,84	122,20	113,34
	86,89	101,18	106,76	131,86	212,72	300,18	200,12	144,34	129,28	108,92	103,60	100,06	90,32	85,89
	86,78	95,63	92,09	100,06	204,30	269,19	194,36	110,75	103,40	99,08	95,63	95,63	102,93	90,32
	120,43	140,14	166,47	178,87	193,04	259,45	232,89	208,98	183,60	164,40	130,93	110,63	85,41	89,40
	86,78	92,65	104,54	128,62	190,53	254,14	198,44	153,01	130,05	118,66	116,56	114,23	120,43	131,94
	85,89	89,44	106,63	162,69	205,88	253,25	193,46	174,87	159,39	137,25	114,23	107,15	101,83	100,06
	94,74	116,00	149,65	174,44	218,46	250,60	233,77	158,50	147,78	136,37	142,25	136,37	131,62	115,89
	76,06	84,36	89,50	152,69	205,90	247,94	216,19	174,37	157,92	142,42	116,53	104,23	89,44	82,35
	76,15	107,45	121,35	162,15	210,62	241,74	211,55	184,65	152,72	130,35	106,75	109,59	100,12	83,74
	91,21	96,52	103,61	131,97	176,15	220,49	186,63	149,65	128,39	120,43	111,57	101,83	98,29	95,64
	85,89	86,78	90,14	121,16	174,34	208,98	184,11	149,76	133,71	108,03	92,10	89,44	96,52	89,44
	100,67	106,42	142,56	154,96	181,53	208,09	166,47	142,56	137,26	126,63	115,11	116,89	105,38	94,95

Os valores da vazão do momento entre 12 e 324 horas são divididos pelo valor da cheia correspondente que está em 132 horas e lançados na tabela dos valores de cheia adimensional onde o valor do pico corresponde ao coeficiente de Füller. A Tabela 12 abaixo apresenta os valores adimensionais para as 15 maiores distribuições de vazão na bacia e a média das distribuições para um mesmo período de horas.

Tabela 12 – Distribuição adimensional de vazões

Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Q ADM	0,2358	0,2718	0,4337	0,6197	0,8114	1,2602	0,7859	0,6469	0,5142	0,4500	0,3742	0,2964	0,2531	0,2208
	0,2725	0,3489	0,4173	0,5886	0,8739	1,2602	0,8875	0,7871	0,6675	0,5157	0,4033	0,3163	0,2702	0,2361
	0,2596	0,3252	0,4732	0,6667	0,8567	1,2602	0,9249	0,7968	0,6795	0,6135	0,4714	0,4075	0,3272	0,3115
	0,2117	0,2833	0,3869	0,5313	0,7219	1,2602	0,9218	0,8216	0,6753	0,5884	0,5221	0,4552	0,3895	0,3612
	0,2895	0,3371	0,3556	0,4393	0,7086	1,2602	0,6667	0,4808	0,4307	0,3628	0,3451	0,3333	0,3009	0,2861
	0,3224	0,3553	0,3421	0,3717	0,7589	1,2602	0,7220	0,4114	0,3841	0,3680	0,3553	0,3553	0,3824	0,3355
	0,4642	0,5401	0,6416	0,6894	0,7440	1,2602	0,8976	0,8055	0,7077	0,6336	0,5046	0,4264	0,3292	0,3446
	0,3415	0,3646	0,4114	0,5061	0,7497	1,2602	0,7808	0,6021	0,5117	0,4669	0,4586	0,4495	0,4739	0,5192
	0,3392	0,3531	0,4211	0,6424	0,8129	1,2602	0,7639	0,6905	0,6294	0,5420	0,4510	0,4231	0,4021	0,3951
	0,3781	0,4629	0,5972	0,6961	0,8718	1,2602	0,9329	0,6325	0,5897	0,5442	0,5676	0,5442	0,5252	0,4625
	0,3068	0,3402	0,3610	0,6158	0,8304	1,2602	0,8719	0,7033	0,6369	0,5744	0,4700	0,4204	0,3607	0,3321
	0,3150	0,4445	0,5020	0,6708	0,8713	1,2602	0,8751	0,7639	0,6317	0,5392	0,4416	0,4533	0,4141	0,3464
	0,4137	0,4378	0,4699	0,5985	0,7989	1,2602	0,8464	0,6787	0,5823	0,5462	0,5060	0,4618	0,4458	0,4338
	0,4110	0,4152	0,4313	0,5798	0,8343	1,2602	0,8810	0,7167	0,6398	0,5170	0,4407	0,4280	0,4619	0,4280
	0,4838	0,5114	0,6851	0,7447	0,8723	1,2602	0,8000	0,6851	0,6596	0,6085	0,5532	0,5617	0,5064	0,4563
Horas	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324
Média	0,3363	0,3861	0,4620	0,5974	0,8078	1,2602	0,8372	0,6815	0,5960	0,5247	0,4577	0,4222	0,3895	0,3646

O Gráfico 2 mostra a distribuição adimensional das vazões ao longo das 324 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 picos de chuva em intervalos variados que fazem com que a vazão também ocorra em picos. Realizando a média das 15 maiores vazões esses picos se distribuem e resultam em um hidrograma mais uniforme.

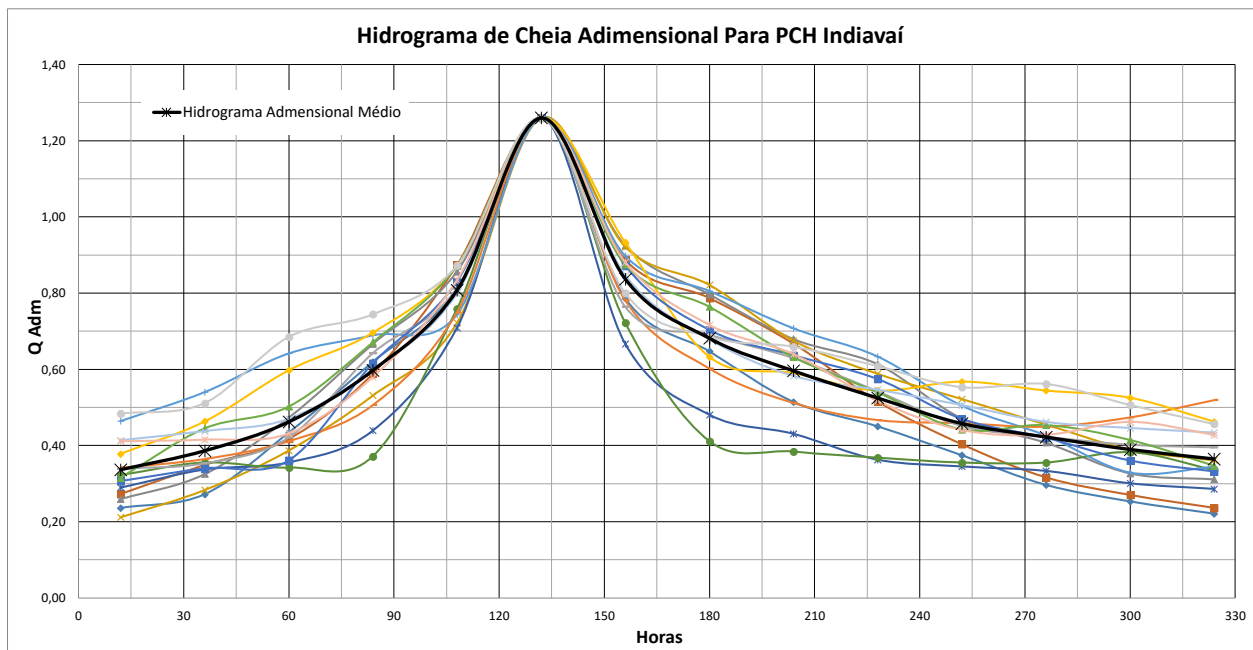


Gráfico 2 – Hidrograma de Cheias adimensionais

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 13 apresenta o hidrograma de cheias para o rio Jauru no local da barragem da PCH Indiavaí para os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 13 – Hidrograma de Cheias PCH Indiavaí

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Indiavaí										
Dias	horas	Q Adm	Tempo de Recorrência - TR							
			5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			249,00	302,00	352,00	418,00	467,00	581,00	629,00	791,00
Dia 01	12	0,336	83,74	101,56	118,38	140,57	157,05	195,39	211,53	266,01
	13	0,338	84,26	102,19	119,11	141,44	158,02	196,60	212,84	267,66
	14	0,340	84,77	102,82	119,84	142,31	158,99	197,80	214,14	269,30
	15	0,343	85,29	103,44	120,57	143,18	159,96	199,01	215,45	270,94
	16	0,345	85,81	104,07	121,30	144,04	160,93	200,21	216,75	272,58
	17	0,347	86,32	104,70	122,03	144,91	161,90	201,42	218,06	274,22
	18	0,349	86,84	105,32	122,76	145,78	162,87	202,62	219,36	275,86
	19	0,351	87,36	105,95	123,49	146,65	163,84	203,83	220,67	277,50

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Indiavaí										
Dias	horas	Q Adm	Tempo de Recorrência - TR							
			5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			249,00	302,00	352,00	418,00	467,00	581,00	629,00	791,00
	20	0,353	87,87	106,58	124,22	147,51	164,80	205,04	221,97	279,14
	21	0,355	88,39	107,20	124,95	148,38	165,77	206,24	223,28	280,79
	22	0,357	88,91	107,83	125,68	149,25	166,74	207,45	224,58	282,43
	23	0,359	89,42	108,46	126,41	150,11	167,71	208,65	225,89	284,07
	24	0,361	89,94	109,08	127,14	150,98	168,68	209,86	227,19	285,71
	1	0,363	90,46	109,71	127,87	151,85	169,65	211,06	228,50	287,35
	2	0,365	90,97	110,34	128,60	152,72	170,62	212,27	229,81	288,99
	3	0,367	91,49	110,96	129,33	153,58	171,59	213,47	231,11	290,63
	4	0,369	92,01	111,59	130,06	154,45	172,56	214,68	232,42	292,27
	5	0,372	92,52	112,22	130,79	155,32	173,53	215,88	233,72	293,92
	6	0,374	93,04	112,84	131,52	156,19	174,49	217,09	235,03	295,56
	7	0,376	93,56	113,47	132,25	157,05	175,46	218,30	236,33	297,20
	8	0,378	94,07	114,10	132,99	157,92	176,43	219,50	237,64	298,84
	9	0,380	94,59	114,72	133,72	158,79	177,40	220,71	238,94	300,48
	10	0,382	95,11	115,35	134,45	159,65	178,37	221,91	240,25	302,12
	11	0,384	95,62	115,98	135,18	160,52	179,34	223,12	241,55	303,76
	12	0,386	96,14	116,60	135,91	161,39	180,31	224,32	242,86	305,40
	13	0,389	96,93	117,56	137,02	162,71	181,78	226,16	244,84	307,90
	14	0,392	97,71	118,51	138,13	164,03	183,26	228,00	246,83	310,40
	15	0,396	98,50	119,47	139,24	165,35	184,74	229,83	248,82	312,90
	16	0,399	99,29	120,42	140,36	166,67	186,21	231,67	250,81	315,40
	17	0,402	100,07	121,37	141,47	168,00	187,69	233,51	252,80	317,90
	18	0,405	100,86	122,33	142,58	169,32	189,16	235,34	254,78	320,41
	19	0,408	101,65	123,28	143,69	170,64	190,64	237,18	256,77	322,91
	20	0,411	102,43	124,24	144,81	171,96	192,12	239,01	258,76	325,41
	21	0,415	103,22	125,19	145,92	173,28	193,59	240,85	260,75	327,91
	22	0,418	104,01	126,15	147,03	174,60	195,07	242,69	262,74	330,41
	23	0,421	104,80	127,10	148,15	175,92	196,55	244,52	264,73	332,91
	24	0,424	105,58	128,06	149,26	177,24	198,02	246,36	266,71	335,41
	1	0,427	106,37	129,01	150,37	178,57	199,50	248,20	268,70	337,91
	2	0,430	107,16	129,97	151,48	179,89	200,97	250,03	270,69	340,41
	3	0,434	107,94	130,92	152,60	181,21	202,45	251,87	272,68	342,91
	4	0,437	108,73	131,87	153,71	182,53	203,93	253,71	274,67	345,41
	5	0,440	109,52	132,83	154,82	183,85	205,40	255,54	276,65	347,91
	6	0,443	110,31	133,78	155,93	185,17	206,88	257,38	278,64	350,41
	7	0,446	111,09	134,74	157,05	186,49	208,35	259,22	280,63	352,91
	8	0,449	111,88	135,69	158,16	187,81	209,83	261,05	282,62	355,41
	9	0,452	112,67	136,65	159,27	189,13	211,31	262,89	284,61	357,91
	10	0,456	113,45	137,60	160,38	190,46	212,78	264,73	286,60	360,41
	11	0,459	114,24	138,56	161,50	191,78	214,26	266,56	288,58	362,91
	12	0,462	115,03	139,51	162,61	193,10	215,73	268,40	290,57	365,41
	13	0,468	116,43	141,22	164,60	195,46	218,37	271,68	294,12	369,87
	14	0,473	117,84	142,92	166,58	197,82	221,01	274,96	297,67	374,34
	15	0,479	119,24	144,62	168,57	200,18	223,64	278,23	301,22	378,80
	16	0,485	120,65	146,33	170,56	202,53	226,28	281,51	304,77	383,26
	17	0,490	122,05	148,03	172,54	204,89	228,91	284,79	308,32	387,73
	18	0,496	123,46	149,74	174,53	207,25	231,55	288,07	311,87	392,19
	19	0,501	124,86	151,44	176,51	209,61	234,18	291,35	315,42	396,66
	20	0,507	126,27	153,15	178,50	211,97	236,82	294,63	318,97	401,12
	21	0,513	127,67	154,85	180,49	214,33	239,45	297,91	322,52	405,58
	22	0,518	129,08	156,55	182,47	216,69	242,09	301,19	326,07	410,05
	23	0,524	130,48	158,26	184,46	219,05	244,72	304,46	329,62	414,51
	24	0,530	131,89	159,96	186,45	221,41	247,36	307,74	333,17	418,98

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Indiavaí										
Dias	horas	Q Adm	Tempo de Recorrência - TR							
			5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			249,00	302,00	352,00	418,00	467,00	581,00	629,00	791,00
	1	0,535	133,29	161,67	188,43	223,76	249,99	311,02	336,72	423,44
	2	0,541	134,70	163,37	190,42	226,12	252,63	314,30	340,27	427,90
	3	0,547	136,11	165,08	192,41	228,48	255,27	317,58	343,82	432,37
	4	0,552	137,51	166,78	194,39	230,84	257,90	320,86	347,37	436,83
	5	0,558	138,92	168,48	196,38	233,20	260,54	324,14	350,92	441,29
	6	0,564	140,32	170,19	198,37	235,56	263,17	327,42	354,47	445,76
	7	0,569	141,73	171,89	200,35	237,92	265,81	330,69	358,01	450,22
	8	0,575	143,13	173,60	202,34	240,28	268,44	333,97	361,56	454,69
	9	0,580	144,54	175,30	204,32	242,64	271,08	337,25	365,11	459,15
	10	0,586	145,94	177,01	206,31	244,99	273,71	340,53	368,66	463,61
	11	0,592	147,35	178,71	208,30	247,35	276,35	343,81	372,21	468,08
	12	0,597	148,75	180,41	210,28	249,71	278,98	347,09	375,76	472,54
	13	0,606	150,93	183,06	213,37	253,38	283,08	352,18	381,28	479,48
	14	0,615	153,12	185,71	216,46	257,04	287,17	357,27	386,79	486,41
	15	0,624	155,30	188,36	219,54	260,71	291,27	362,37	392,31	493,35
	16	0,632	157,48	191,00	222,63	264,37	295,36	367,46	397,82	500,28
	17	0,641	159,67	193,65	225,71	268,04	299,46	372,56	403,34	507,21
	18	0,650	161,85	196,30	228,80	271,70	303,55	377,65	408,85	514,15
	19	0,659	164,03	198,95	231,89	275,36	307,64	382,74	414,36	521,08
	20	0,668	166,22	201,60	234,97	279,03	311,74	387,84	419,88	528,02
	21	0,676	168,40	204,24	238,06	282,69	315,83	392,93	425,39	534,95
	22	0,685	170,58	206,89	241,14	286,36	319,93	398,02	430,91	541,89
	23	0,694	172,76	209,54	244,23	290,02	324,02	403,12	436,42	548,82
	24	0,703	174,95	212,19	247,32	293,69	328,12	408,21	441,94	555,76
	1	0,711	177,13	214,83	250,40	297,35	332,21	413,31	447,45	562,69
	2	0,720	179,31	217,48	253,49	301,02	336,30	418,40	452,97	569,63
	3	0,729	181,50	220,13	256,57	304,68	340,40	423,49	458,48	576,56
	4	0,738	183,68	222,78	259,66	308,35	344,49	428,59	463,99	583,50
	5	0,746	185,86	225,42	262,75	312,01	348,59	433,68	469,51	590,43
	6	0,755	188,05	228,07	265,83	315,68	352,68	438,77	475,02	597,37
	7	0,764	190,23	230,72	268,92	319,34	356,77	443,87	480,54	604,30
	8	0,773	192,41	233,37	272,00	323,00	360,87	448,96	486,05	611,24
	9	0,782	194,59	236,01	275,09	326,67	364,96	454,05	491,57	618,17
	10	0,790	196,78	238,66	278,18	330,33	369,06	459,15	497,08	625,11
	11	0,799	198,96	241,31	281,26	334,00	373,15	464,24	502,60	632,04
	12	0,808	201,14	243,96	284,35	337,66	377,25	469,34	508,11	638,98
	13	0,827	205,84	249,65	290,98	345,54	386,05	480,29	519,97	653,88
	14	0,846	210,53	255,34	297,62	353,42	394,85	491,24	531,82	668,79
	15	0,864	215,22	261,03	304,25	361,30	403,65	502,19	543,68	683,70
	16	0,883	219,92	266,73	310,89	369,18	412,45	513,14	555,53	698,61
	17	0,902	224,61	272,42	317,52	377,06	421,26	524,09	567,39	713,52
	18	0,921	229,30	278,11	324,15	384,93	430,06	535,04	579,24	728,43
	19	0,940	234,00	283,80	330,79	392,81	438,86	545,99	591,10	743,34
	20	0,959	238,69	289,49	337,42	400,69	447,66	556,94	602,95	758,24
	21	0,977	243,38	295,19	344,06	408,57	456,46	567,89	614,81	773,15
	22	0,996	248,08	300,88	350,69	416,45	465,27	578,84	626,66	788,06
	23	1,015	252,77	306,57	357,33	424,33	474,07	589,79	638,52	802,97
	24	1,034	257,46	312,26	363,96	432,20	482,87	600,74	650,37	817,88
	1	1,053	262,15	317,95	370,60	440,08	491,67	611,69	662,23	832,79
	2	1,072	266,85	323,65	377,23	447,96	500,47	622,64	674,09	847,70
	3	1,091	271,54	329,34	383,87	455,84	509,28	633,60	685,94	862,61
	4	1,109	276,23	335,03	390,50	463,72	518,08	644,55	697,80	877,51
	5	1,128	280,93	340,72	397,13	471,60	526,88	655,50	709,65	892,42

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Indiavaí										
Dias	horas	Q Adm	Tempo de Recorrência - TR							
			5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			249,00	302,00	352,00	418,00	467,00	581,00	629,00	791,00
	6	1,147	285,62	346,41	403,77	479,48	535,68	666,45	721,51	907,33
	7	1,166	290,31	352,11	410,40	487,35	544,48	677,40	733,36	922,24
	8	1,185	295,01	357,80	417,04	495,23	553,29	688,35	745,22	937,15
	9	1,204	299,70	363,49	423,67	503,11	562,09	699,30	757,07	952,06
	10	1,222	304,39	369,18	430,31	510,99	570,89	710,25	768,93	966,97
	11	1,241	309,09	374,88	436,94	518,87	579,69	721,20	780,78	981,88
	12	1,260	313,78	380,57	443,58	526,75	588,49	732,15	792,64	996,78
	13	1,243	309,39	375,25	437,37	519,38	580,26	721,91	781,55	982,85
	14	1,225	305,00	369,92	431,17	512,01	572,03	711,67	770,47	968,91
	15	1,207	300,62	364,60	424,97	504,65	563,81	701,44	759,39	954,97
	16	1,190	296,23	359,28	418,76	497,28	555,58	691,20	748,30	941,03
	17	1,172	291,84	353,96	412,56	489,92	547,35	680,96	737,22	927,09
	18	1,154	287,45	348,64	406,36	482,55	539,12	670,72	726,13	913,15
	19	1,137	283,06	343,32	400,16	475,18	530,89	660,48	715,05	899,21
	20	1,119	278,68	337,99	393,95	467,82	522,66	650,25	703,97	885,27
	21	1,102	274,29	332,67	387,75	460,45	514,43	640,01	692,88	871,34
	22	1,084	269,90	327,35	381,55	453,09	506,20	629,77	681,80	857,40
	23	1,066	265,51	322,03	375,34	445,72	497,97	619,53	670,71	843,46
	24	1,049	261,13	316,71	369,14	438,36	489,74	609,29	659,63	829,52
	1	1,031	256,74	311,38	362,94	430,99	481,51	599,05	648,55	815,58
	2	1,013	252,35	306,06	356,74	423,62	473,28	588,82	637,46	801,64
	3	0,996	247,96	300,74	350,53	416,26	465,05	578,58	626,38	787,70
	4	0,978	243,57	295,42	344,33	408,89	456,82	568,34	615,29	773,76
	5	0,961	239,19	290,10	338,13	401,53	448,60	558,10	604,21	759,83
	6	0,943	234,80	284,78	331,92	394,16	440,37	547,86	593,13	745,89
	7	0,925	230,41	279,45	325,72	386,79	432,14	537,63	582,04	731,95
	8	0,908	226,02	274,13	319,52	379,43	423,91	527,39	570,96	718,01
	9	0,890	221,64	268,81	313,32	372,06	415,68	517,15	559,87	704,07
	10	0,872	217,25	263,49	307,11	364,70	407,45	506,91	548,79	690,13
	11	0,855	212,86	258,17	300,91	357,33	399,22	496,67	537,71	676,19
	12	0,837	208,47	252,85	294,71	349,97	390,99	486,44	526,62	662,25
	13	0,831	206,86	250,89	292,42	347,25	387,96	482,67	522,54	657,12
	14	0,824	205,24	248,93	290,14	344,54	384,93	478,90	518,46	651,99
	15	0,818	203,63	246,97	287,86	341,83	381,90	475,13	514,38	646,86
	16	0,811	202,01	245,01	285,57	339,12	378,87	471,36	510,30	641,73
	17	0,805	200,39	243,05	283,29	336,40	375,84	467,59	506,22	636,59
	18	0,798	198,78	241,09	281,00	333,69	372,81	463,82	502,14	631,46
	19	0,792	197,16	239,13	278,72	330,98	369,78	460,05	498,05	626,33
	20	0,785	195,55	237,17	276,44	328,27	366,75	456,28	493,97	621,20
	21	0,779	193,93	235,21	274,15	325,56	363,72	452,51	489,89	616,06
	22	0,772	192,32	233,25	271,87	322,84	360,69	448,74	485,81	610,93
	23	0,766	190,70	231,29	269,58	320,13	357,66	444,97	481,73	605,80
	24	0,759	189,09	229,33	267,30	317,42	354,63	441,20	477,65	600,67
	1	0,753	187,47	227,37	265,02	314,71	351,60	437,43	473,57	595,54
	2	0,746	185,85	225,41	262,73	312,00	348,57	433,66	469,49	590,40
	3	0,740	184,24	223,45	260,45	309,28	345,54	429,89	465,41	585,27
	4	0,733	182,62	221,49	258,17	306,57	342,51	426,12	461,32	580,14
	5	0,727	181,01	219,53	255,88	303,86	339,48	422,35	457,24	575,01
	6	0,720	179,39	217,58	253,60	301,15	336,45	418,58	453,16	569,87
	7	0,714	177,78	215,62	251,31	298,44	333,42	414,81	449,08	564,74
	8	0,707	176,16	213,66	249,03	295,72	330,39	411,04	445,00	559,61
	9	0,701	174,54	211,70	246,75	293,01	327,36	407,27	440,92	554,48
	10	0,694	172,93	209,74	244,46	290,30	324,33	403,50	436,84	549,35

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Indiavaí										
Dias	horas	Q Adm	Tempo de Recorrência - TR							
			5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			249,00	302,00	352,00	418,00	467,00	581,00	629,00	791,00
	11	0,688	171,31	207,78	242,18	287,59	321,30	399,73	432,76	544,21
Dia 08	12	0,682	169,70	205,82	239,89	284,87	318,27	395,96	428,68	539,08
	13	0,678	168,81	204,74	238,64	283,39	316,61	393,89	426,43	536,26
	14	0,674	167,92	203,67	237,39	281,90	314,94	391,82	424,19	533,44
	15	0,671	167,04	202,59	236,13	280,41	313,28	389,75	421,95	530,63
	16	0,667	166,15	201,51	234,88	278,92	311,61	387,68	419,71	527,81
	17	0,664	165,26	200,44	233,62	277,43	309,95	385,61	417,47	524,99
	18	0,660	164,38	199,36	232,37	275,94	308,29	383,54	415,23	522,17
	19	0,657	163,49	198,29	231,12	274,45	306,62	381,47	412,99	519,35
	20	0,653	162,60	197,21	229,86	272,96	304,96	379,40	410,75	516,54
	21	0,649	161,71	196,13	228,61	271,47	303,29	377,33	408,51	513,72
	22	0,646	160,83	195,06	227,35	269,98	301,63	375,26	406,27	510,90
23	0,642	159,94	193,98	226,10	268,49	299,97	373,19	404,02	508,08	
24	0,639	159,05	192,91	224,85	267,00	298,30	371,12	401,78	505,26	
Dia 08	1	0,635	158,17	191,83	223,59	265,51	296,64	369,05	399,54	502,44
	2	0,632	157,28	190,76	222,34	264,03	294,98	366,98	397,30	499,63
	3	0,628	156,39	189,68	221,08	262,54	293,31	364,91	395,06	496,81
	4	0,625	155,50	188,60	219,83	261,05	291,65	362,84	392,82	493,99
	5	0,621	154,62	187,53	218,57	259,56	289,98	360,77	390,58	491,17
	6	0,617	153,73	186,45	217,32	258,07	288,32	358,70	388,34	488,35
	7	0,614	152,84	185,38	216,07	256,58	286,66	356,63	386,10	485,54
	8	0,610	151,96	184,30	214,81	255,09	284,99	354,56	383,85	482,72
	9	0,607	151,07	183,22	213,56	253,60	283,33	352,49	381,61	479,90
	10	0,603	150,18	182,15	212,30	252,11	281,66	350,42	379,37	477,08
	11	0,600	149,29	181,07	211,05	250,62	280,00	348,35	377,13	474,26
Dia 09	12	0,596	148,41	180,00	209,80	249,13	278,34	346,28	374,89	471,44
	13	0,593	147,67	179,10	208,75	247,89	276,95	344,56	373,02	469,09
	14	0,590	146,93	178,20	207,70	246,65	275,56	342,83	371,15	466,74
	15	0,587	146,19	177,30	206,66	245,41	274,17	341,10	369,28	464,39
	16	0,584	145,45	176,41	205,61	244,16	272,79	339,38	367,41	462,04
	17	0,581	144,71	175,51	204,57	242,92	271,40	337,65	365,55	459,69
	18	0,578	143,97	174,61	203,52	241,68	270,01	335,92	363,68	457,34
	19	0,575	143,23	173,71	202,47	240,44	268,62	334,20	361,81	454,99
	20	0,572	142,49	172,82	201,43	239,20	267,24	332,47	359,94	452,64
	21	0,569	141,75	171,92	200,38	237,95	265,85	330,74	358,07	450,29
	22	0,566	141,01	171,02	199,34	236,71	264,46	329,02	356,20	447,94
23	0,563	140,27	170,12	198,29	235,47	263,07	327,29	354,33	445,59	
24	0,560	139,53	169,23	197,24	234,23	261,69	325,57	352,46	443,24	
Dia 09	1	0,557	138,79	168,33	196,20	232,99	260,30	323,84	350,59	440,89
	2	0,554	138,05	167,43	195,15	231,74	258,91	322,11	348,72	438,54
	3	0,551	137,31	166,53	194,11	230,50	257,52	320,39	346,86	436,19
	4	0,548	136,57	165,64	193,06	229,26	256,13	318,66	344,99	433,84
	5	0,545	135,83	164,74	192,01	228,02	254,75	316,93	343,12	431,49
	6	0,543	135,09	163,84	190,97	226,78	253,36	315,21	341,25	429,14
	7	0,540	134,35	162,95	189,92	225,53	251,97	313,48	339,38	426,79
	8	0,537	133,61	162,05	188,88	224,29	250,58	311,75	337,51	424,44
	9	0,534	132,87	161,15	187,83	223,05	249,20	310,03	335,64	422,09
	10	0,531	132,13	160,25	186,79	221,81	247,81	308,30	333,77	419,74
	11	0,528	131,39	159,36	185,74	220,57	246,42	306,58	331,90	417,39
Dia 10	12	0,525	130,65	158,46	184,69	219,32	245,03	304,85	330,03	415,03
	13	0,522	129,95	157,61	183,71	218,16	243,73	303,23	328,28	412,83
	14	0,519	129,26	156,77	182,73	216,99	242,42	301,60	326,52	410,62
	15	0,516	128,56	155,93	181,74	215,82	241,12	299,98	324,76	408,41

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Indiavaí										
Dias	horas	Q Adm	Tempo de Recorrência - TR							
			5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			249,00	302,00	352,00	418,00	467,00	581,00	629,00	791,00
	16	0,514	127,87	155,08	180,76	214,65	239,82	298,36	323,01	406,20
	17	0,511	127,17	154,24	179,78	213,49	238,51	296,73	321,25	403,99
	18	0,508	126,48	153,40	178,79	212,32	237,21	295,11	319,49	401,78
	19	0,505	125,78	152,55	177,81	211,15	235,90	293,49	317,74	399,57
	20	0,502	125,09	151,71	176,83	209,98	234,60	291,87	315,98	397,36
	21	0,500	124,39	150,87	175,84	208,81	233,29	290,24	314,22	395,15
	22	0,497	123,69	150,02	174,86	207,65	231,99	288,62	312,46	392,94
	23	0,494	123,00	149,18	173,88	206,48	230,68	287,00	310,71	390,73
	24	0,491	122,30	148,34	172,89	205,31	229,38	285,37	308,95	388,52
	1	0,488	121,61	147,49	171,91	204,14	228,08	283,75	307,19	386,31
	2	0,486	120,91	146,65	170,93	202,98	226,77	282,13	305,44	384,10
	3	0,483	120,22	145,80	169,94	201,81	225,47	280,51	303,68	381,89
	4	0,480	119,52	144,96	168,96	200,64	224,16	278,88	301,92	379,68
	5	0,477	118,83	144,12	167,98	199,47	222,86	277,26	300,17	377,47
	6	0,474	118,13	143,27	167,00	198,31	221,55	275,64	298,41	375,26
	7	0,472	117,43	142,43	166,01	197,14	220,25	274,01	296,65	373,05
	8	0,469	116,74	141,59	165,03	195,97	218,94	272,39	294,89	370,85
	9	0,466	116,04	140,74	164,05	194,80	217,64	270,77	293,14	368,64
	10	0,463	115,35	139,90	163,06	193,64	216,34	269,15	291,38	366,43
	11	0,460	114,65	139,06	162,08	192,47	215,03	267,52	289,62	364,22
	12	0,458	113,96	138,21	161,10	191,30	213,73	265,90	287,87	362,01
	13	0,456	113,59	137,77	160,58	190,68	213,04	265,04	286,94	360,84
	14	0,455	113,22	137,32	160,05	190,06	212,34	264,18	286,01	359,67
	15	0,453	112,85	136,87	159,53	189,45	211,65	263,32	285,08	358,50
	16	0,452	112,48	136,43	159,01	188,83	210,96	262,46	284,15	357,33
	17	0,450	112,12	135,98	158,49	188,21	210,27	261,60	283,22	356,16
	18	0,449	111,75	135,53	157,97	187,59	209,58	260,74	282,29	354,99
	19	0,447	111,38	135,09	157,45	186,97	208,89	259,88	281,35	353,82
	20	0,446	111,01	134,64	156,93	186,36	208,20	259,02	280,42	352,65
	21	0,444	110,64	134,19	156,41	185,74	207,51	258,17	279,49	351,48
	22	0,443	110,27	133,75	155,89	185,12	206,82	257,31	278,56	350,31
	23	0,441	109,91	133,30	155,37	184,50	206,13	256,45	277,63	349,14
	24	0,440	109,54	132,85	154,85	183,88	205,44	255,59	276,70	347,97
	1	0,438	109,17	132,41	154,33	183,26	204,75	254,73	275,77	346,80
	2	0,437	108,80	131,96	153,81	182,65	204,06	253,87	274,84	345,63
	3	0,435	108,43	131,51	153,29	182,03	203,37	253,01	273,91	344,46
	4	0,434	108,06	131,07	152,77	181,41	202,68	252,15	272,98	343,29
	5	0,433	107,70	130,62	152,25	180,79	201,98	251,29	272,05	342,12
	6	0,431	107,33	130,17	151,72	180,17	201,29	250,43	271,12	340,95
	7	0,430	106,96	129,73	151,20	179,55	200,60	249,57	270,19	339,78
	8	0,428	106,59	129,28	150,68	178,94	199,91	248,71	269,26	338,61
	9	0,427	106,22	128,83	150,16	178,32	199,22	247,85	268,33	337,44
	10	0,425	105,85	128,39	149,64	177,70	198,53	246,99	267,40	336,27
	11	0,424	105,49	127,94	149,12	177,08	197,84	246,14	266,47	335,10
	12	0,422	105,12	127,49	148,60	176,46	197,15	245,28	265,54	333,93
	13	0,421	104,78	127,08	148,12	175,89	196,51	244,49	264,68	332,85
	14	0,419	104,44	126,67	147,64	175,33	195,88	243,69	263,83	331,78
	15	0,418	104,10	126,26	147,16	174,76	195,24	242,90	262,97	330,70
	16	0,417	103,76	125,85	146,68	174,19	194,61	242,11	262,12	329,62
	17	0,415	103,42	125,44	146,21	173,62	193,97	241,32	261,26	328,55
	18	0,414	103,09	125,03	145,73	173,05	193,34	240,53	260,40	327,47
	19	0,413	102,75	124,62	145,25	172,48	192,70	239,74	259,55	326,39
	20	0,411	102,41	124,20	144,77	171,91	192,07	238,95	258,69	325,32

Hidrogramas de Cheias Para Diferentes Tempos de Recorrência - PCH Indiavaí										
Dias	horas	Q Adm	Tempo de Recorrência - TR							
			5	10	20	50	100	500	1.000	10.000
			249,00	302,00	352,00	418,00	467,00	581,00	629,00	791,00
	21	0,410	102,07	123,79	144,29	171,34	191,43	238,16	257,84	324,24
	22	0,409	101,73	123,38	143,81	170,78	190,79	237,37	256,98	323,17
	23	0,407	101,39	122,97	143,33	170,21	190,16	236,58	256,12	322,09
	24	0,406	101,05	122,56	142,85	169,64	189,52	235,79	255,27	321,01
	1	0,404	100,71	122,15	142,37	169,07	188,89	235,00	254,41	319,94
	2	0,403	100,37	121,74	141,89	168,50	188,25	234,21	253,56	318,86
	3	0,402	100,04	121,33	141,42	167,93	187,62	233,42	252,70	317,78
	4	0,400	99,70	120,92	140,94	167,36	186,98	232,62	251,84	316,71
	5	0,399	99,36	120,51	140,46	166,79	186,35	231,83	250,99	315,63
	6	0,398	99,02	120,09	139,98	166,22	185,71	231,04	250,13	314,55
	7	0,396	98,68	119,68	139,50	165,66	185,07	230,25	249,28	313,48
	8	0,395	98,34	119,27	139,02	165,09	184,44	229,46	248,42	312,40
	9	0,394	98,00	118,86	138,54	164,52	183,80	228,67	247,56	311,32
	10	0,392	97,66	118,45	138,06	163,95	183,17	227,88	246,71	310,25
	11	0,391	97,32	118,04	137,58	163,38	182,53	227,09	245,85	309,17
	12	0,389	96,99	117,63	137,10	162,81	181,90	226,30	245,00	308,09
	13	0,388	96,73	117,32	136,74	162,38	181,41	225,70	244,34	307,27
	14	0,387	96,47	117,00	136,37	161,94	180,93	225,09	243,69	306,45
	15	0,386	96,21	116,69	136,01	161,51	180,44	224,49	243,04	305,63
	16	0,385	95,95	116,38	135,64	161,08	179,96	223,89	242,39	304,81
	17	0,384	95,69	116,06	135,28	160,64	179,48	223,29	241,73	303,99
	18	0,383	95,44	115,75	134,91	160,21	178,99	222,68	241,08	303,17
	19	0,382	95,18	115,44	134,55	159,78	178,51	222,08	240,43	302,35
	20	0,381	94,92	115,12	134,18	159,34	178,02	221,48	239,78	301,53
	21	0,380	94,66	114,81	133,82	158,91	177,54	220,88	239,13	300,71
	22	0,379	94,40	114,50	133,45	158,48	177,05	220,28	238,47	299,89
	23	0,378	94,15	114,18	133,09	158,04	176,57	219,67	237,82	299,07
	24	0,377	93,89	113,87	132,72	157,61	176,09	219,07	237,17	298,25
	1	0,376	93,63	113,56	132,36	157,18	175,60	218,47	236,52	297,43
	2	0,375	93,37	113,25	131,99	156,74	175,12	217,87	235,86	296,61
	3	0,374	93,11	112,93	131,63	156,31	174,63	217,26	235,21	295,79
	4	0,373	92,85	112,62	131,26	155,88	174,15	216,66	234,56	294,97
	5	0,372	92,60	112,31	130,90	155,44	173,66	216,06	233,91	294,15
	6	0,371	92,34	111,99	130,53	155,01	173,18	215,46	233,26	293,33
	7	0,370	92,08	111,68	130,17	154,58	172,70	214,85	232,60	292,51
	8	0,369	91,82	111,37	129,80	154,14	172,21	214,25	231,95	291,69
	9	0,368	91,56	111,05	129,44	153,71	171,73	213,65	231,30	290,87
	10	0,367	91,31	110,74	129,07	153,28	171,24	213,05	230,65	290,05
	11	0,366	91,05	110,43	128,71	152,84	170,76	212,44	230,00	289,23
Dia	12	0,365	90,79	110,11	128,34	152,41	170,28	211,84	229,34	288,41

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

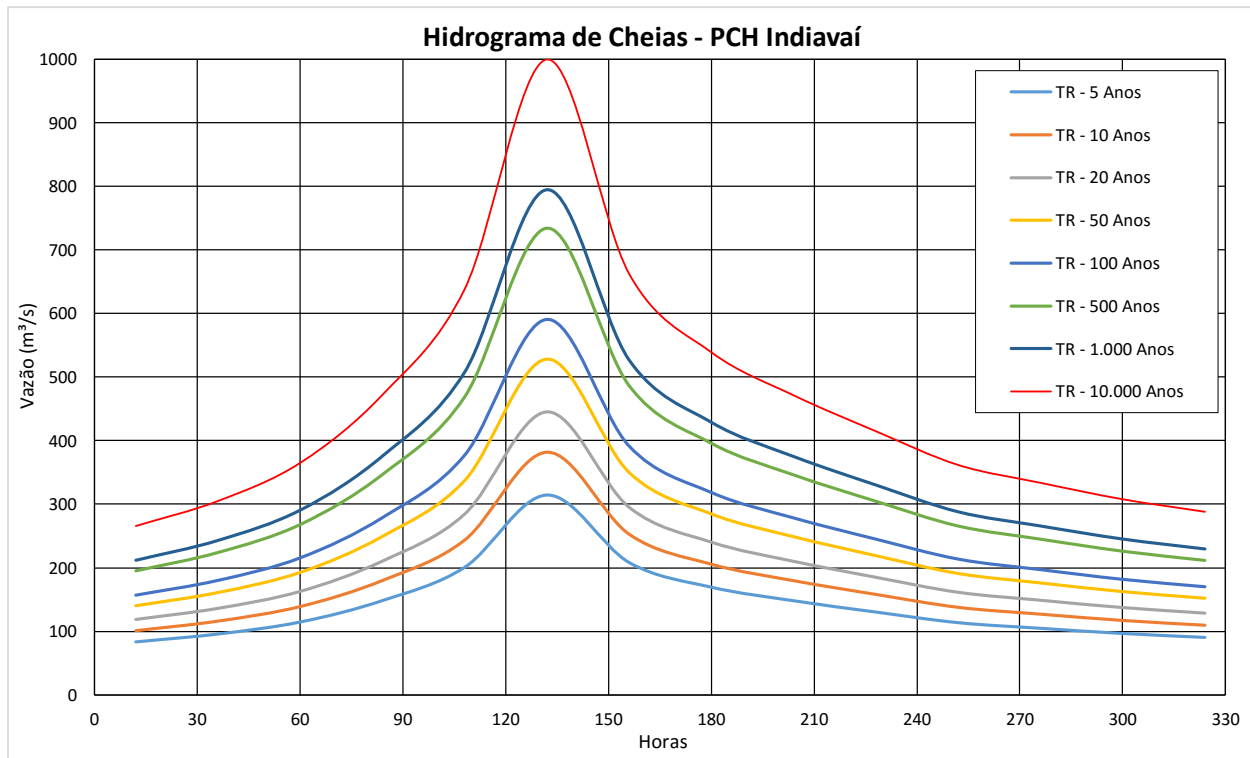


Gráfico 3 – Hidrograma de Cheias PCH Indiavaí para diversos Tempos de Recorrência

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 Indiavaí.

5.2.4.4 Capacidade de descarga do vertedouro

Conforme a ficha técnica da PCH Indiavaí no projeto básico o vertedouro foi dimensionado para a vazão de 900 m³/s na sua capacidade máxima.

Considerando o projeto como construído e o nível máximo maximum do reservatório na elevação 250,90 m a capacidade de descarga do vertedouro resulta em 1.295 m³/s, acima do valor da vazão decamilenar calculada no projeto básico.

Na atualização da hidrologia (1980 a 2015) a cheia máxima instantânea com tempo de recorrência decamilenar resultou em 997 m³/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 máximo 250,31 m indicando segurança no dimensionamento do vertedouro da PCH Indiavaí, sem risco de galgamento da barragem.

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 25 apresenta as seções lançadas no programa e a Figura 26 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 Indiavaí.

O desenho IND-C-SRE-003-00-19 folhas 01 a 04 no caderno de desenhos, apresenta a localização das seções.

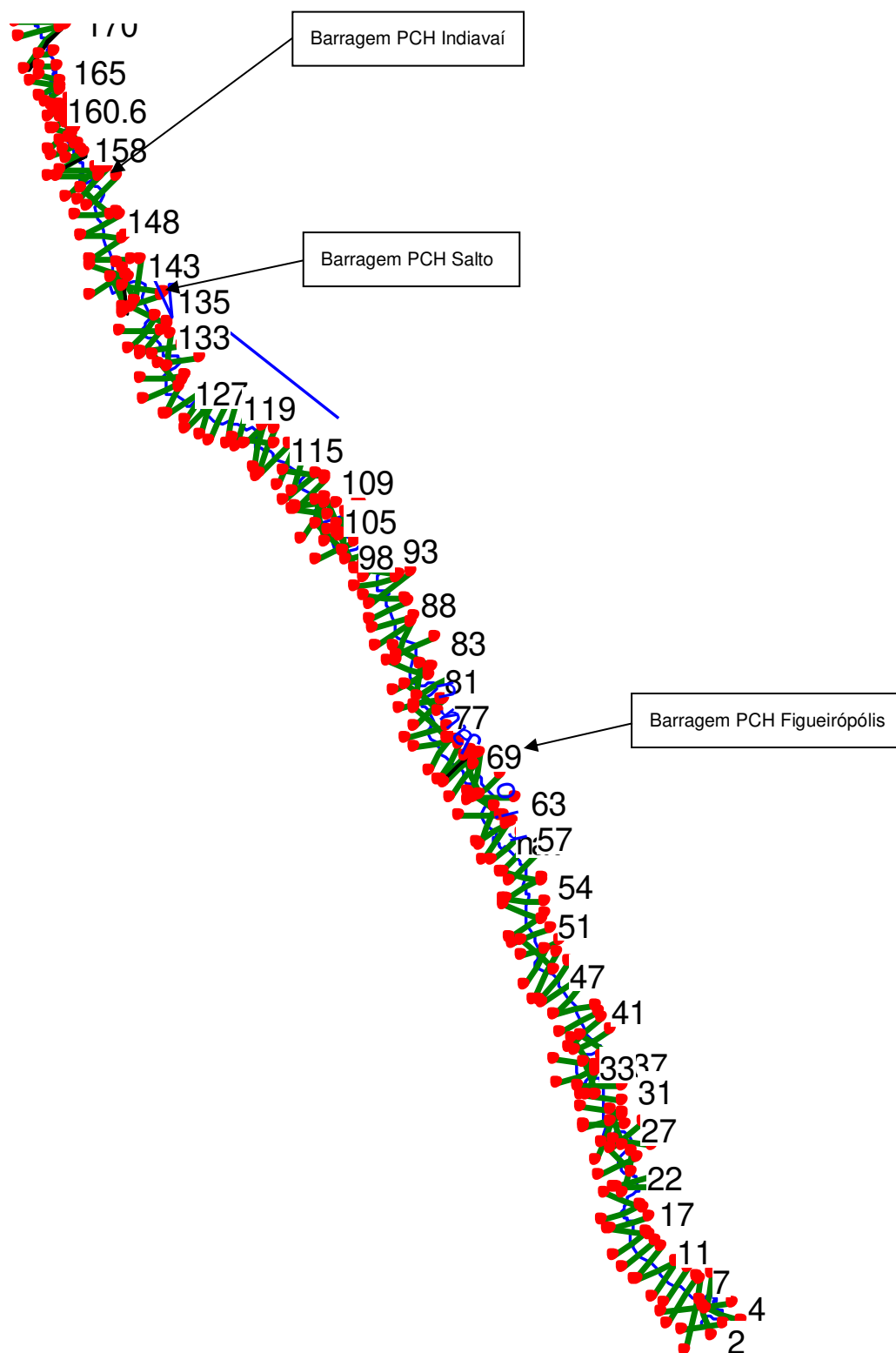


Figura 25 – Seções lançadas no Hec-Ras

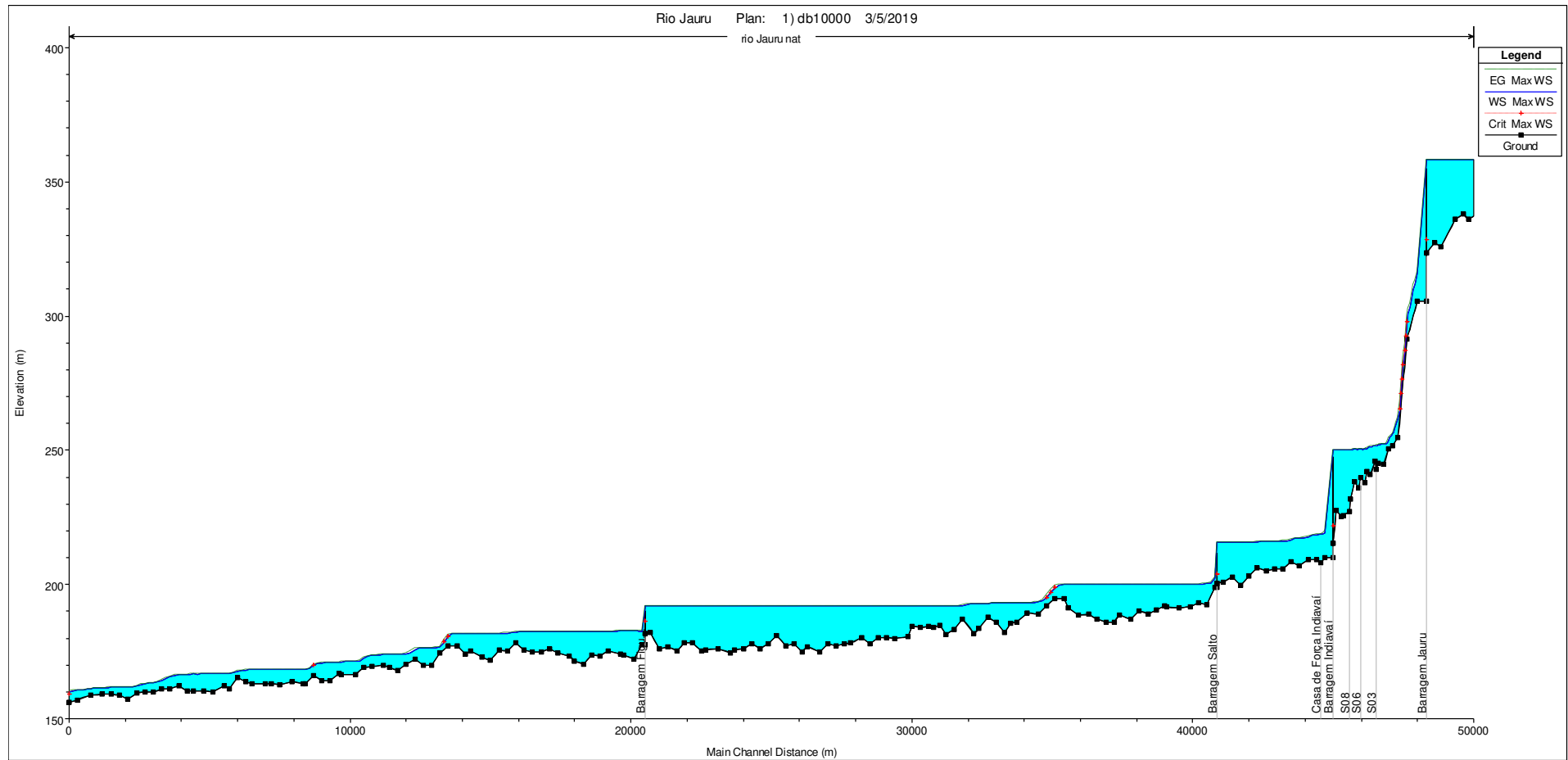


Figura 26 – Perfil do Rio Jauru com Barramentos – TR=10.000 anos

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 15.

Para determinar o rompimento, devido às características da barragem sem risco de galgamento, 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 38,00 metros e largura de 20 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 90 m de largura na crista.

A Figura 27 apresenta a modelagem da barragem no Hec-Ras.

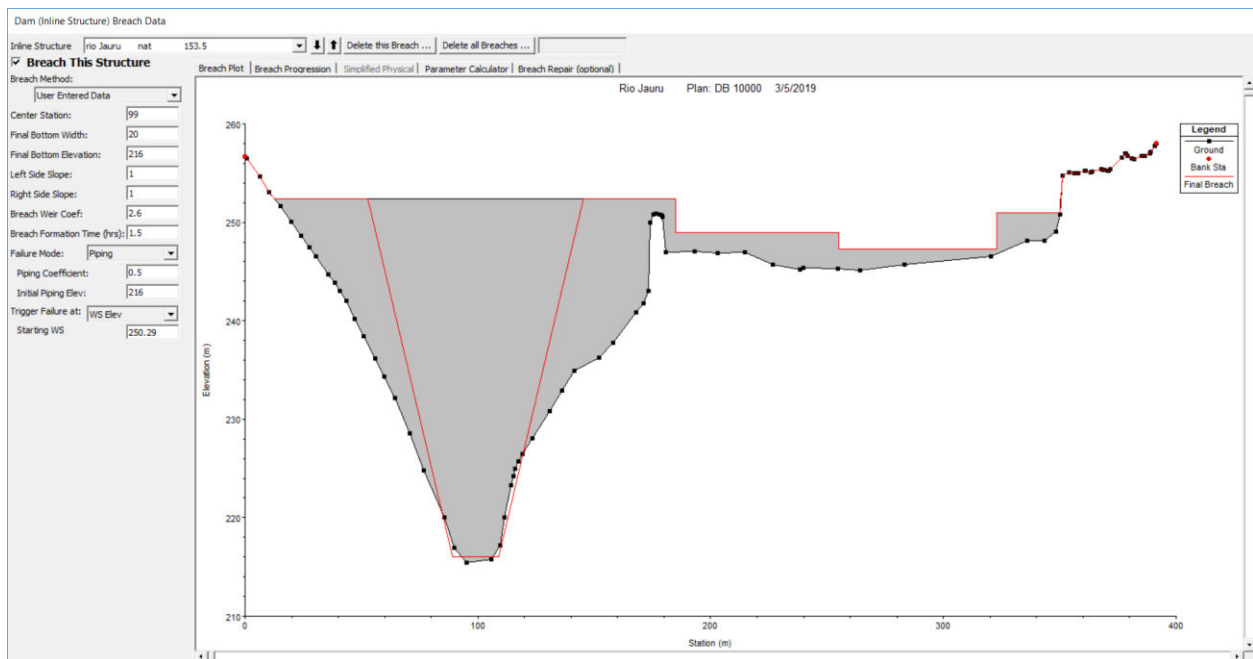


Figura 27 – Dados do Barramento terra – Hec-Ras

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 20 e definido no item 5.1.4.2 Tempo de rompimento.

5.4 Simulações Realizadas

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

- Simulação 1 – Condição de enchente sem rompimento da Barragem (Natural);

- Simulação 2 – Condição de enchente com Rompimento da Barragem da PCH Indiavaí (Dam Break).

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

Tabela 14 – Hidrograma para PCH Indiavaí

TR (anos)	Pico Máximo do Hidrograma de Cheias (m³/s)
10.000	996,82

5.4.1 Resultados Básicos Simulação 1

A Tabela 15 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos nas Barragens e Casa de Força das Usinas a jusante da Barragem Indiavaí somente com a consideração de enchente, sem rompimento da Barragem de Indiavaí para tempo de recorrência de 10.000 anos.

Tabela 15 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Indiavaí sem rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	TR 10.000
		NA Máximo com Enchente (m)
Barragem - PCH Indiavaí	252,40	250,30
Casa de Força - PCH Indiavaí	216,50	216,68 (18 cm galgamento)
Barragem - PCH Salto	215,50	215,35
Casa de Força - PCH Salto	(*)	199,97
Barragem - PCH Figueirópolis	193,50	192,04
Casa de Força - PCH Figueirópolis	181,00	182,62**

(*) Dado não disponível

(**) Provável Galgamento da Casa de Força.

Nenhuma das barragens ocorre galgamento para TR=10.000 anos, somente ocorre o provável galgamento da casa de força na PCH Figueirópolis.

5.4.2 Resultados Básicos Simulação 2

A simulação de rompimento foi efetuada para a cheia de projeto da Barragem (tempo de recorrência de 10.000 anos), com o rompimento ocorrendo no nível máximo atingido na simulação 1 com enchente na barragem.

A Tabela 16 apresenta os resultados dos níveis de água obtidos nas Barragem e nas Casas de Força e com a consideração do rompimento da Barragem de Indiavaí.

Para a consideração de rompimento em efeito cascata devido ao galgamento na estrutura dos barramentos à jusante foi considerado o valor mínimo do nível de água de 50 cm sobre a crista da barragem. Esse valor foi considerado devido as características da onda de cheia, onde o tempo de duração é bastante curto e esse nível de escoamento em uma estrutura de aterro executada com controle de compactação e proteção de enrocamento a jusante não deve ser

suficiente para ocorrer o colapso da barragem, não sendo assim considerado o efeito cascata para o dam break da PCH Indiavaí.

Tabela 16 – Dados dos níveis nas estruturas da PCH Indiavaí com rompimento da Barragem

Estrutura	Cota de Proteção (m)	TR 10.000
		NA Máximo com Rompimento (m)
Barragem - PCH Indiavaí	252,40	250,29
Casa de Força - PCH Indiavaí	216,50	218,71**
Barragem - PCH Salto	215,50	215,88 (38 cm galgamento)
Casa de Força - PCH Salto	(*)	200,22
Barragem - PCH Figueirópolis	193,50	192,09
Casa de Força - PCH Figueirópolis	181,00	182,69**

(*) Dado não disponível

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

Na barragem da PCH Salto ocorre o galgamento da crista da barragem em até 38 cm, porém como informado acima esse nível não deve ser suficiente para o colapso da estrutura da barragem. As Casas de Força das PCHs Indiavaí e Figueirópolis ocorre galgamento caso ocorra rompimento da Barragem Indiavaí.

5.5 Altura Máxima da Onda

Foi verificada a cota de proteção da Casa de Força de Indiavaí, para as condições de ocorrência de enchentes naturais e com rompimento da barragem. A Tabela 17 apresenta os níveis na casa de força com condições de enchentes e com rompimento da Barragem onde ocorre inundação com o rompimento.

Tabela 17 – Níveis obtidos nas Casa de Força – Natural e com rompimento Barragem Indiavaí

Estrutura	Cota de Proteção (m)	NA Máximo na Casa de Força (m)
		TR 10.000
Natural sem rompimento	216,50	216,68
Com rompimento barragem		218,71**

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

A Tabela 18 apresenta os níveis máximos obtidos nas simulações, com e sem dam break, e altura máxima da onda (Δ), 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 18 – Níveis de Água Máximos- Sem e Com o Dam Break - Rompimento da PCH Indiavaí

PERFIL					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
Barragem Jauru									
166		376,6	48000,0	305,55	315,85	315,85	0,00	3,89	917,49
165		312,3	47623,4	291,43	296,97	296,97	0,00	8,42	961,80
164		208,1	47311,1	254,64	261,46	261,46	0,00	4,07	961,80
163		136,3	47103,1	251,59	256,16	256,15	-0,01	1,70	961,80
162	Casa de Força Jauru	166,7	46966,7	250,42	253,77	253,76	-0,01	4,14	957,49
161	S01	210,0	46800,0	244,63	252,47	252,45	-0,02	1,32	957,19
160,6	S02	64,0	46590,0	245,13	251,92	251,90	-0,02	2,07	956,95
160,5	S03	26,0	46526,0	242,73	251,78	251,77	-0,01	1,77	956,83
160		180,0	46500,0	245,89	251,67	251,65	-0,02	1,96	956,76
159,5	S04	120,0	46320,0	241,03	251,43	251,42	-0,01	1,38	956,60
159		72,0	46200,0	242,00	250,55	250,54	-0,01	3,26	956,33
159	S05	160,0	46128,0	238,03	250,40	250,38	-0,02	2,47	956,22
158,5	S06	68,0	45968,0	239,83	250,37	250,36	-0,01	1,10	956,15
158		131,5	45900,0	236,00	250,37	250,36	-0,01	0,76	956,14
157	S07	168,5	45768,5	238,23	250,36	250,35	-0,01	0,30	956,00
156		37,0	45600,0	231,86	250,32	250,31	-0,01	0,66	955,66
155,6	S08	212,0	45563,0	227,23	250,32	250,30	-0,02	0,63	955,65
155,5	S09	51,0	45351,0	225,63	250,30	250,29	-0,01	0,56	955,49
155		200,0	45300,0	225,17	250,30	250,29	-0,01	0,54	955,47
154,5	S10	100,0	45100,0	227,73	250,30	250,29	-0,01	0,34	955,27
154		300,0	45000,0	215,41	250,30	250,29	-0,01	0,28	955,21
Barragem Indiavaí									
153		153,1	44700,0	209,91	217,04	219,30	2,26	3,27	3192,58
152	Casa de Força Indiavaí	146,9	44546,9	208,00	216,68	218,71	2,03	1,33	2864,30
151		300,0	44400,0	209,43	216,60	218,60	2,00	1,22	2658,10
150		300,0	44100,0	209,22	216,14	217,66	1,52	2,94	2455,85
149		300,0	43800,0	207,00	215,98	217,38	1,40	0,72	2331,38
148		300,0	43500,0	208,31	215,63	216,63	1,00	2,84	2232,16
147		300,0	43200,0	205,95	215,49	216,24	0,75	1,50	2193,13
146		300,0	42900,0	205,78	215,45	216,12	0,67	1,03	2118,14
145		300,0	42600,0	205,23	215,43	216,08	0,65	0,58	2041,73

PERFIL					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
144		300,0	42300,0	206,21	215,37	215,89	0,52	1,13	1754,73
143		300,0	42000,0	203,00	215,35	215,87	0,52	0,46	1618,98
142		300,0	41700,0	199,69	215,35	215,88	0,53	0,17	1639,58
141		323,0	41400,0	202,87	215,35	215,88	0,53	0,21	1650,65
140		202,3	41077,0	201,00	215,35	215,88	0,53	0,15	1645,62
139		74,8	40874,8	200,55	215,35	215,88	0,53	0,18	1642,21
Barragem Salto									
138		300,0	40800,0	199,04	201,88	202,49	0,61	2,96	1641,28
137		300,0	40500,0	192,38	200,06	200,37	0,31	0,98	1631,15
136	Casa de Força Salto	300,0	40200,0	193,09	199,97	200,22	0,25	0,76	1178,95
135		405,0	39900,0	191,67	199,96	200,20	0,24	0,63	1178,88
134		411,0	39495,0	191,20	199,93	200,17	0,24	0,63	1060,17
133		84,0	39084,0	191,56	199,93	200,16	0,23	0,31	1059,20
132		300,0	39000,0	191,93	199,93	200,16	0,23	0,36	1059,12
131		300,0	38700,0	190,39	199,92	200,15	0,23	0,45	1057,89
130		300,0	38400,0	189,17	199,92	200,15	0,23	0,28	1060,11
129		300,0	38100,0	189,97	199,92	200,15	0,23	0,21	1078,73
128		422,9	37800,0	187,06	199,92	200,15	0,23	0,19	1088,92
127		177,1	37377,1	188,71	199,91	200,15	0,24	0,20	1096,84
126		300,0	37200,0	186,00	199,91	200,15	0,24	0,31	1096,66
125		300,0	36900,0	186,06	199,91	200,15	0,24	0,14	1098,60
124		300,0	36600,0	186,98	199,91	200,14	0,23	0,27	1096,52
123		380,0	36300,0	188,83	199,90	200,14	0,24	0,39	1096,41
122		350,9	35920,0	188,54	199,90	200,14	0,24	0,26	1096,09
121		169,1	35569,1	191,24	199,90	200,13	0,23	0,34	1095,72
120		300,0	35400,0	194,80	199,76	199,98	0,22	1,59	1095,45
119		300,0	35100,0	194,91	198,50	198,69	0,19	4,48	1095,29
118		300,0	34800,0	191,94	194,99	195,14	0,15	4,32	1095,17
117		406,3	34500,0	189,11	193,26	193,42	0,16	1,46	1082,03
116		356,1	34093,8	189,32	192,96	193,09	0,13	1,24	1069,13
115		217,6	33737,6	185,96	192,95	193,09	0,14	0,37	1069,54
114		220,0	33520,0	185,56	192,94	193,08	0,14	0,47	1069,35
113		300,0	33300,0	182,09	192,94	193,08	0,14	0,21	1068,94
112		300,0	33000,0	185,76	192,94	193,07	0,13	0,35	1068,96

PERFIL					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
111		300,0	32700,0	187,99	192,59	192,68	0,09	2,24	1061,64
110		182,2	32400,0	183,51	192,58	192,67	0,09	0,26	1058,99
109		417,8	32217,8	181,80	192,58	192,67	0,09	0,29	1058,71
108		300,0	31800,0	187,22	192,16	192,22	0,06	2,14	977,95
107		300,0	31500,0	183,41	192,13	192,19	0,06	0,34	972,77
106		222,0	31200,0	181,27	192,13	192,19	0,06	0,27	972,90
105		198,0	30978,0	184,91	192,13	192,18	0,05	0,32	972,40
104		180,0	30780,0	183,98	192,12	192,17	0,05	0,46	972,07
103		300,0	30600,0	184,43	192,12	192,17	0,05	0,26	971,51
102		300,0	30300,0	184,00	192,11	192,17	0,06	0,35	970,94
101		153,4	30000,0	184,52	192,11	192,16	0,05	0,29	971,32
100		446,6	29846,6	180,39	192,11	192,16	0,05	0,32	971,37
99		300,0	29400,0	180,00	192,11	192,16	0,05	0,11	971,62
98		300,0	29100,0	180,05	192,11	192,16	0,05	0,13	971,49
97		300,0	28800,0	180,08	192,11	192,16	0,05	0,13	971,68
96		300,0	28500,0	177,89	192,11	192,16	0,05	0,14	971,38
95		380,0	28200,0	180,27	192,11	192,16	0,05	0,24	971,19
94		220,0	27820,0	178,14	192,11	192,16	0,05	0,09	971,05
93		300,0	27600,0	178,02	192,10	192,16	0,06	0,22	971,17
92		300,0	27300,0	177,17	192,10	192,16	0,06	0,16	970,96
91		300,0	27000,0	178,00	192,10	192,16	0,06	0,15	970,99
90		424,7	26700,0	175,00	192,10	192,16	0,06	0,10	971,26
89		175,3	26275,3	176,86	192,10	192,16	0,06	0,08	970,80
88		300,0	26100,0	175,01	192,10	192,16	0,06	0,14	971,10
87		300,0	25800,0	178,07	192,10	192,16	0,06	0,15	970,73
86		300,0	25500,0	177,04	192,10	192,16	0,06	0,10	970,98
85		300,0	25200,0	180,81	192,10	192,16	0,06	0,16	970,87
84		300,0	24900,0	177,96	192,10	192,16	0,06	0,10	970,95
83		300,0	24600,0	176,00	192,10	192,16	0,06	0,10	970,93
82		300,0	24300,0	177,99	192,10	192,16	0,06	0,09	971,01
81		300,0	24000,0	176,13	192,10	192,16	0,06	0,10	970,96
80		180,0	23700,0	175,51	192,10	192,16	0,06	0,09	970,86
79		420,0	23520,0	174,65	192,10	192,16	0,06	0,08	970,89
78		433,7	23100,0	175,95	192,10	192,16	0,06	0,13	970,90

PERFIL					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
77		166,3	22666,3	175,76	192,10	192,16	0,06	0,11	970,76
76		300,0	22500,0	175,36	192,10	192,15	0,05	0,20	970,73
75		300,0	22200,0	178,18	192,10	192,15	0,05	0,15	970,73
74		266,9	21900,0	178,15	192,10	192,15	0,05	0,10	970,80
73		333,1	21633,1	175,40	192,10	192,15	0,05	0,10	970,78
72		300,0	21300,0	176,84	192,10	192,15	0,05	0,11	970,74
71		300,0	21000,0	176,00	192,10	192,15	0,05	0,13	970,70
70		181,4	20700,0	182,07	192,07	192,12	0,05	0,74	970,69
69		118,6	20518,6	181,81	192,04	192,09	0,05	0,91	970,69
Barragem Figueirópolis									
68		304,0	20400,0	177,43	182,59	182,66	0,07	1,40	966,53
67		376,0	20096,0	172,18	182,64	182,70	0,06	0,15	966,77
66	Casa de Força Figueirópolis	97,6	19720,0	173,88	182,62	182,69	0,07	0,44	966,66
65		422,4	19622,4	173,99	182,62	182,69	0,07	0,37	966,70
64		300,0	19200,0	175,06	182,59	182,66	0,07	0,51	966,58
63		300,0	18900,0	173,50	182,59	182,65	0,06	0,34	966,54
62		300,0	18600,0	173,83	182,58	182,65	0,07	0,35	966,54
61		300,0	18300,0	170,43	182,58	182,65	0,07	0,27	966,55
60		217,3	18000,0	171,29	182,58	182,64	0,06	0,24	966,51
59		382,7	17782,7	173,44	182,57	182,64	0,07	0,36	966,40
58		300,0	17400,0	174,49	182,56	182,63	0,07	0,45	966,46
57		300,0	17100,0	176,00	182,54	182,61	0,07	0,54	966,38
56		300,0	16800,0	174,87	182,54	182,61	0,07	0,32	966,40
55		300,0	16500,0	175,00	182,53	182,59	0,06	0,44	966,40
54		300,0	16200,0	175,63	182,52	182,58	0,06	0,33	966,42
53		300,0	15900,0	178,20	182,07	182,12	0,05	2,25	966,32
52		300,0	15600,0	175,11	181,84	181,89	0,05	1,41	966,19
51		300,0	15300,0	175,46	181,81	181,87	0,06	0,38	966,19
50		300,0	15000,0	171,69	181,81	181,86	0,05	0,32	966,16
49		396,4	14700,0	172,79	181,78	181,83	0,05	0,65	966,17
48		203,7	14303,7	175,32	181,72	181,77	0,05	0,73	966,16
47		300,0	14100,0	174,24	181,66	181,71	0,05	0,93	966,14
46		300,0	13800,0	177,00	181,64	181,69	0,05	0,57	966,15
45		300,0	13500,0	176,97	180,58	180,62	0,04	3,41	966,13

PERFIL					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
44		300,0	13200,0	174,29	176,68	176,72	0,04	1,92	966,14
43		300,0	12900,0	169,99	176,40	176,45	0,05	0,97	966,11
42		300,0	12600,0	169,94	176,40	176,45	0,05	0,46	966,11
41		300,0	12300,0	172,07	175,62	175,67	0,05	3,68	966,10
40		300,0	12000,0	170,32	174,11	174,15	0,04	1,61	966,08
39		300,0	11700,0	168,01	174,01	174,06	0,05	0,92	966,08
38		206,7	11400,0	168,99	173,96	174,00	0,04	0,58	966,05
37		393,3	11193,3	169,99	173,93	173,97	0,04	0,66	966,05
36		300,0	10800,0	169,34	173,62	173,66	0,04	1,11	966,04
35		300,0	10500,0	169,25	172,34	172,38	0,04	3,33	966,04
34		496,8	10200,0	166,36	171,36	171,42	0,06	0,71	965,96
33		103,2	9703,2	166,57	171,15	171,21	0,06	0,67	965,96
32		300,0	9600,0	166,99	170,96	171,02	0,06	1,71	965,96
31		300,0	9300,0	164,17	170,86	170,92	0,06	0,68	965,94
30		300,0	9000,0	164,24	170,76	170,82	0,06	0,96	965,94
29		300,0	8700,0	166,09	169,65	169,70	0,05	3,38	965,93
28		57,6	8400,0	162,99	168,40	168,44	0,04	0,63	965,61
27		425,1	8342,4	162,96	168,41	168,45	0,04	0,35	965,64
26		417,3	7917,3	163,95	168,37	168,41	0,04	0,56	965,55
25		300,0	7500,0	162,72	168,32	168,36	0,04	0,55	965,54
24		203,7	7200,0	162,93	168,27	168,31	0,04	0,62	965,53
23		476,0	6996,3	162,98	168,24	168,28	0,04	0,65	965,54
22		220,2	6520,2	162,89	168,18	168,22	0,04	0,48	965,54
21		300,0	6300,0	163,90	168,10	168,14	0,04	0,93	965,51
20		300,0	6000,0	165,42	167,64	167,68	0,04	1,42	965,49
19		170,5	5700,0	161,07	166,73	166,79	0,06	1,13	965,20
18		429,5	5529,5	162,14	166,71	166,77	0,06	0,68	965,16
17		300,0	5100,0	159,80	166,68	166,74	0,06	0,51	965,16
16		360,0	4800,0	160,46	166,63	166,69	0,06	0,75	965,14
15		240,0	4440,0	160,15	166,57	166,63	0,06	0,49	965,09
14		300,0	4200,0	160,14	166,54	166,60	0,06	0,63	965,10
13		300,0	3900,0	162,23	166,35	166,40	0,05	1,36	965,10
12		300,0	3600,0	161,22	165,45	165,51	0,06	2,47	965,10
11		300,0	3300,0	161,04	164,29	164,33	0,04	1,63	965,08

PERFIL					TR 10.000 ANOS				
Seção	Descrição	Distância entre seções (m)	Distância Acumulada (m)	Cota do Fundo (m)	NA (m)			Velocidade Máx (m/s)	Vazão Máx. (m³/s)
					Natural	Dam Break	Δ		
10		300,0	3000,0	159,96	163,24	163,27	0,03	0,93	965,09
9		300,0	2700,0	160,00	163,11	163,15	0,04	0,88	965,08
8		300,0	2400,0	159,63	162,18	162,21	0,03	1,89	965,01
7		300,0	2100,0	157,17	161,87	161,91	0,04	0,45	964,85
6		300,0	1800,0	158,79	161,84	161,88	0,04	0,37	964,92
5		347,1	1500,0	159,13	161,64	161,67	0,03	1,36	964,92
4		397,5	1152,9	159,00	161,50	161,53	0,03	0,65	964,90
3		455,4	755,4	158,93	161,12	161,15	0,03	1,49	964,87
2		300,0	300,0	157,00	160,62	160,62	0,00	0,73	884,27
1		0,0	0,0	156,16	159,87	159,87	0,00	2,50	1130,11

OBS.: Seções topobatimétricas do reservatório Indiavaí estão descritas como S10 a S01, elaboradas em 2014.

- A partir da Seção 111 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 Indiavaí

O limite físico do trecho estudado, foi do início do reservatório da PCH Indiavaí até a jusante da ponte da MT 248 no município de Indiavaí, ponto de maior interesse, compreendendo cerca de 48,00 km. Este trecho compreende:

- Zona de autossalvamento (menor que 30 minutos ou 10 km);
- 25 km – Historicamente trecho onde ocorre vítimas fatais;
- 3 horas após rompimento da barragem Indiavaí;
- Trecho do rio a jusante da ponte da MT 248 com algumas propriedades atingidas.

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, listadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Localização das Seções de Interesse

Seções	Descrição	Estaca (m)	Distância em Relação Barragem Indiavaí (km)
154	Barragem PCH Indiavaí	45000,00	0,00
152	Casa de Força Indiavaí	44546,86	0,45
139	Barragem PCH Salto	40874,75	4,13
136	Casa de Força Salto	40200,00	4,80
129	Propriedades	38100,00	6,90
118	Limite do ZAS	34800,00	10,20
111	Ponto de Amortecimento da Onda	32700,00	12,00

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 10.000 anos. A Figura 28 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.

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.

————— TR=10.000 ANOS NATURAL - - - - - TR=10.000 ANOS DAM BREAK

Figura 28 – 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-152 – Casa de Força PCH Indiavaí

A Casa de Força da PCH Indiavaí a jusante da Barragem PCH Indiavaí está identificada como seção SL-152, localizada a 0,45 km da barragem PCH Indiavaí (Figura 29).



Figura 29 – Localização Casa de Força Indiavaí - SL-152

Tabela 20 – Detalhe das simulações - SL-152 – Casa de Força Indiavaí

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			
10.000 ANOS	216,68	218,71	2,03	00:05	00:45

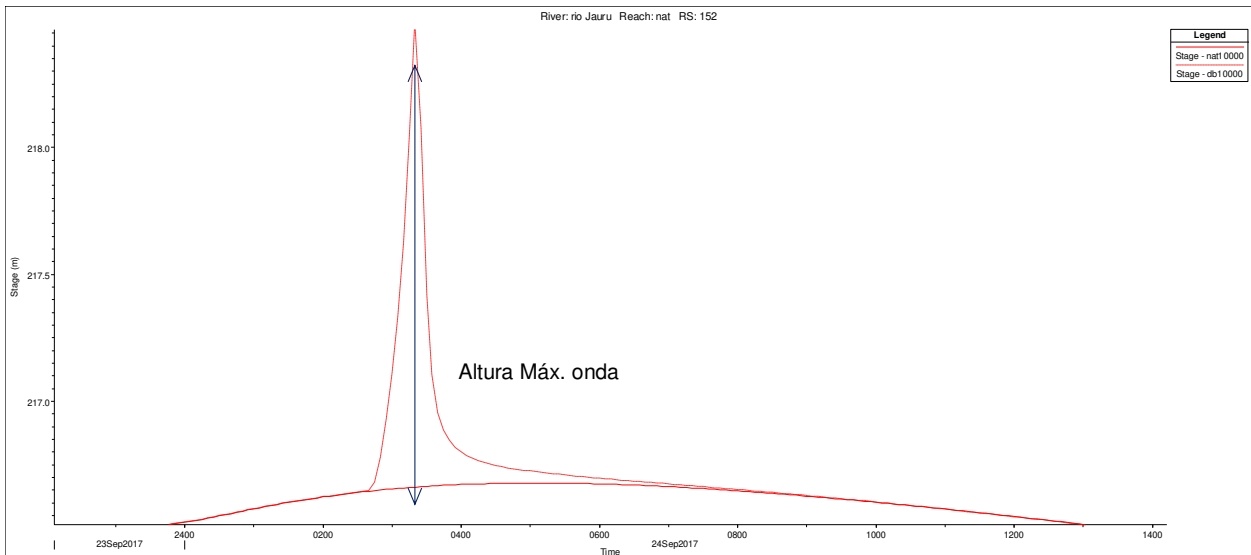


Figura 30 – Cotograma - SL-152 – Casa de Força Indiavaí

5.7.2 SL-139 – Barragem PCH Salto

A Barragem da PCH Salto, identificada pela seção SL-139, está localizada cerca de 4,13 km da barragem PCH Indiavaí (Figura 31).



Figura 31 – Barragem PCH Salto - SL-139

Tabela 21 – Detalhe das simulações - SL-139 – Barragem PCH Salto

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			
10.000 ANOS	215,35	215,88	0,53	00:10	00:55

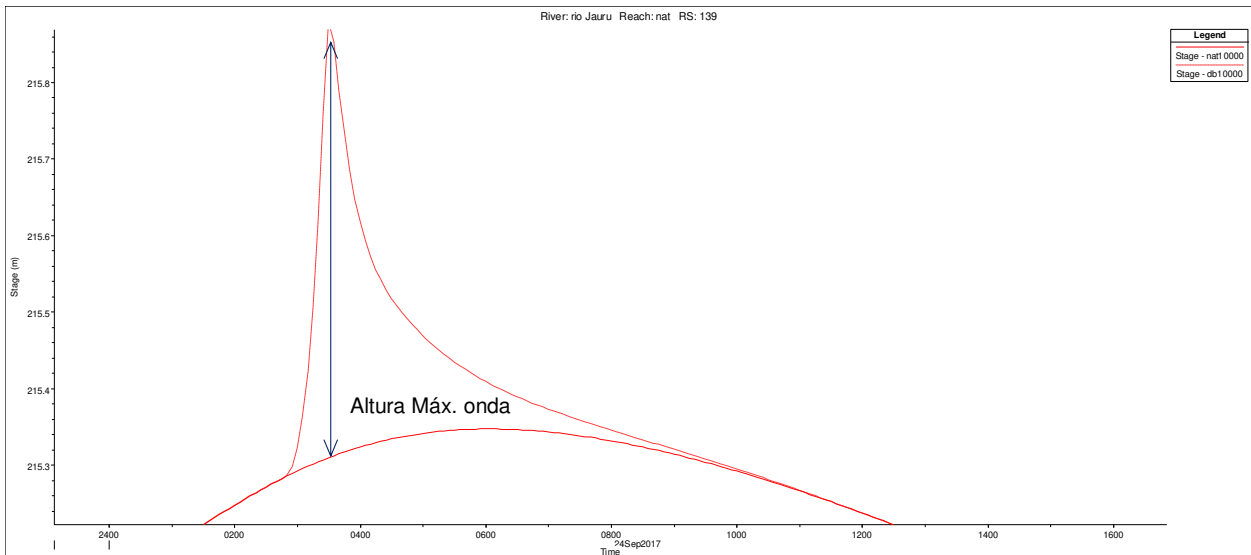


Figura 32 – Cotagrama – SL-139 – Barragem PCH Salto

5.7.3 SL-136 – Casa de Força PCH Salto

A Casa de Força da PCH Salto a jusante da Barragem PCH Indiavaí está identificada como seção SL-136, localizada a 4,80 km da barragem PCH Indiavaí (Figura 33).



Figura 33 – Casa de Força PCH Salto - SL-136

Tabela 22 – Detalhe das simulações - SL-136 – Casa de Força Salto

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			
10.000 ANOS	199,97	200,22	0,25	00:15	01:20

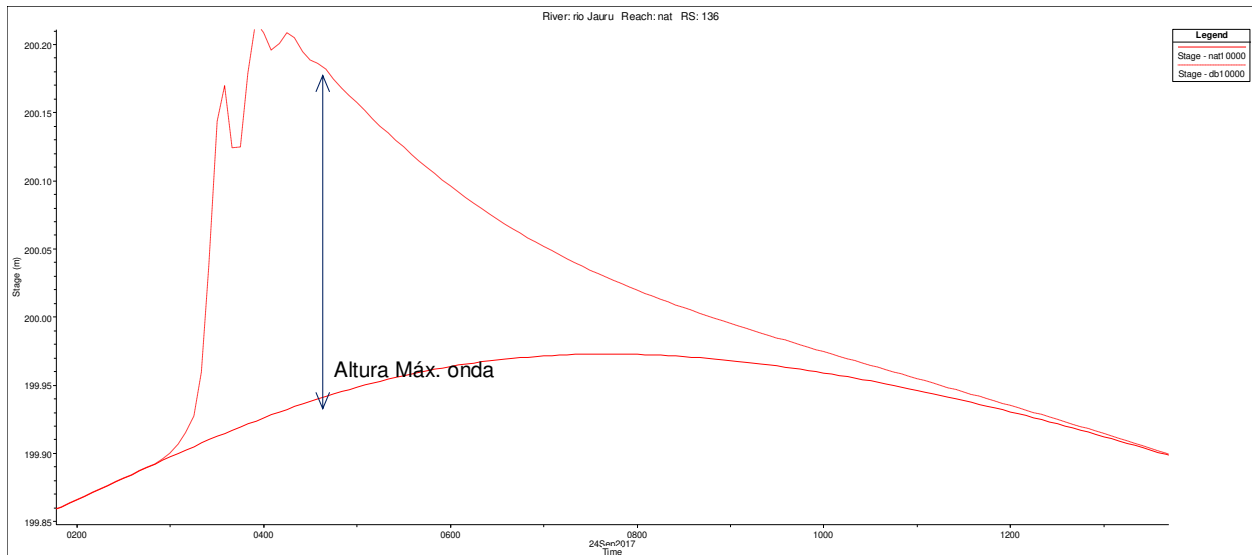


Figura 34 – Cotagrama - SL-136 – Casa de Força Salto

5.7.4 SL-129 – Propriedade

A propriedade a jusante da barragem da PCH Indiavaí na seção SL-129, localizada a 6,90 km da barragem PCH Indiavaí (Figura 35).



Figura 35 – Propriedade na seção SL-129

Tabela 23 – Detalhe das simulações - SL-129 – Propriedade

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			
10.000 ANOS	199,92	200,15	0,23	00:25	01:35

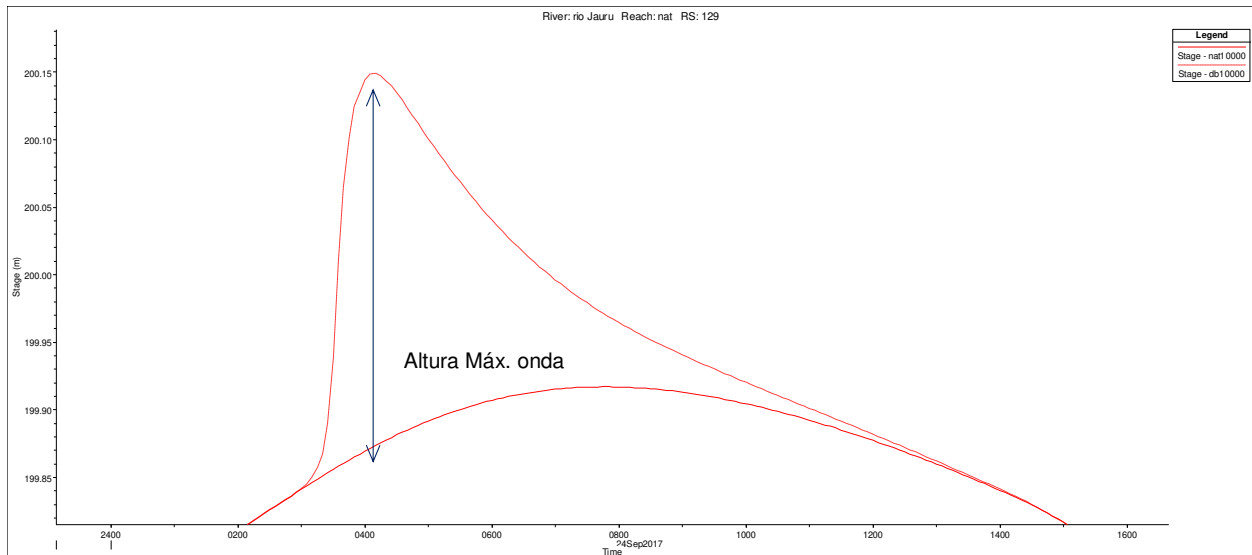


Figura 36 – Cotograma - SL-129 – Propriedade

5.7.5 SL-118 – Limite da Zona de autossalvamento

O limite da zona de autossalvamento a jusante da barragem da PCH Indiavaí na seção SL-118, localizada a 10,20 km da barragem PCH Indiavaí (Figura 37).

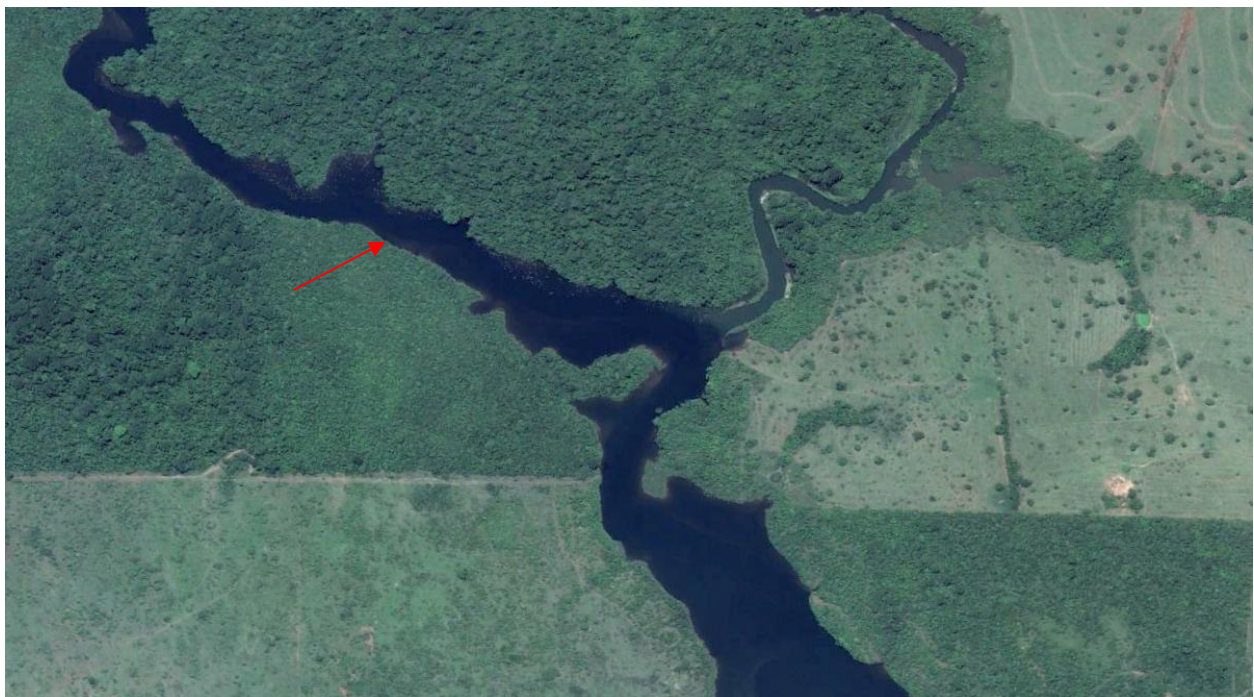


Figura 37 – Limite do ZAS na seção SL-118

Tabela 24 – Detalhe das simulações - SL-118 – Limite 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			
10.000 ANOS	194,99	195,14	0,15	00:30	01:40

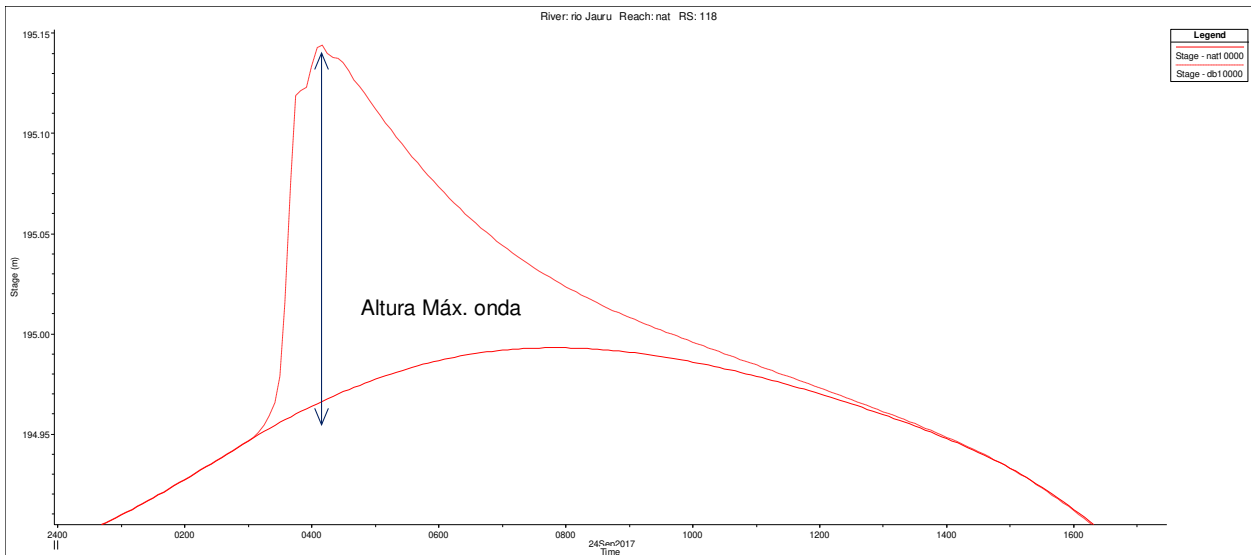


Figura 38 – Cotograma - SL-118 – Limite ZAS

5.7.6 SL-111 – Amortecimento da Onda de Rompimento

A seção SL-111 se localiza no início do reservatório da PCH Figueirópolis e a partir desse ponto a onda de cheia associada ao rompimento da barragem tem elevação do nível menor que 10 cm em relação a onda de cheia natural (Figura 39).



Figura 39 – Amortecimento da Onda Rompimento - SL-111

Tabela 25 – Detalhe das simulações - SL-111 – Amortecimento da Onda Rompimento

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			
10.000 ANOS	192,59	192,68	0,09	00:40	02:25

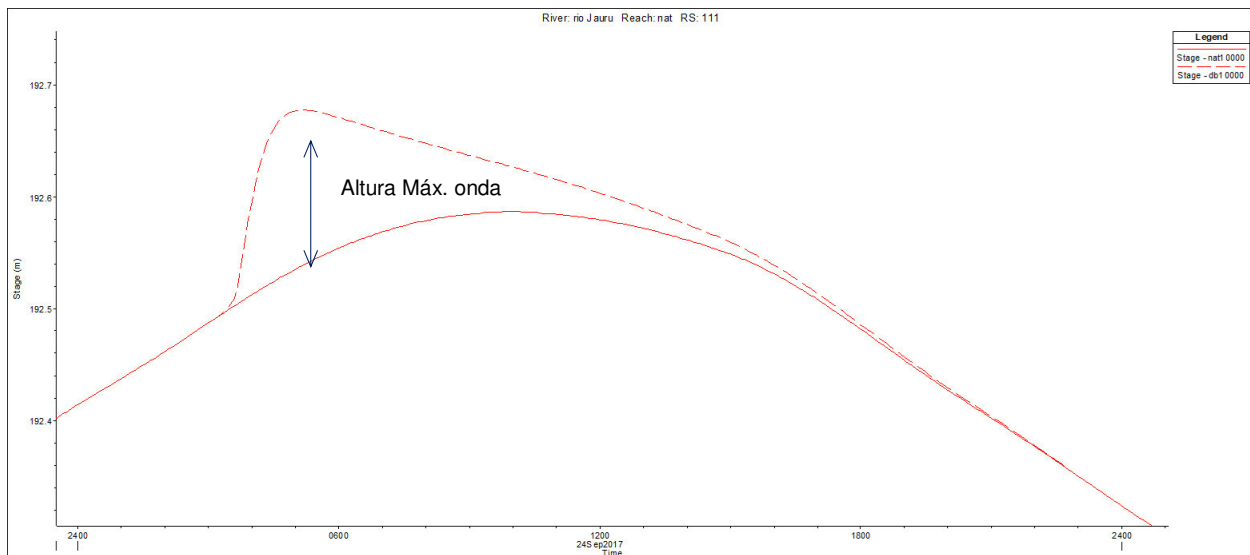


Figura 40 – Cotagrama - SL-111 – Amortecimento da Onda de Rompimento

5.7.7 Resumo Geral das Seções de Interesse

A Tabela 26 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 TR-10.000 anos.

Os mapas de inundação apresentados no caderno de desenhos possuem destaque para os locais próximos as seções indicadas na Tabela 26 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 SL-111 a diferença do nível máximo da onda de cheia e da onda devido ao rompimento é menor que 10 cm. Assim a partir desta seção pode-se considerar que a onda devido ao rompimento está amortecida não ocorrendo mais influência do rompimento no nível de água do rio Jauru.

Tabela 26 – Tempo de chegada da onda e níveis de água em cada seção

Seções de Interesse	Cota de Proteção (m)	Distância em Relação Barragem PCH Ombreiras (km)	DB 10.000 anos							
			Tempo (hh:mm)			Nível de água (m)				
			Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração	Normal	Rompimento	Máxima Onda		
Barragem Ombreiras - Tempo após Rompimento										
Rio Jauru	152	Casa de Força Indiavaí	216,50	0,45	00:05	00:45	06:20	216,68	218,71	2,03
	139	Barragem PCH Salto	215,50	4,13	00:10	00:55	08:45	215,35	215,88	0,53
	136	Casa de Força Salto		4,80	00:15	01:20	11:10	199,97	200,22	0,25
	129	Propriedades		6,90	00:25	01:35	11:00	199,92	200,15	0,23
	118	Limite do ZAS		10,20	00:30	01:40	11:55	194,99	195,14	0,15
	111	Amortecimento da onda		12,30	00:40	02:25	15:45	192,59	192,68	0,09

- Níveis destacados em vermelho indicam o local onde ocorreu galgamento da estrutura devido inundação e/ou rompimento da Barragem Indiavaí;
- A zona de autossalvamento fica definida como 30 min do início da onda, ou seja, até SL-118 cerca de 10,20 km a jusante do barramento PCH Indiavaí;
- A partir da Seção 111 a onda de cheia devido ao rompimento da barragem da PCH Indiavaí pode ser considerada como amortecida pois em todas as seções a jusante deste ponto a elevação do nível de água devido ao rompimento é menor que 10 cm.

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, **INDIAVAÍ ENERGÉTICA S/A**, centralizar a veiculação de informações.

6.1 Identificação do Empreendedor

Nome do Empreendedor: Indiavaí Energética S/A.

PCH: PCH Indiavaí

Endereço: Estrada da Queiroz Galvão s/n - km 45 - Zona Rural – Jauru MT

Fone: (65) 3235-1489

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

Endereço: Av. Engenheiro Domingos Ferreira, Boa Viagem, nº 2589 - 8º andar.

Fone: (81) 2137-7000

E-mail: pedro.pontual@brennandenergia.com.br

ricardo.rego@brennandenergia.com.br

Diretor de Operação e Manutenção: Paulo de Tarso Costa

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

Fone: (81) 2137-7000

E-mail: paulotarso@brennandenergia.com.br

Responsável Técnico: João Paulo Miranda

Fone: (65) 3311-4720 / 4700 / (65) 9921-7438

E-mail: joao.miranda@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

Supervisor de Operação de Usina: Paulo Cezar Miranda dos Santos

Fone: (65) 3235-1489 - Ramal 1620 / (65) 9641-8881

E-mail: paulo.santos@brennandenergia.com.br

Operação de Usina: COG – CUIABÁ

Fone: (65) 3616-7408

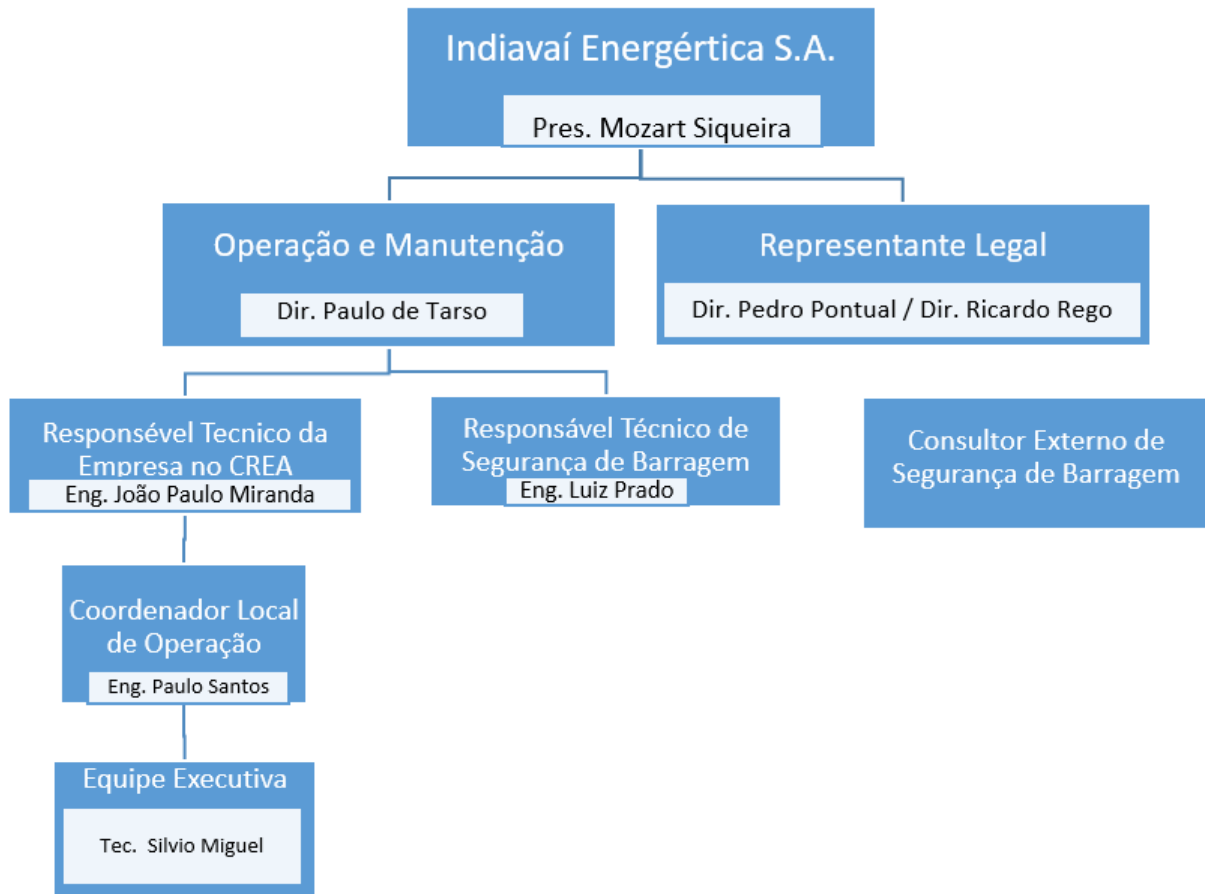
E-mail: cog@brennandenergia.com.br

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	Paulo Santos	Diurno	(65) 3235-1489 - Ramal 1620
Técnico	Silvio Miguel		

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



Fluxograma 1 – Equipe interna da Segurança da Barragem Indiavaí

6.2 Agentes Externos

Tabela 27 – Órgãos do Estado de Mato Grosso que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	CONTATO
CASA MILITAR MT – CMI Cel. Airton Benedito De Siqueira Júnior Secretário-Chefe	(65) 3613-4200/ 4201 www.mt.gov.br/casa-militar
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA – SESP Rogers Elizandro Jarbas Secretário de Estado	(65) 3613-5533/ 5502 www.sesp.mt.gov.br/
SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE Eduardo Luiz Conceição Bermudez Secretário de Estado	(65) 3613-5300/ 5310 gbses@ses.mt.gov.br www.saude.mt.gov.br/
SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE – MATO GROSSO – SEMA Carlos Henrique Baqueta Fávoro Secretário de Estado	(65) 3613-7200 / 7209 / 7399 / 7326 chefiadegabinete@sema.mt.gov.br www.sema.mt.gov.br/
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA E LOGÍSTICA– SINFRA Marcelo Duarte Monteiro Secretário de Estado	(65) 3613-6603 marceloduarte@sinfra.mt.gov.br www.sinfra.mt.gov.br/
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR – MT Cel. Julio Cezar Rodrigues Comandante Geral	193 (65) 3624-1823 www.bombeiros.mt.gov.br/
SECRETARIA DO ESTADO DE DEFESA CIVIL – MT Abadio José da Cunha Junior - Ten Cel QOBMSuperintendente	199 (65) 3613-8400 / 3613-8415 cunha@defesacivil.mt.gov.br www.defesacivilmatogrosso.com.br/
POLÍCIA MILITAR DE MATO GROSSO – PMMT Coronel Gley Alves de Almeida Castro Comandante Geral	190 (65) 3613-8803 www.pm.mt.gov.br/

Tabela 28 – Órgãos Municipais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
COORDENADORIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (COMPDEC) JAURU Responsável Cicero Guilherme da Silva	(65) 3244-1080 cicerogsilva@gmail.com
PREFEITURA MUNICIPAL DE JAURU	(65) 3244-1855 prefeitura@jauru.mt.gov.br http://www.jauru.mt.gov.br/
CORPO DE BOMBEIROS – 2ª Companhia Bombeiros Militar (2ª CIBM) CÁCERES Capitão BM Raul Castro de Oliveira	(65) 3223-2954 / 3223-0074 2cibm@cbm.mt.gov.br
PREFEITURA MUNICIPAL DE INDIAVAÍ	Telefone: (65) 3254-1146 Fax: (65) 3254-1222 www.indiavai.mt.gov.br prefeitura@indiavai.mt.gov.br

Tabela 29 – Órgãos Federais que possuem atribuições em casos de desastres

ÓRGÃO	TELEFONE COMERCIAL
SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL - SEDEC	(61) 2034-5513 sedec@integracao.gov.br
MINISTÉRIO DA DEFESA	(61) 2023-9400 www.defesa.gov.br/
COMANDO DO EXÉRCITO	(61) 3415-5003 www.eb.mil.br/
COMANDO DA MARINHA	(61) 3429-1021 www.marinha.mil.br/
COMANDO DA AERONÁUTICA	(61) 3962-1507 www.aer.mil.br/
POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL – UNIDADE MATO GROSSO	191 (65) 3928-3000 www.prf.gov.br/

6.2.1 Usinas Jusante

Usina	Proprietário	Responsável Barragem	Contato
PCH Salto	ELERA RENOVÁVEIS	Jhonata Froguel	(65) 3056 9544 / (66) 99998-6045
PCH Figueirópolis	CPFL Renováveis	HELOISE OKI HERREROS	(11) 4532-1434

6.2.2 Outros Órgãos

Os municípios atingidos são: Araputanga, Jauru, Indiavaí e Figueirópolis d'Oeste. Órgãos municipais que possuem atribuições natas em relação aos desastres:

Município – Araputanga

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal	Rua Antenor Mamedes, 911 - Centro, Araputanga - MT CEP: 78260-000	Telefone: (65) 3261-1100 www.araputanga.mt.gov.br
Delegacia de Polícia de Araputanga	Rua Francisco de Assis Ramalho, nº. 954 – Centro Araputanga/MT CEP: 78.260-000	Telefone Fax: (65) 3261-1106 maraputanga@pic.mt.gov.br
2ª Companhia de Polícia Militar - Araputanga	Rua Valdivino Fidêncio da Silva, nº 230, Bairro: Centro, Araputanga/MT CEP: 78260-000	Telefone: (65) 3261-1870/1190
Secretaria Municipal de Saúde	Rua Horácio Alcântara de Carvalho - São Sebastião, Araputanga - MT CEP: 78260-000	Telefone: (65) 3261-1889 www.araputanga.mt.gov.br
Hospital Geral e Maternidade Araputanga	R Rui Barbosa, 228 - Centro - Araputanga, MT CEP: 78260-000	(65) 3261-1200

Município – Jauru

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal de Jauru	Rua do Comércio, 400, Jauru - MT, CEP: 78255-000	Telefone: (65) 3244-1405 prefeitura@jauru.mt.gov.br www.jauru.mt.gov.br
Delegacia de Polícia de Jauru	Av. Luiz Albuquerque Melo nº. 1303 Centro – Jauru / MT CEP: 78.255-000	Telefone: (65) 3244-1313
1º Pelotão De Polícia Militar - Jaurú	Av. Mauá, nº 551, Bairro: Centro, Jauru CEP 78.255-000	Telefone: (65) 3244-1189/1309 16cpa@pm.mt.gov.br
Secretaria Municipal de Saúde de Jauru	Rua Marechal Deodoro, 804 - Centro - Jauru, MT CEP: 78255-000	Telefone: (65) 3244-1277/1691
Hospital Jauru	Rua Dom Pedro II, - Centro, Jauru, MT CEP: 78255-000	Telefone: (65) 3244-1048

Município – Indiavaí

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal de Indiavaí	Rua Getúlio Vargas, nº 650 – Centro – Indiavaí - MT CEP 78295-000	Telefone: (65) 3254-1146 Fax: (65) 3254-1222 www.indiavai.mt.gov.br prefeitura@indiavai.mt.gov.br
Delegacia de Polícia de Indiavaí	Rua Getulio Vargas nº. 2.010 Centro, de Indiavaí. CEP 78295-000	Telefone: (65) 3254-1316 mindiavai@pjc.mt.gov.br
Núcleo de Polícia Militar - Indiavaí	Rua Getúlio Vargas, s/nº, Bairro: Centro CEP 78295-000	Telefone: (65) 3254-1130
Secretaria Municipal de Saúde de Indiavaí	Av. Jaime Campos, 396 – Centro Indiavaí, MT CEP 78295-000	Telefone: (65) 3254-1184 smsindiavai@hotmail.com
Unidade De Saúde Da Família De Indiavaí	Av. Gov. Jaime Campos, 396 Centro – Indiavaí – MT CEP 78295-000	Telefone: (65) 3254-1184 smsindiavai@hotmail.com

Município – Figueirópolis d`Oeste

ÓRGÃO	ENDEREÇO	CONTATO
Prefeitura Municipal de Figueirópolis d`Oeste	Rua São Paulo 236, Centro – MT CEP 78290-000	Telefone: (65) 3235-1595 0800 642-6008 www.figueiropolisdoeste.mt.gov.br ouvidoria@figueiropolisdoeste.mt.gov.br
Delegacia de Polícia de Figueirópolis d`Oeste	Rua Minas Gerais, 43, Figueirópolis D'Oeste - MT, CEP 78290-000	Telefone: (65) 3235-1171
Núcleo de Polícia Militar - Figueirópolis d`Oeste	Rua Minas Gerais, Nº 43, Centro, Figueirópolis D'Oeste - MT CEP 78.290-000	Telefone: (65) 3235-1171 jhcjauru@hotmail.com
Secretaria Municipal de Saúde de Figueirópolis d`Oeste	Rua São Paulo 236, Centro – MT CEP 78290-000	Telefone: (65) 3235-1595 0800 642-6008 www.figueiropolisdoeste.mt.gov.br
Posto de Saúde Figueirópolis d`Oeste	Rua Alagoas, 332 - Centro - Figueirópolis D'Oeste, MT- CEP 78290-000	Telefone: (65) 3235-1365 (65) 3235-1404

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, deverá ser monitorado 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 Indiavaí. De acordo com as condições operacionais do vertedouro as cheias se comportarão conforme a Figura 41 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 ocorre inundação da população a jusante a partir da TR=1.000 anos.

Na Figura 41 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 1.000 anos já fica definido o nível de emergência 1.

A Tabela 30 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.

Este Plano 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/estudos 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 Indiavaí 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. Este Manual 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 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. 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 onde se detecte algum problema que mereça atenção especial.

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. Surgimento de fluxo de água no pé do barramento principalmente com carreamento de material é motivo para a realização de Inspeção de Segurança 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. Deve ser realizado a cada **10 anos** conforme a classificação da barragem (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.

PCH INDIAVAÍ - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO

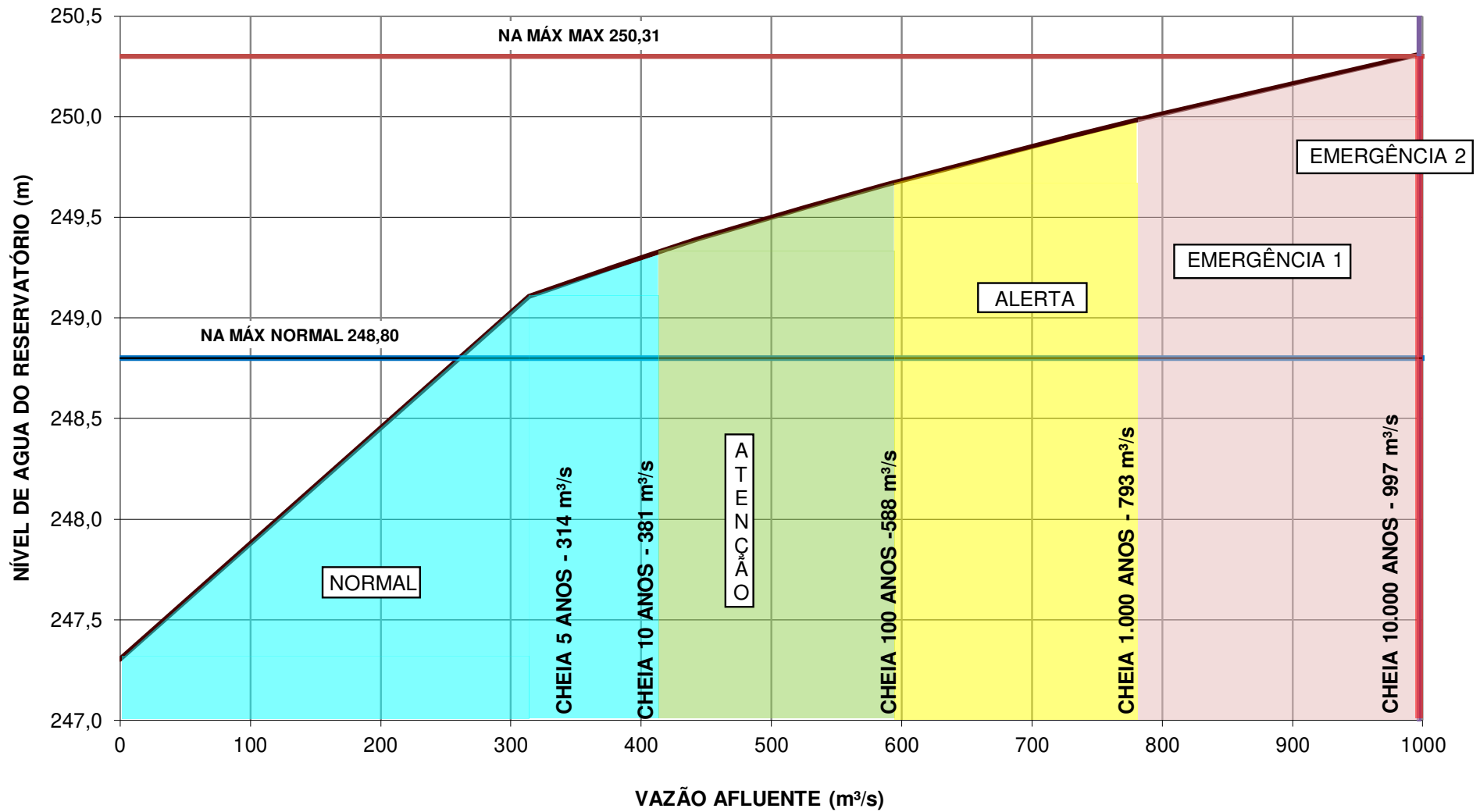


Figura 41 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura

Tabela 30 – Níveis de Segurança e risco Ruptura

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (azul) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) cheia até 381 m³/s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.
Nível Atenção (verde) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) cheia de 381 até 588 m³/s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente.
Nível Alerta (amarelo) 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 588 até 793 m³/s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou no sistema de operação do vertedouro.
Nível Emergência 1 (Rosa) a) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando na cota de coroamento da barragem com vertedouro sem condições de operação	a) cheia de 793 até 997 m³/s (TR entre 1.000 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades; b) Infiltração sem controle com carreamento de material da barragem, possível rompimento da barragem. Aviso aos agentes externos da Emergência.
Nível Emergência 2 (vermelho) 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

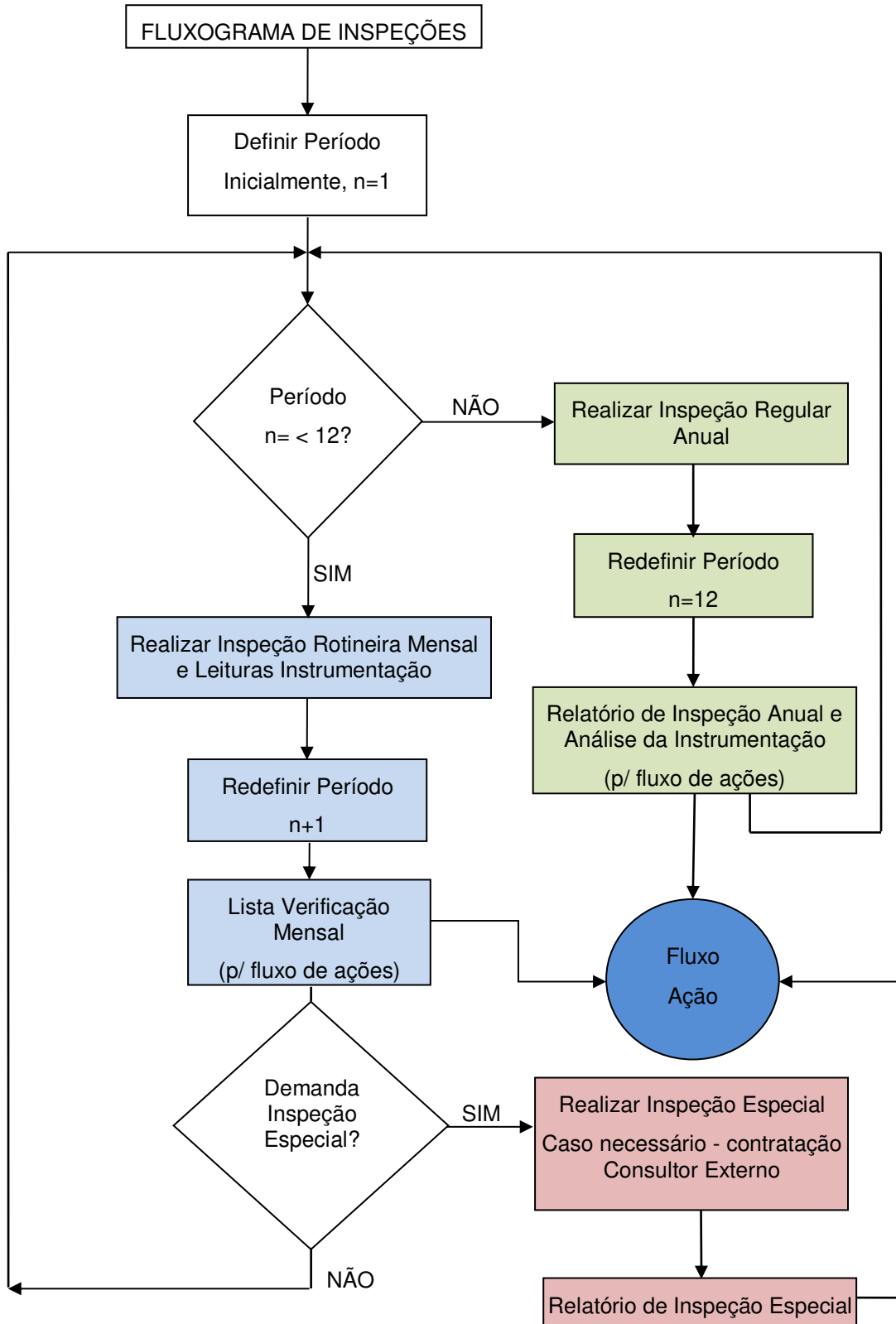
a) nível de alerta devido as condições hidrológicas;

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

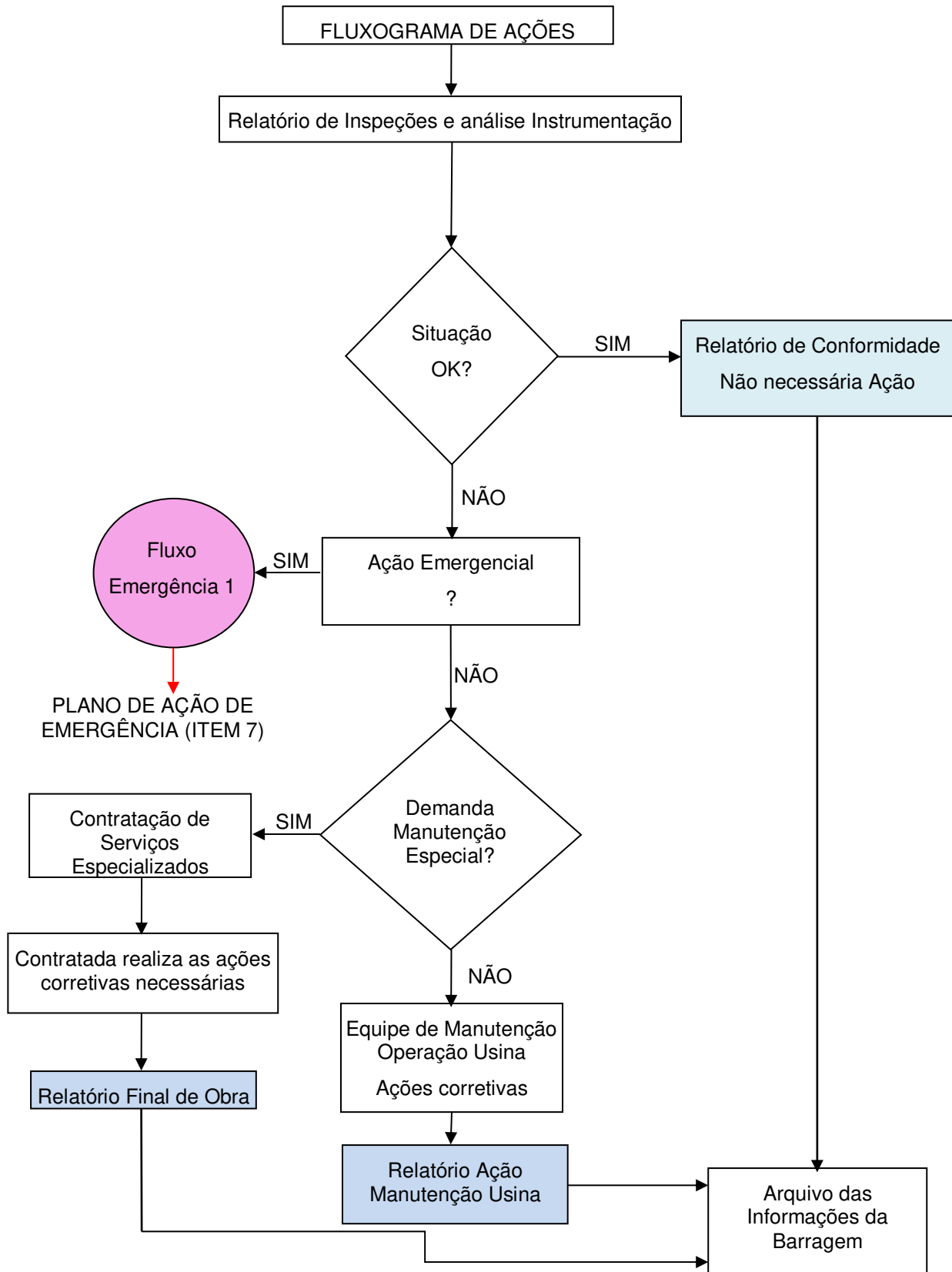
EMERGÊNCIA 2 – A ruptura do barramento pode ocorrer em qualquer condição hidrológica por piping. O alerta aos órgãos responsáveis deve ser emitido assim que constatada a impossibilidade de reverter o problema possibilitando a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento. Sempre que entrar em 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 turbinas e das descargas de fundo da tomada de água 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 Indiavaí.



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 – INDIAVAÍ ENERGÉTICA S/A.

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

Será de responsabilidade da Operadora:

- 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 Indiavaí, 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 Indiavaí 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 do município Jauru, Corpo de Bombeiros Cáceres, prefeitura dos municípios de Araputanga, Jauru, Indiavaí e Figueirópolis d'Oeste, 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.

Polícia 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. Esta apresentação está 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.

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição no trecho de jusante da Barragem, podendo ocorrer um erro nas elevações de até 2 m. Como sistema de prevenção aos moradores de jusante da barragem os mesmos devem ser avisados a partir de cheias de 1.000 anos para evacuação da área.

Conforme a Figura 41 – Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, do item 0 as situações serão classificadas como:

9.1 Situação normal (Azul)

Vazão Afluyente < 381 m³/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 < 588 m³/s, ou seja, cheias até TR= 100 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 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 E AS USINAS DE JUSANTE.

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 Afluente 588 a 793 m³/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 E AS USINAS DE JUSANTE.

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 793 a 997 m³/s, ou seja, cheias entre TR= 1.000 anos e TR= 10.000 anos

- Quando o nível do reservatório se encontra acima 250,31 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 E RETIRADOS TODOS OS ATINGIDOS DE JUSANTE BUSCANDO A SEGURANÇA DESTES. A RETIRADA DOS ATINGIDOS SE DARÁ PELOS AGENTES EXTERNOS (DEFESA CIVIL, POLÍCIA MILITAR, ETC)

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 Afluyente >997 m³/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 a retirada da população atingida de jusante. Importante a comunicação da usina com usinas de jusante. No caso da PCH Indiavaí 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 2 DEVERÃO SER AVISADOS E RETIRADOS TODOS OS ATINGIDOS DE JUSANTE BUSCANDO A SEGURANÇA DESTES. A RETIRADA DOS ATINGIDOS SE DARÁ PELOS AGENTES EXTERNOS (DEFESA CIVIL, POLÍCIA MILITAR, ETC)

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

10 ACESSOS, MAPAS DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES POTENCIAIS

O desenho IND-C-AGE-001-00-19 apresenta localização e acessos a Usina e o desenho IND-C-PRE-002-00-17 apresenta a área a ser resguardada e a propriedade da empresa que se encontram no caderno de desenhos.

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.

Os mapas de inundação foram elaborados com a utilização de restituição na região mais próxima a usina. Logo, como sistema de prevenção as Usinas de jusante e propriedades devem ser avisados na eminência de uma ruptura ou a partir de cheias de 1.000 anos para evacuação da área.

10.1 Acessos

Com o rompimento da barragem todos os acessos das usinas de jusante foram atingidos. Como pode ser observado nos mapas de inundação as casas de força Indiavaí e Figueirópolis sofreram galgamento junto com os acessos próximos as estruturas.

Nas propriedades atingidas ocorre o mesmo, com a inundação dos acessos próximos as propriedades.

A ponte da MT 248 deve sofrer galgamento, porém sem risco adicional para a estrutura comparada a vazão decamilenar.

10.2 Propriedades Atingidas

A casa de força da PCH Ombreira é a primeira propriedade atingida caso ocorra rompimento da barragem Indiavaí.

Outros pontos importantes para o caso de ruptura da barragem Indiavaí são as barragens de jusante, PCH Salto e PCH Figueirópolis, que não foram atingidas caso ocorra rompimento. As propriedades nas seções SL-129 também são atingidas no caso do rompimento da barragem Indiavaí.

A Tabela 31 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 10.000 anos foram obtidos nas seguintes simulações:

- IND-C-MPI-004-00-19 – Mapa de Inundação – TR 10.000 Anos – Natural e Dam Break – Folhas 01 a 04.

Os mapas estão apresentados no caderno de desenhos.

O mapa da zona de autossalvamento, definido para 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:

- IND-C-ZAS-005-00-19 – Zona de Autossalvamento –TR 10.000 Anos – Folhas.

O mapa da ZAS se encontra no caderno de desenhos.

Tabela 31 – Níveis de Água e Tempo de chegada do pico da onda em cada seção inundada a Jusante da PCH Indiavaí

Seções de Interesse	Cota de Proteção (m)	Distância em Relação Barragem PCH Ombreiras (km)	DB 10.000 anos							
			Tempo (hh:mm)			Nível de água (m)				
			Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração	Normal	Rompimento	Máxima Onda		
Barragem Ombreiras - Tempo após Rompimento										
Rio Jauru	152	Casa de Força Indiavaí	216,50	0,45	00:05	00:45	06:20	216,68	218,71	2,03
	139	Barragem PCH Salto	215,50	4,13	00:10	00:55	08:45	215,35	215,88	0,53
	136	Casa de Força Salto		4,80	00:15	01:20	11:10	199,97	200,22	0,25
	129	Propriedades		6,90	00:25	01:35	11:00	199,92	200,15	0,23
	118	Limite do ZAS		10,20	00:30	01:40	11:55	194,99	195,14	0,15
	111	Amortecimento da onda		12,30	00:40	02:25	15:45	192,59	192,68	0,09

A zona de auto salvamento irá até a seção SL-118, cerca de 10,20 km de distância da Barragem de Indiavaí.

A partir da seção SL-111 a onda devido ao rompimento da barragem pode ser considerada como amortecida.

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

- IND-C-MPI-004-00-19 - Condição Natural e com Rompimento da PCH Indiavaí TR=10.000 anos.

Estes mapas estão apresentados no caderno de desenhos.

10.3 Zona de Autossalvamento – ZAS

Estudos de rompimentos em barragens indicam que a área de maior risco a população se encontra no trecho entre a barragem e 10 km a jusante ou o local onde o início da onda de cheia demore 30 minutos para chegar, sendo considerado um ponto 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 Indiavaí o local do limite da ZAS se encontra a 10,20 km de distância da barragem sendo nesse caso o critério de 30 minutos da chegada da onda de cheia para a pior condição de estudo que é o rompimento da barragem associado com a cheia de 10.000 anos.

Dentro da ZAS existem a casa de força da PCH Indiavaí, a barragem e casa de força da PCH Salto (cuja cota de proteção da Casa de Força não foi informada) e propriedades localizadas na seção SL-129 que poderão ser afetadas pela onda de cheia e/ou pela ruptura da barragem. Na Tabela 32 apresenta-se a sua localização e principais características desses pontos.

Tabela 32 – 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
152	Casa de Força Indiavaí	-15° 15' 54,15473"	-52° 43' 15,72548"	0,45	218,71		
139	Barragem PCH Salto	-15° 17' 18,44372"	-52° 42' 41,46669"	4,13	215,88		
136	Casa de Força Salto	-15° 17' 22,85427"	-52° 42' 25,65084"	4,80	200,22		
129	Propriedades	-15° 18' 14,20079"	-52° 42' 05,37159"	6,90	200,15		
118	Limite do ZAS	-15° 19' 06,03341"	-52° 41' 16,56600"	10,20	195,14		

Próximos locais indicados foram identificadas áreas de fuga onde não há o risco de inundação e devem ser definidas como ponto de encontro da população residente na zona de autossalvamento. A população dessas áreas 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 desenho IND-C-ZAS-005-00-19 – Zona de Autossalvamento 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 Usinas de Jusante: PCH Salto e PCH Figueirópolis, Defesa Civil do município Jauru, Corpo de Bombeiros do município Cáceres e municípios das propriedades atingidas Indiavaí e Figueirópolis d'Oeste.

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, GOG-CUIABÁ e Indiavaí Energética S/A, e os agentes externos envolvidos, Usinas de Jusante: PCH Salto e PCH Figueirópolis, Defesa Civil do município Jauru, Corpo de Bombeiros do município Cáceres e prefeituras dos municípios atingidos Indiavaí e Figueirópolis d'Oeste.

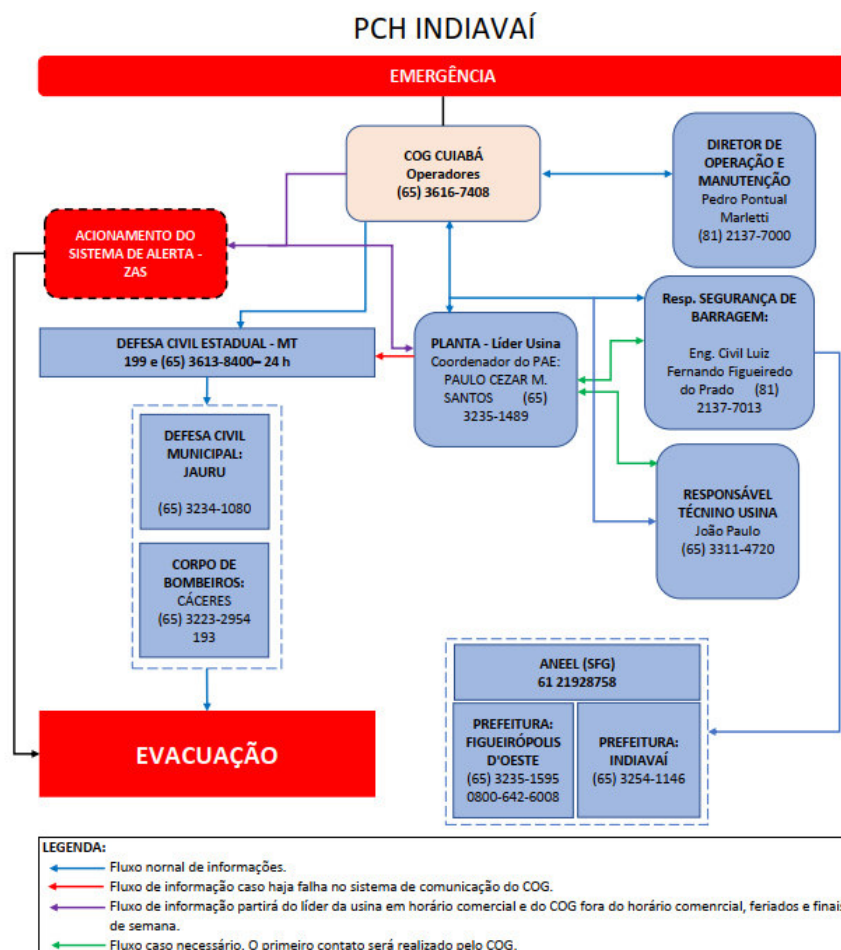


Tabela 1 - Atingidos ZAS

ZAS	Contato
UHE JAURU	(11) 5033-8889 / (11) 95302-8727
PCH SALTO	(65) 3056-9544 / (66) 99998-6045
PCH FIGUEIRÓPOLIS	(11) 4532-1434

Fluxograma 4 – Acionamento emergências

Este fluxograma está apresentado no caderno de desenhos folha IND-C-FLA-006-00-19 – Fluxograma de Acionamento de Emergências 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 nas seguintes hipóteses:

- Cheias ocorridas a partir do **tempo de recorrência de 1.000 anos**, ou seja, vazão afluente maior que 793 m³/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 Indiavaí é baixo, quase nulo, a segurança da estrutura depende da qualidade do monitoramento da estrutura 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 Indiavaí 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 V e conforme abaixo:



PCH INDIAVAÍ

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)



PCH INDIAVAÍ

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 – MT

SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL – FIGUEIRÓPOLIS E INDIAVAÍ

Barragens a montante: UHE Jauru

Barragem a jusante: PCH Salto

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 33).

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

Tabela 33 – Entidades que recebem Cópia PAE

Entidade	Nº de cópias (Digital)
Entidade Fiscalizadora (ANEEL)	1
Secretaria De Estado De Defesa Civil Do Estado - MT	1
Corpo De Bombeiros Militar Do Estado – MT	1
Secretaria Municipal De Defesa Civil – FIGUEIRÓPOLIS E INDIAVAÍ	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 visual 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 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 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.prpb.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

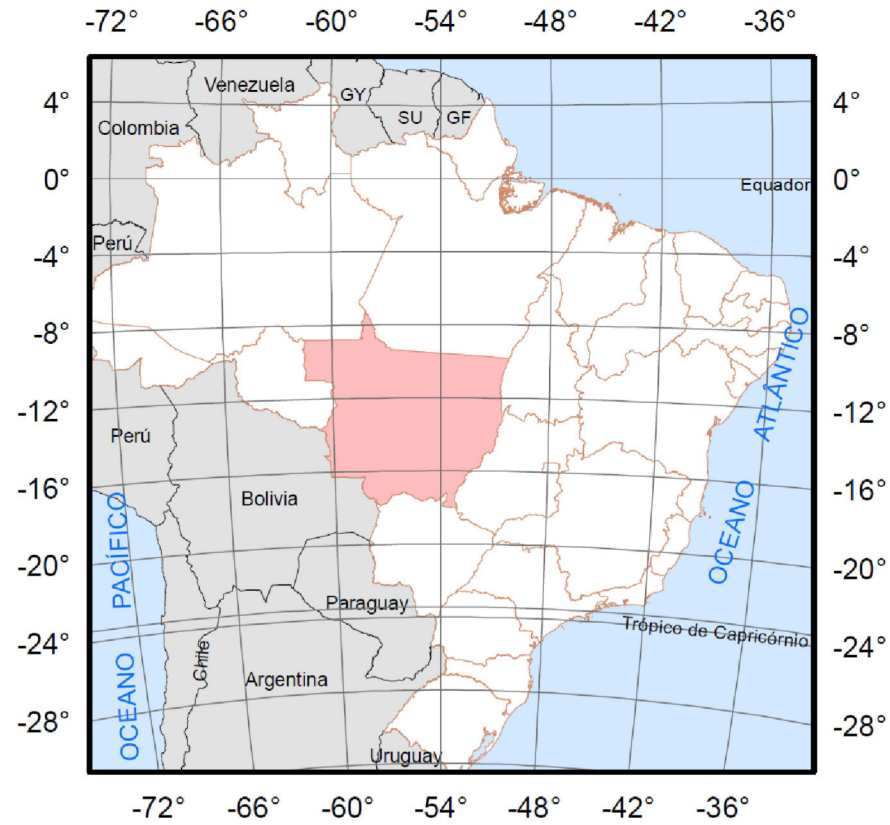
Anexo II – Apresentação do Plano de Ação de Emergências

Anexo III – Formulários

Anexo IV – ARTs

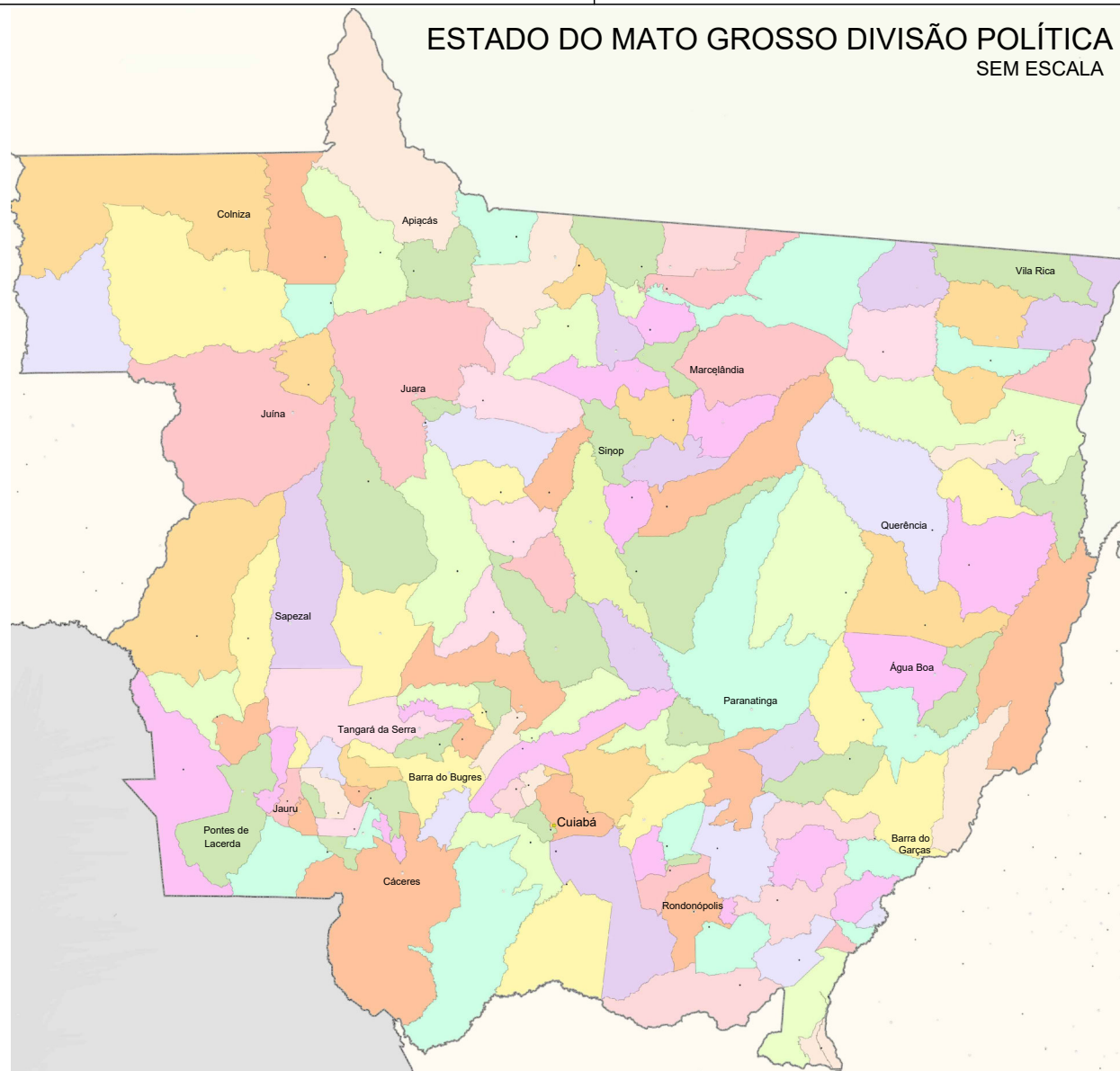
ANEXO I – DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

LOCALIZAÇÃO DO ESTADO



LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO MATO GROSSO
SEM ESCALA

ESTADO DO MATO GROSSO DIVISÃO POLÍTICA SEM ESCALA



PLANTA CHAVE

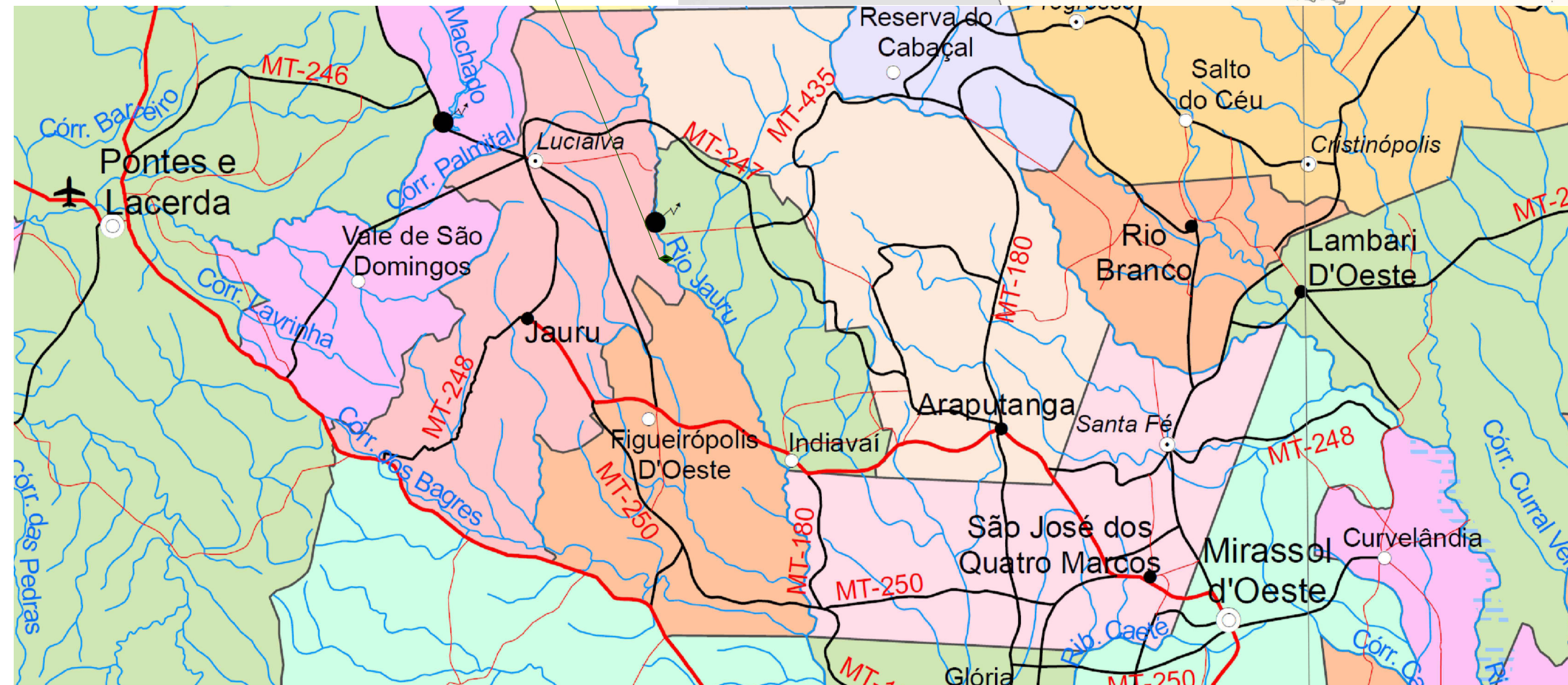
LEGENDA

- Ponte
- Ferrovia
- Rodovia pavimentada
- Rodovia sem pavimentação
- Outras estradas
- Hidrovia
- Curso d'água permanente
- Curso d'água temporário
- Rio de margem dupla

DISTÂNCIAS

GUIABÁ - INDIAVAÍ	368 km
PCH INDIAVAÍ - INDIAVAÍ	36 km

ACESSOS E LOCALIZAÇÃO PCH Indiavaí SEM ESCALA



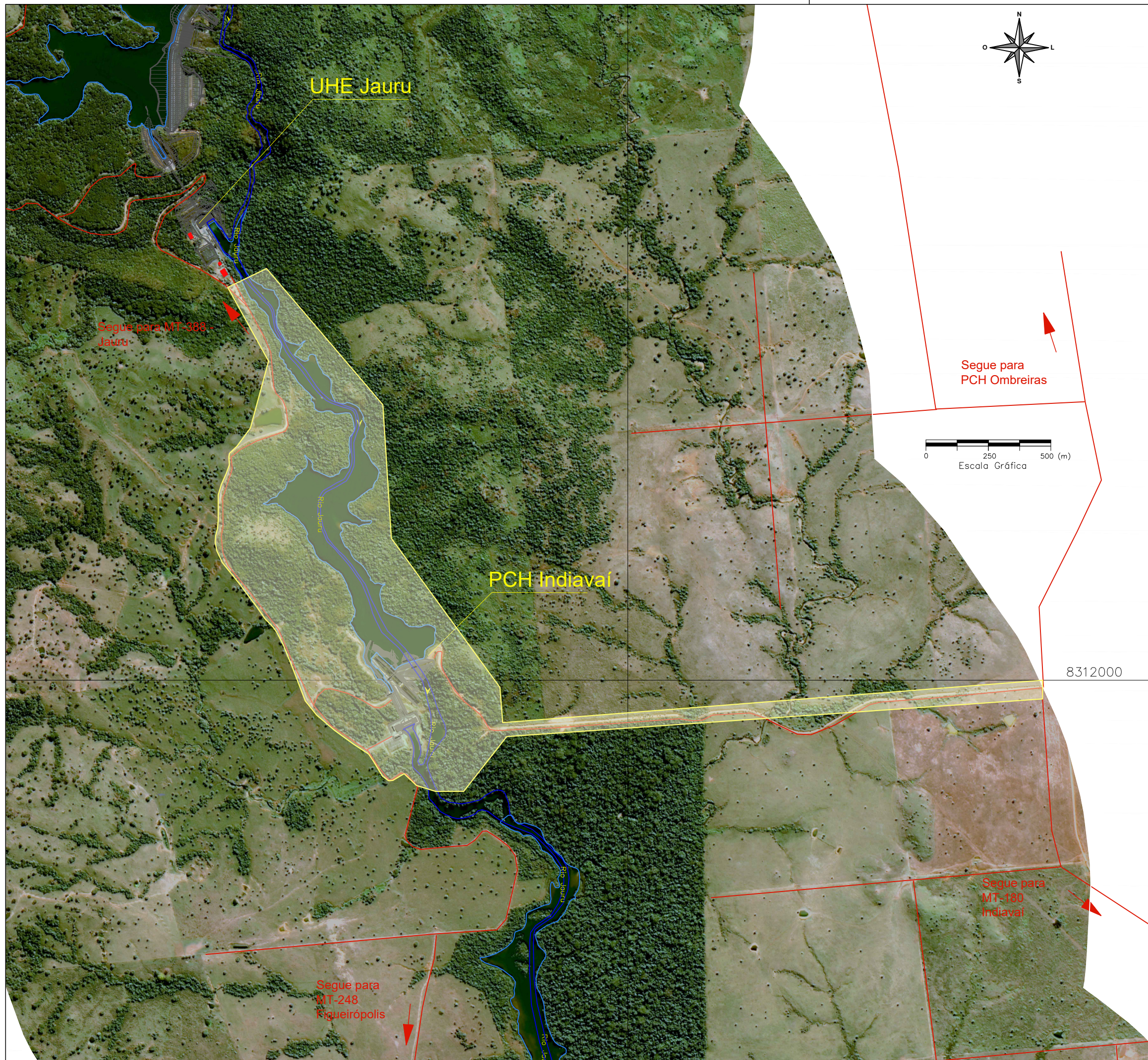
EMIÇÃO INICIAL	HYV	HYV	21/03/19
REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:



PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí		
CLIENTE	Indiavaí Energética S.A		
REFERÊNCIA	Localização e Acesso à Usina		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	01
PROJETO	Henrique		12
DESENHO	Henrique	DATA 03/2019	ESCALA sem escala
Nº DOCUMENTO	IND-C-AGE-001-00-19	REV. 00	DATA 21/03/19



CONVENÇÕES

ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
HIDROGRAFIA	
MAPA DA ÁREA ADQUIRIDA	

RIO JAURU



00	EMIÇÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO: Plano de Ação de Emergências
PCH Indiavaí

CLIENTE: Indiavaí Energética S.A.

REFERÊNCIA: Propriedades da Usina e Área Resguardada

RESP. TÉCNICO: Eng. Henrique Yabrudi Vieira
CREA 61.964 / D

PRANCHA: **02**

PROJETO: Henrique

DESENHO: Henrique

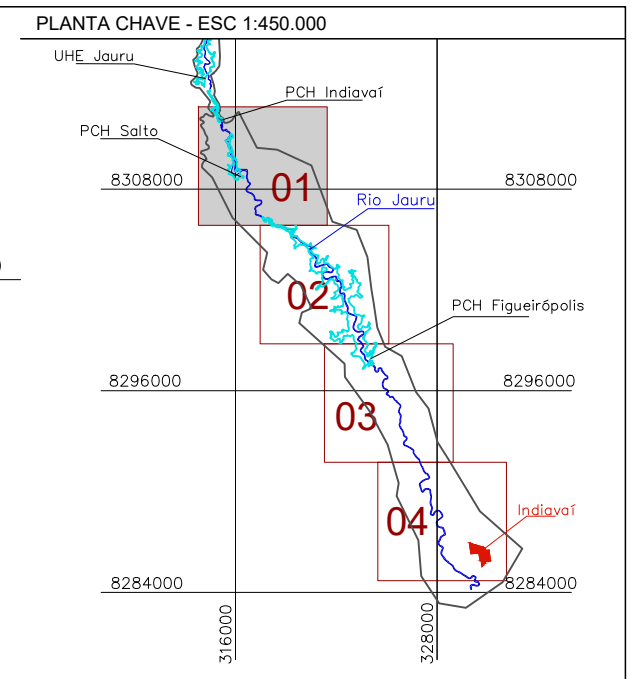
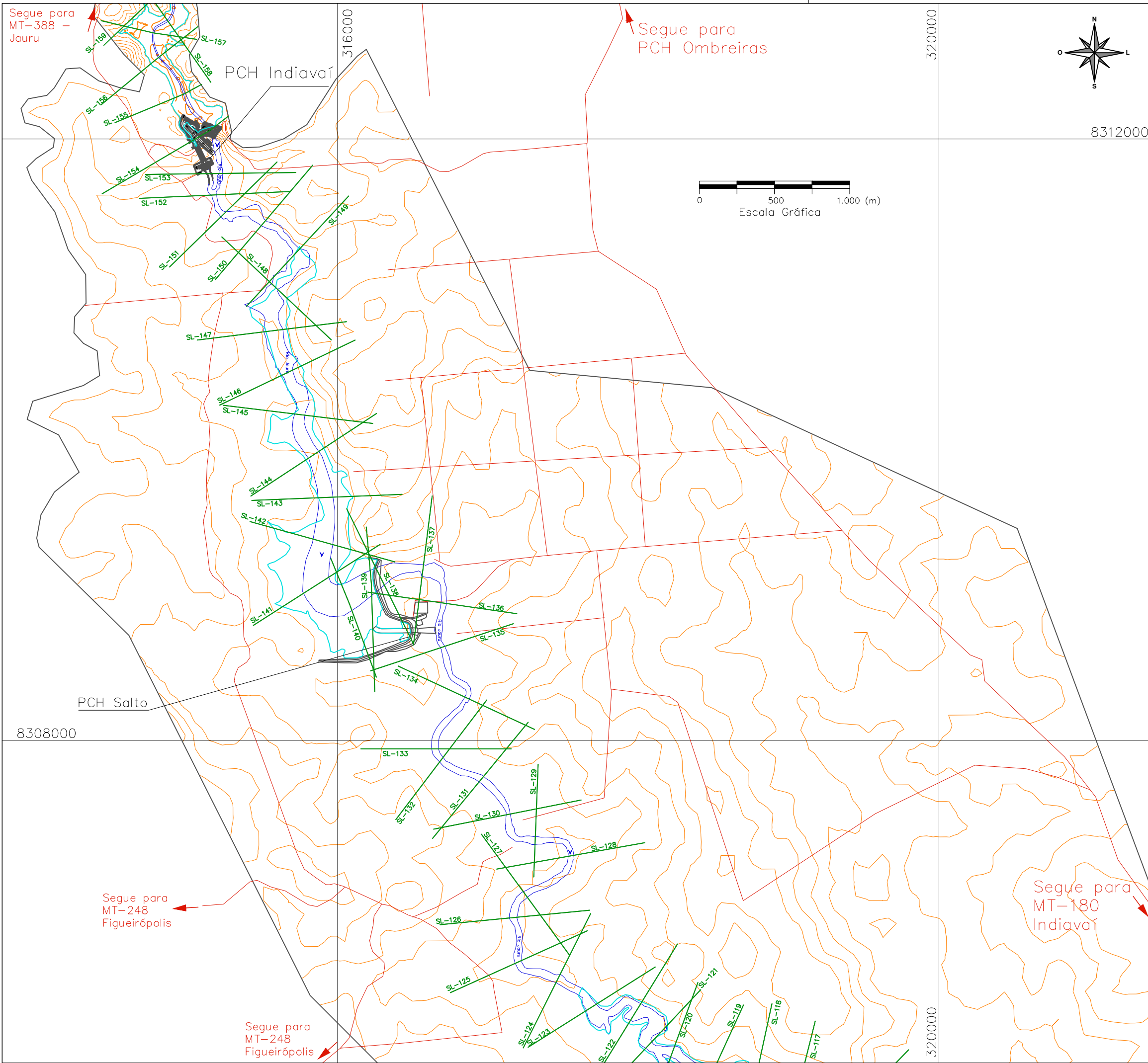
DATA: 03/2019

ESCALA: 1:15.000

Nº DOCUMENTO: IND-C-PRE-002-00-19

REV.: 00

DATA: 22/03/19



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
PORTARIA	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
RESERVATÓRIO	

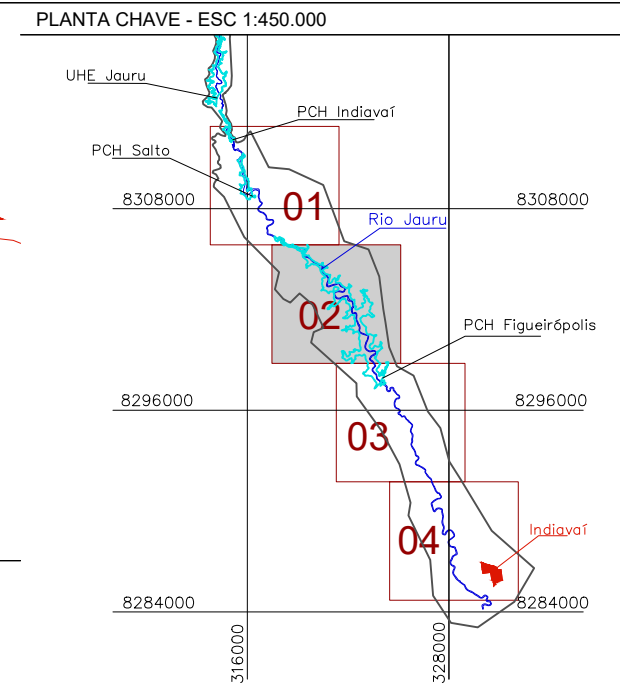
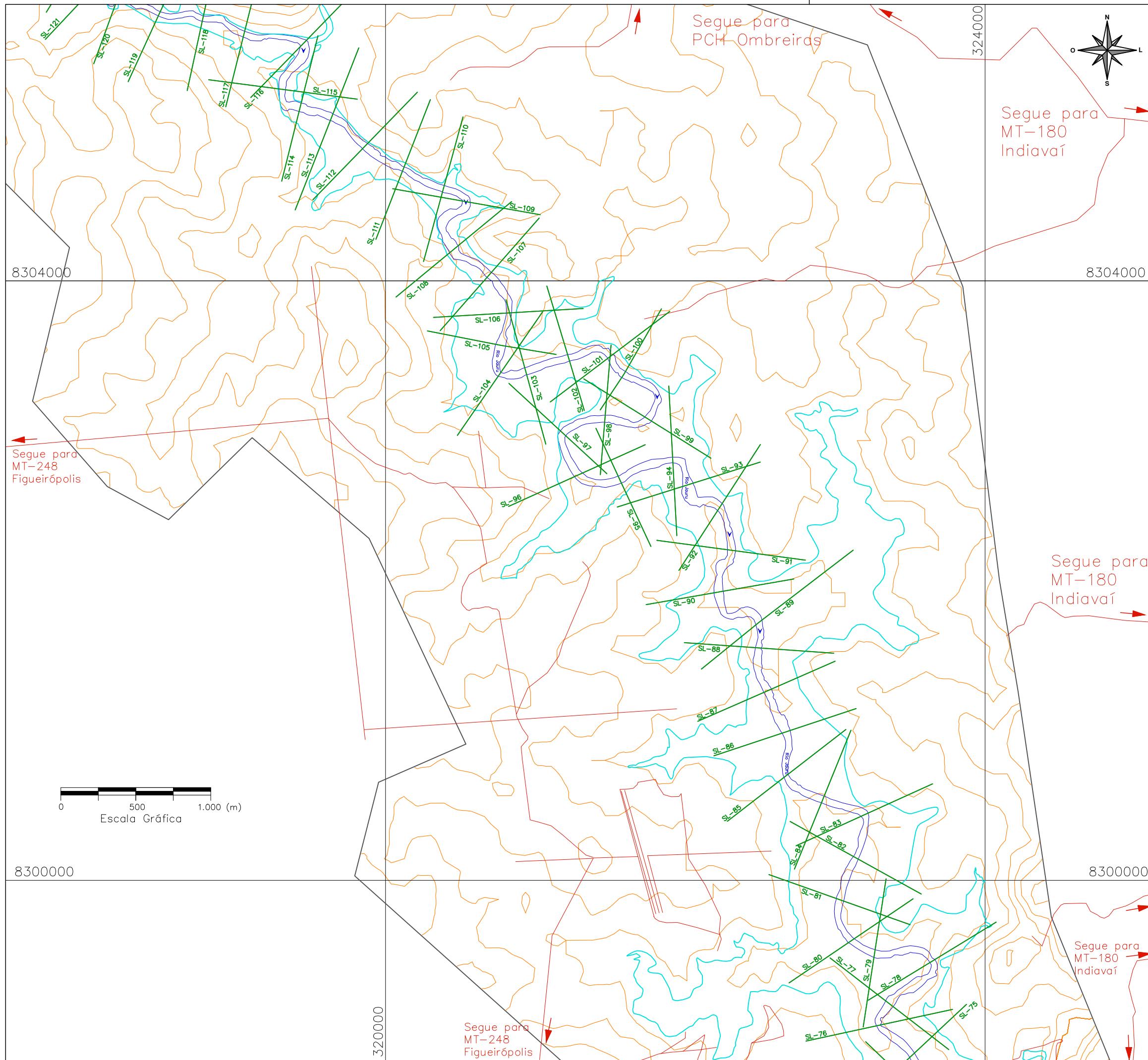
00	EMISSION INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Indavaí		
CLIENTE	Indavaí Energética S.A.		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 01/04		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	03
PROJETO	Henrique		12
DESENHO	Henrique	DATA	03/2019
Nº DOCUMENTO	IND-C-SRE-003-00-19	REV.	00
		DATA	22/03/19



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
PORTARIA	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
RESERVATÓRIO	

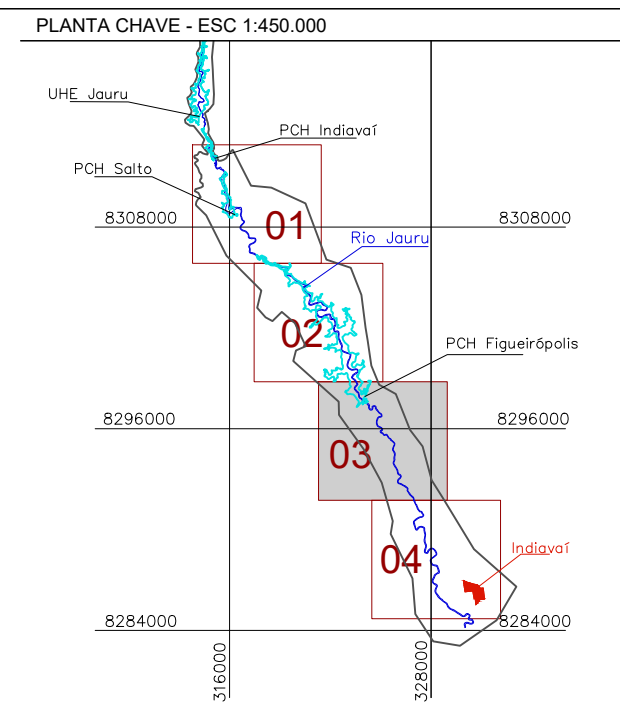
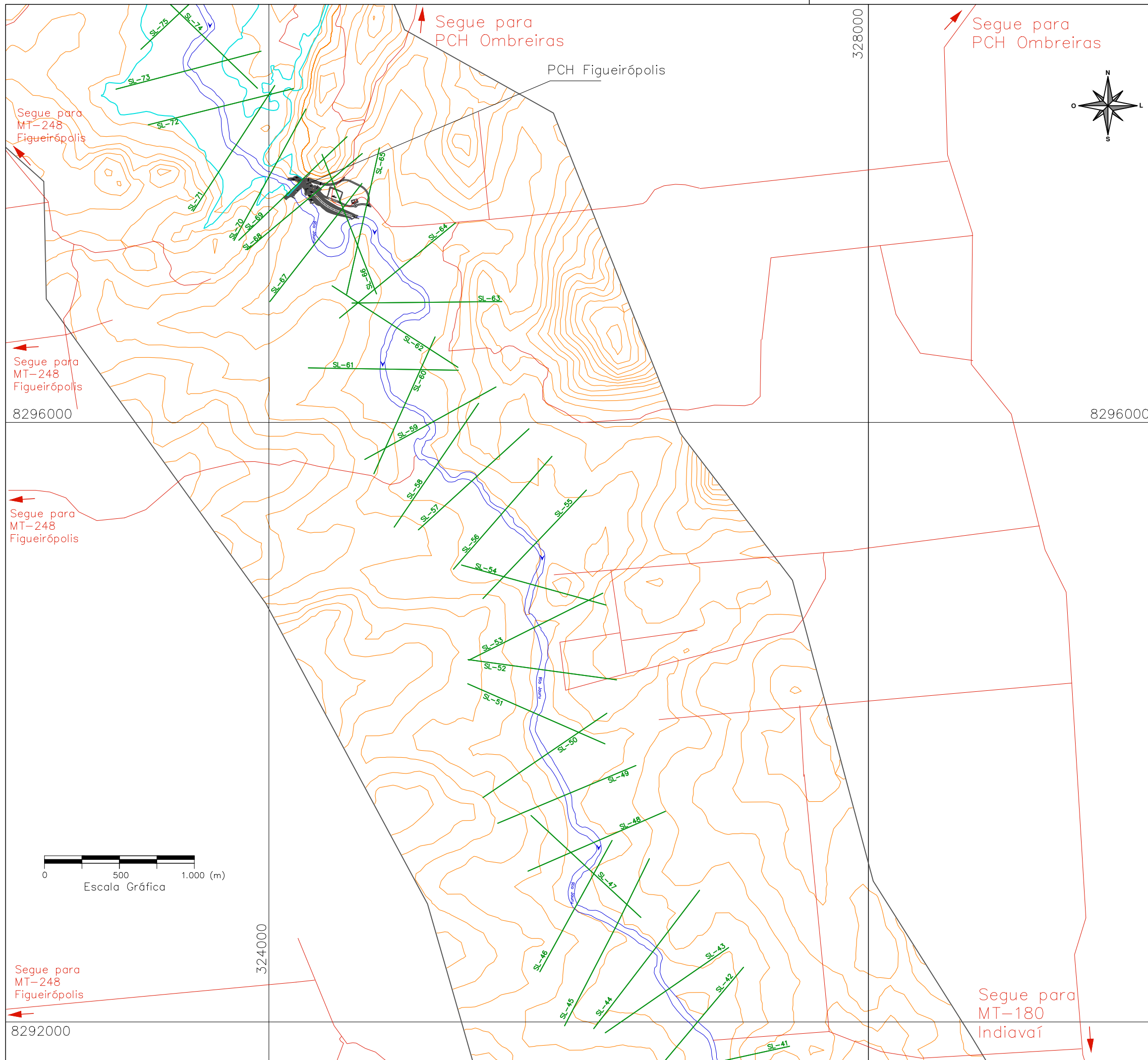
00	EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí		
CLIENTE	Indiavaí Energética S.A.		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 02/04		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	04
PROJETO	Henrique		12
DESENHO	Henrique	DATA	03/2019
Nº DOCUMENTO	IND-C-SRE-003-00-19	REV.	00
		DATA	22/03/19



CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
PORTARIA	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
RESERVATÓRIO	

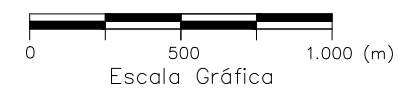
00	EMIÇÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

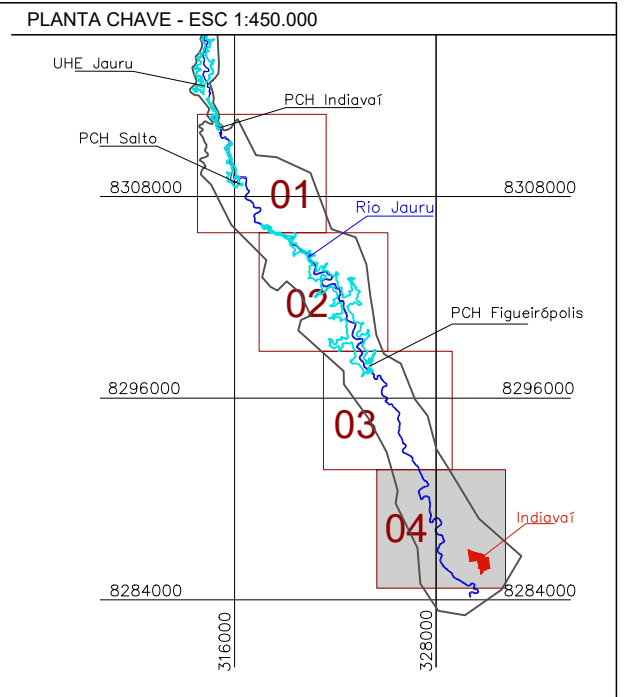
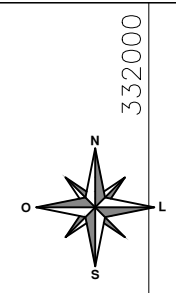
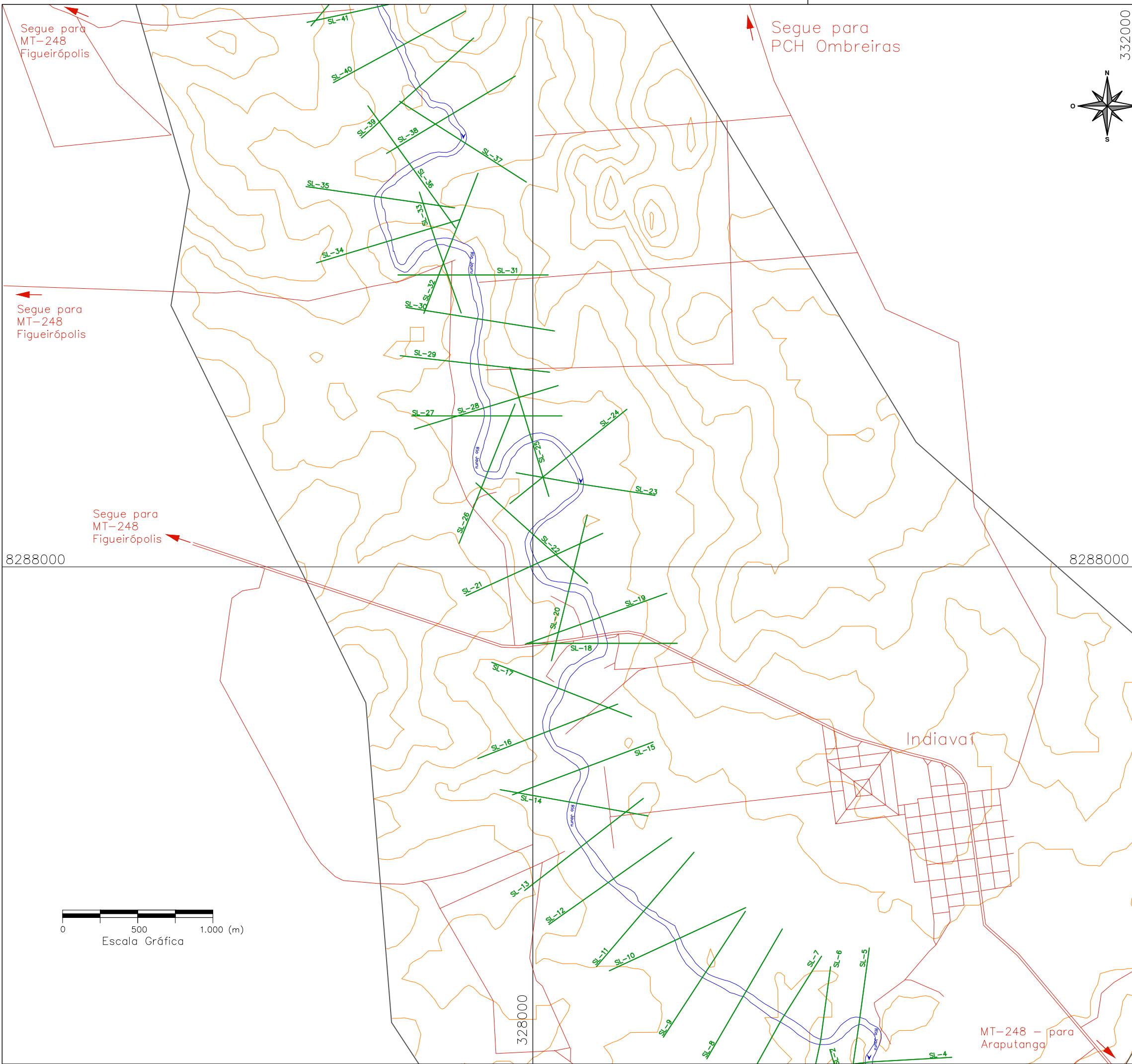


ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí		
CLIENTE	Indiavaí Energética S.A.		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 03/04		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	05
PROJETO	Henrique		12
DESENHO	Henrique	DATA 03/2019	ESCALA 1:25.000
Nº DOCUMENTO	IND-C-SRE-003-00-19	REV. 00	DATA 22/03/19





CONVENÇÕES

CURVA 10 m	
ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
PORTARIA	
RIO PERENE	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
RESERVATÓRIO	

00	EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

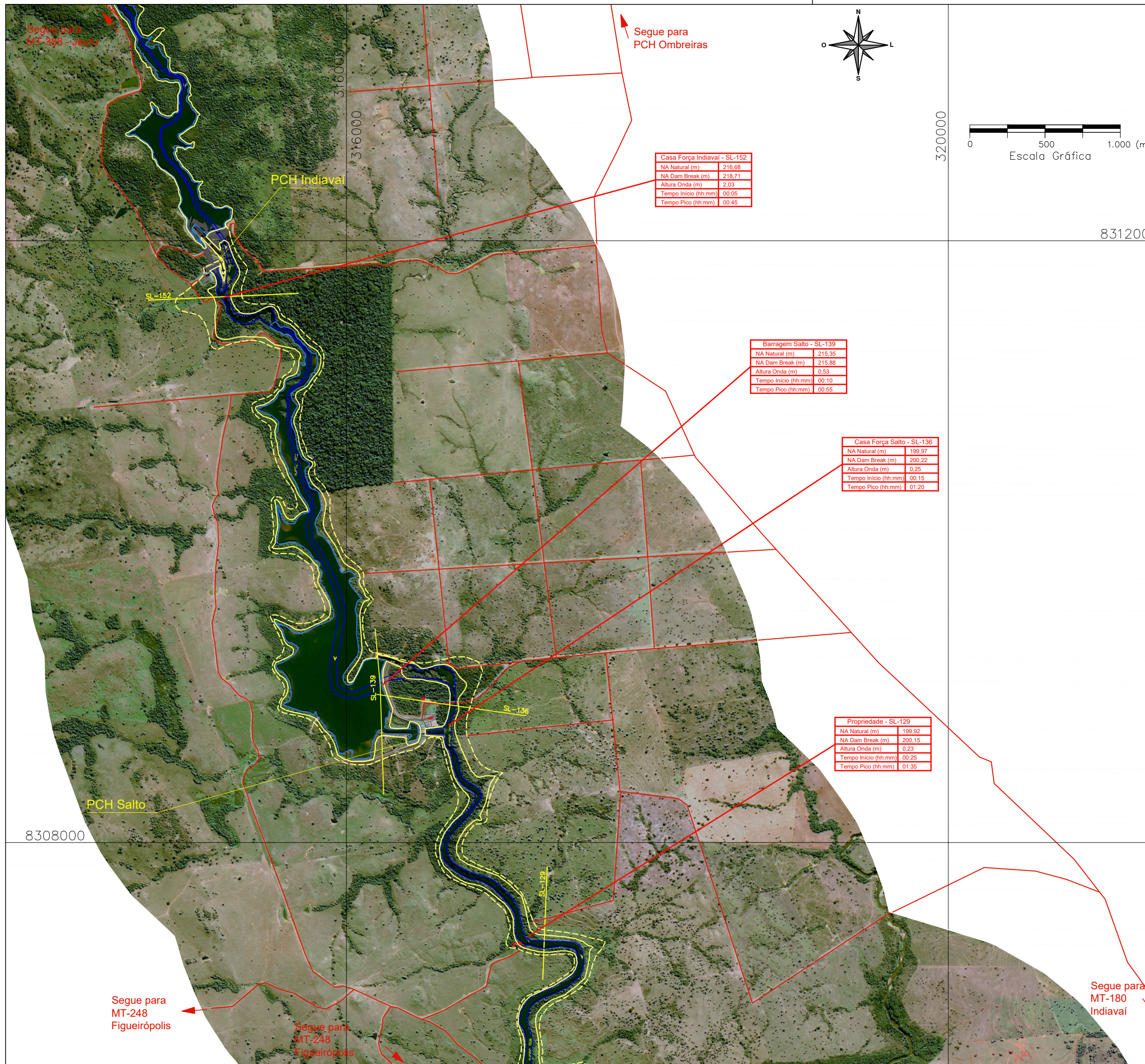


ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí		
CLIENTE	Indiavaí Energética S.A.		
REFERÊNCIA	Seções da Restituição Localização das Seções - FI 04/04		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	06
PROJETO	Henrique		12
DESENHO	Henrique	DATA 03/2019	ESCALA 1:25.000
Nº DOCUMENTO	IND-C-SRE-003-00-19	REV. 00	DATA 22/03/19

MT-248 - para Araputanga

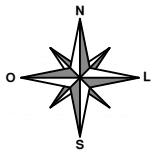


Casa Força Indiavaí - SL-152	
NA Natural (m)	216,68
NA Dam Break (m)	218,71
Altura Onda (m)	2,03
Tempo Início (hh:mm)	00:05
Tempo Pico (hh:mm)	00:45

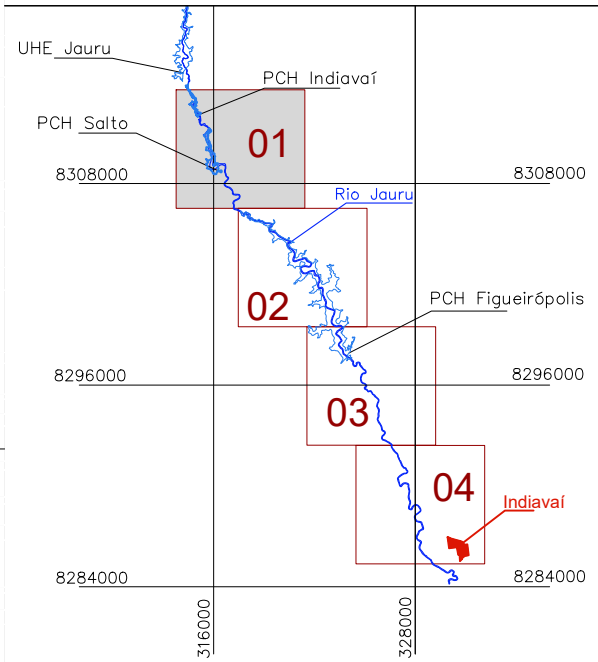
Barragem Salto - SL-139	
NA Natural (m)	215,35
NA Dam Break (m)	215,88
Altura Onda (m)	0,53
Tempo Início (hh:mm)	00:10
Tempo Pico (hh:mm)	00:55

Casa Força Salto - SL-136	
NA Natural (m)	199,97
NA Dam Break (m)	200,22
Altura Onda (m)	0,25
Tempo Início (hh:mm)	00:15
Tempo Pico (hh:mm)	01:20

Propriedade - SL-129	
NA Natural (m)	199,92
NA Dam Break (m)	200,15
Altura Onda (m)	0,23
Tempo Início (hh:mm)	00:25
Tempo Pico (hh:mm)	01:35



PLANTA CHAVE - ESC 1:450.000



CONVENÇÕES

- ESTRADAS e ACESSOS
- EDIFICAÇÃO
- HIDROGRAFIA RIO JAURU
- SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO SL-200
- MAPA INUNDAÇÃO NATURAL
- MAPA INUNDAÇÃO ROMPIMENTO

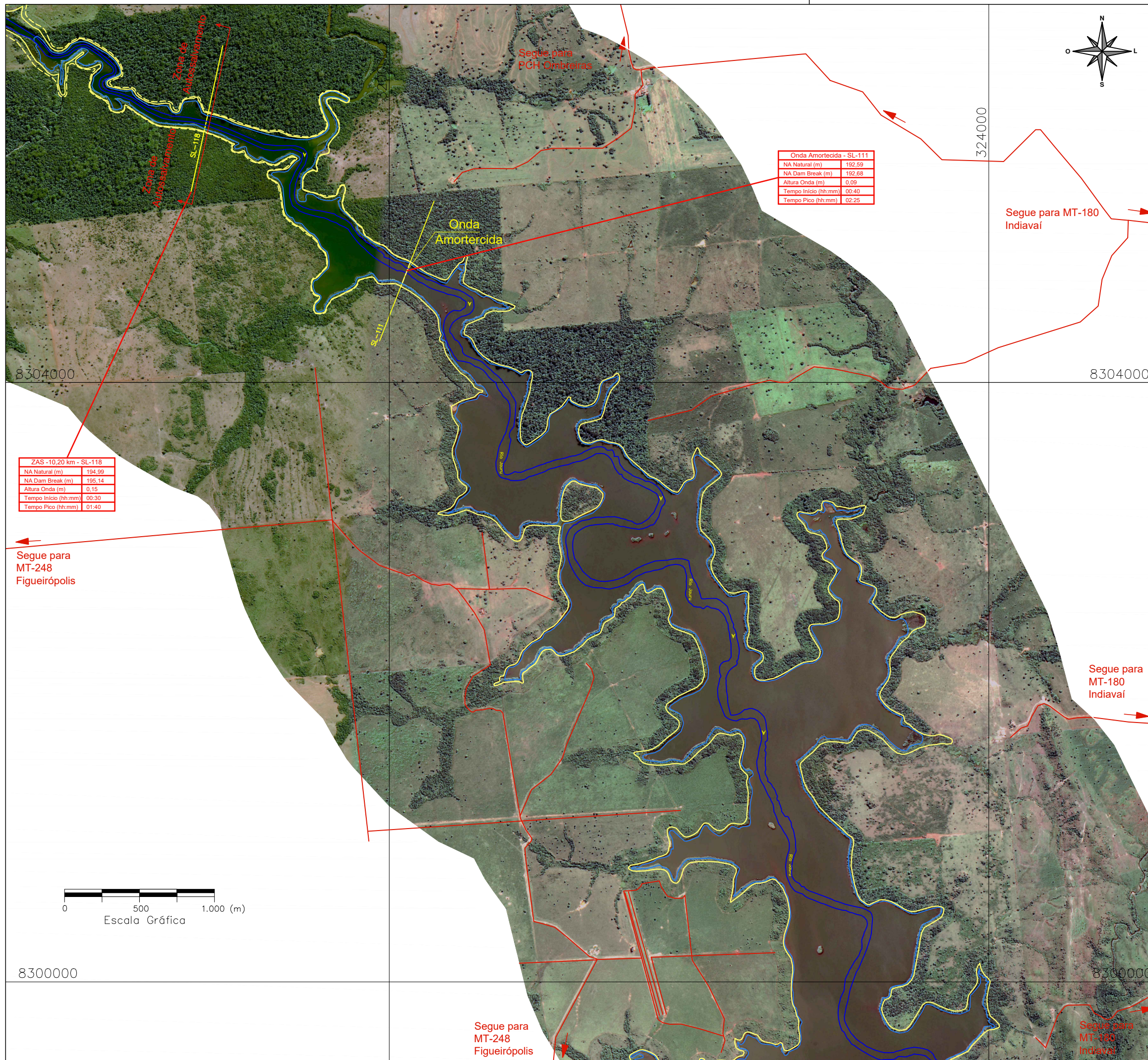
00	EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

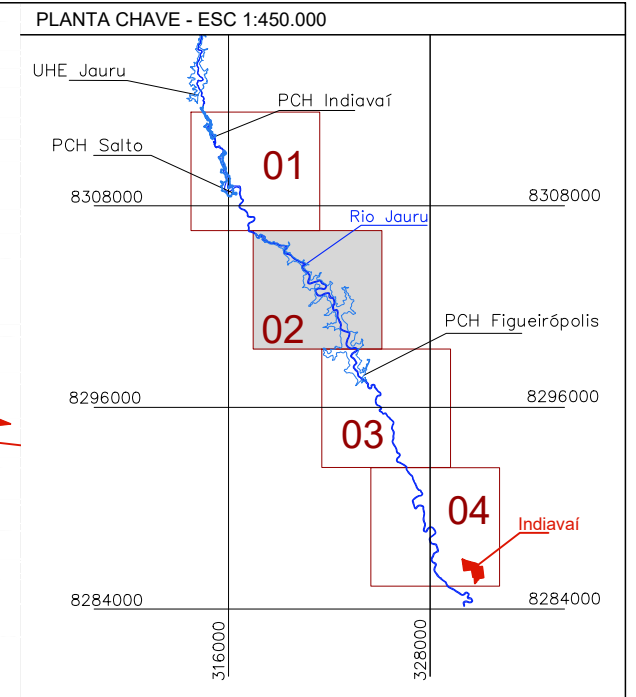


PROJETO		Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí	
CLIENTE		Indiavaí Energética S.A.	
REFERÊNCIA		Mapa de Inundação - TR 10.000 Natural e Dam Break - FI 01/04	
RESP. TÉCNICO	PRANCHA		
Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	07		
PROJETO	DESENHO	DATA	ESCALA
Henrique	Henrique	03/2019	1:25.000
Nº DOCUMENTO	REV.	DATA	
IND-C-MPI-004-00-19	00	22/03/19	



Onda Amortecida - SL-111	
NA Natural (m)	192,59
NA Dam Break (m)	192,68
Altura Onda (m)	0,09
Tempo Inicio (hh:mm)	00:40
Tempo Pico (hh:mm)	02:25

ZAS -10,20 km - SL-118	
NA Natural (m)	194,99
NA Dam Break (m)	195,14
Altura Onda (m)	0,15
Tempo Inicio (hh:mm)	00:30
Tempo Pico (hh:mm)	01:40



CONVENÇÕES

ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
MAPA INUNDAÇÃO NATURAL	
MAPA INUNDAÇÃO ROMPIMENTO	

00	EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:
PROSENGE
 projetos e engenharia

PROJETO: Plano de Ação de Emergências
 PCH Indavaí

CLIENTE: Indavaí Energética S.A.

REFERÊNCIA: Mapa de Inundação - TR 10.000
 Natural e Dam Break - FI 02/04

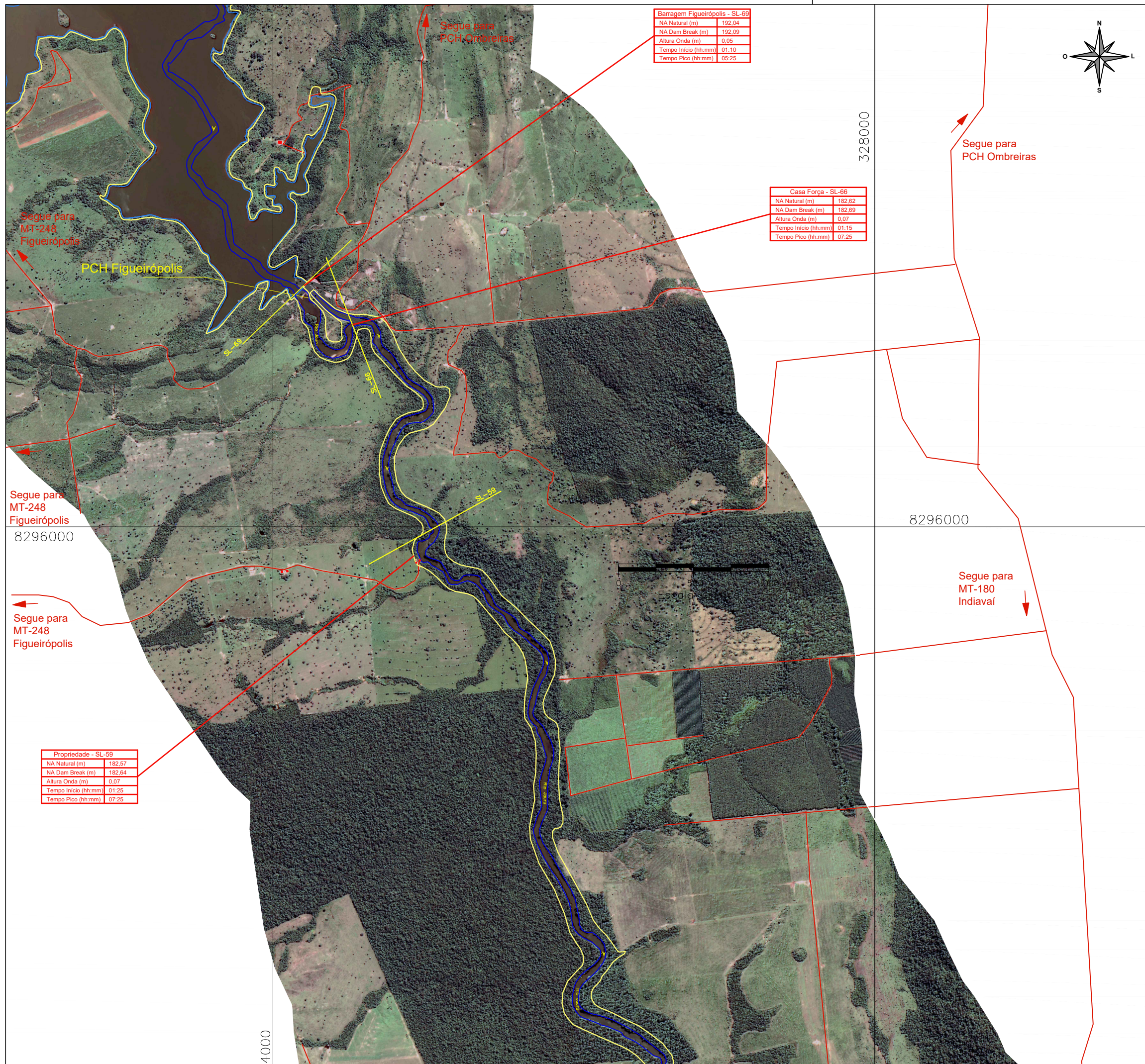
RESP. TÉCNICO: Eng. Henrique Yabrudi Vieira
 CREA 61.964 / D

PROJETO: Henrique

DESENHO: Henrique

Nº DOCUMENTO: IND-C-MPI-004-00-19

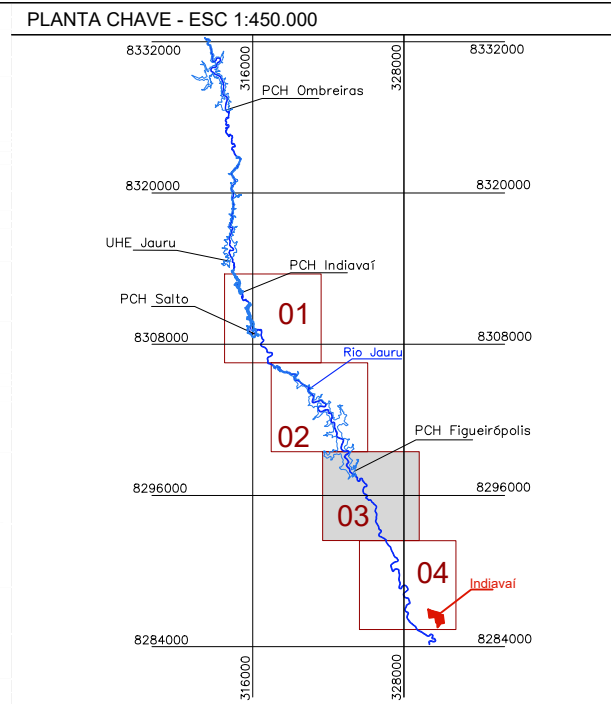
PRANCHA: **08**
 ESCALA: 1:25.000
 DATA: 03/03/19



Barragem Figueirópolis - SL-69	
NA Natural (m)	192,04
NA Dam Break (m)	192,09
Altura Onda (m)	0,05
Tempo Início (hh:mm)	01:10
Tempo Pico (hh:mm)	05:25

Casa Força - SL-66	
NA Natural (m)	182,62
NA Dam Break (m)	182,69
Altura Onda (m)	0,07
Tempo Início (hh:mm)	01:15
Tempo Pico (hh:mm)	07:25

Propriedade - SL-59	
NA Natural (m)	182,57
NA Dam Break (m)	182,64
Altura Onda (m)	0,07
Tempo Início (hh:mm)	01:25
Tempo Pico (hh:mm)	07:25



CONVENÇÕES

ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
MAPA INUNDAÇÃO NATURAL	
MAPA INUNDAÇÃO ROMPIMENTO	

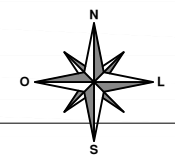
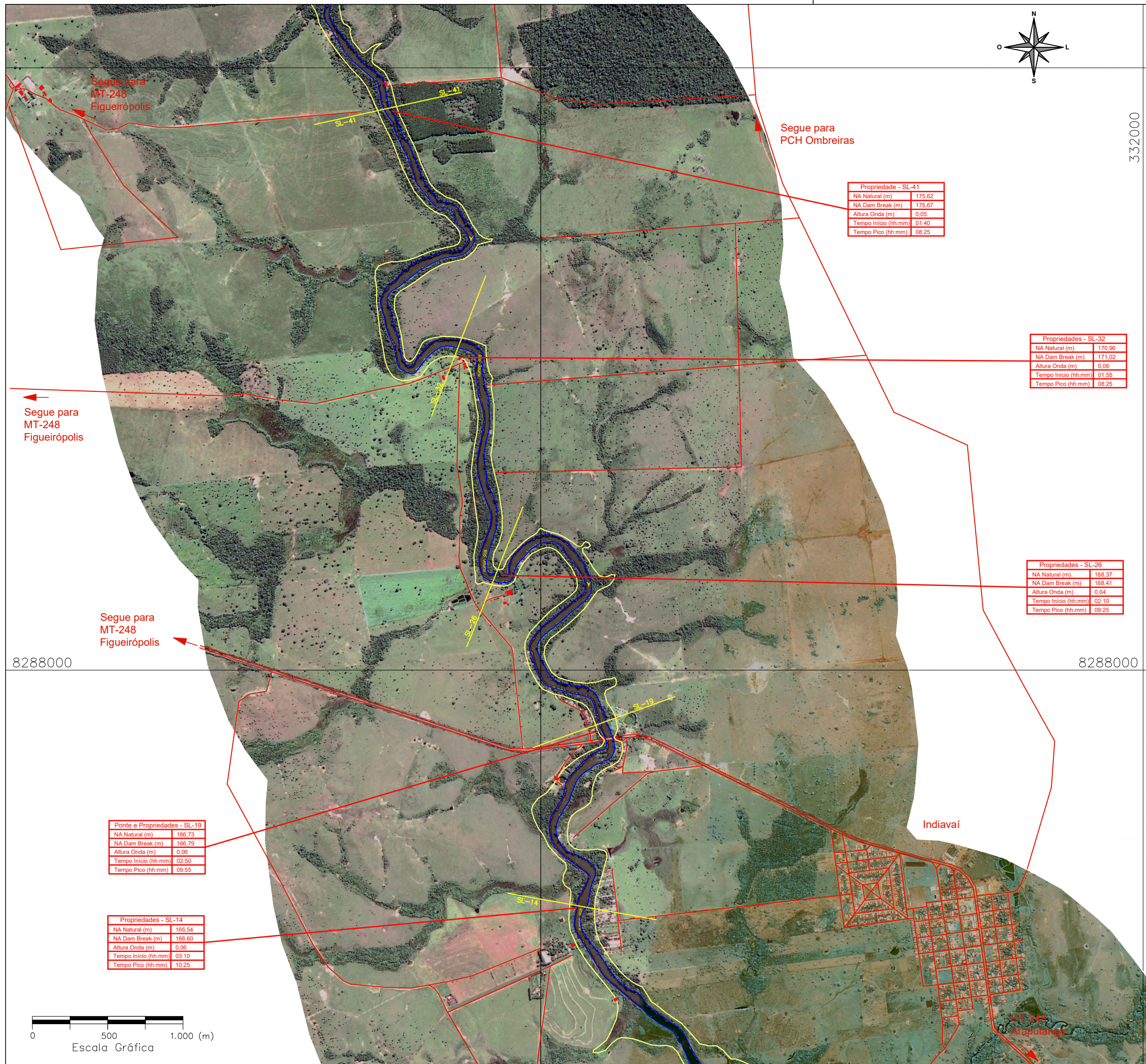
00	EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA



ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí		
CLIENTE	Indiavaí Energética S.A.		
REFERÊNCIA	Mapa de Inundação - TR 10.000 Natural e Dam Break - FI 03/04		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	09
PROJETO	Henrique		12
DESENHO	Henrique	DATA 03/2019	ESCALA 1:25.000
Nº DOCUMENTO	IND-C-MPI-004-00-19	REV. 00	DATA 22/03/19



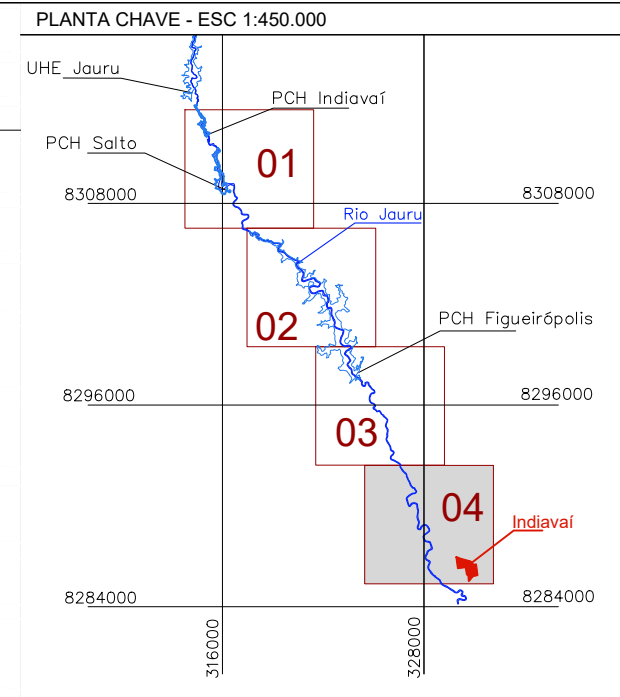
Propriedade - SL-41	
NA Natural (m)	175,62
NA Dam Break (m)	175,67
Altura Onda (m)	0,05
Tempo Início (hh:mm)	01:40
Tempo Pico (hh:mm)	08:25

Propriedades - SL-32	
NA Natural (m)	170,96
NA Dam Break (m)	171,02
Altura Onda (m)	0,06
Tempo Início (hh:mm)	01:55
Tempo Pico (hh:mm)	08:25

Propriedades - SL-26	
NA Natural (m)	168,37
NA Dam Break (m)	168,41
Altura Onda (m)	0,04
Tempo Início (hh:mm)	02:10
Tempo Pico (hh:mm)	09:25

Ponte e Propriedades - SL-19	
NA Natural (m)	166,73
NA Dam Break (m)	166,79
Altura Onda (m)	0,06
Tempo Início (hh:mm)	02:50
Tempo Pico (hh:mm)	09:55

Propriedades - SL-14	
NA Natural (m)	166,54
NA Dam Break (m)	166,60
Altura Onda (m)	0,06
Tempo Início (hh:mm)	03:10
Tempo Pico (hh:mm)	10:25



CONVENÇÕES

ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
MAPA INUNDAÇÃO NATURAL	
MAPA INUNDAÇÃO ROMPIMENTO	

00	EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

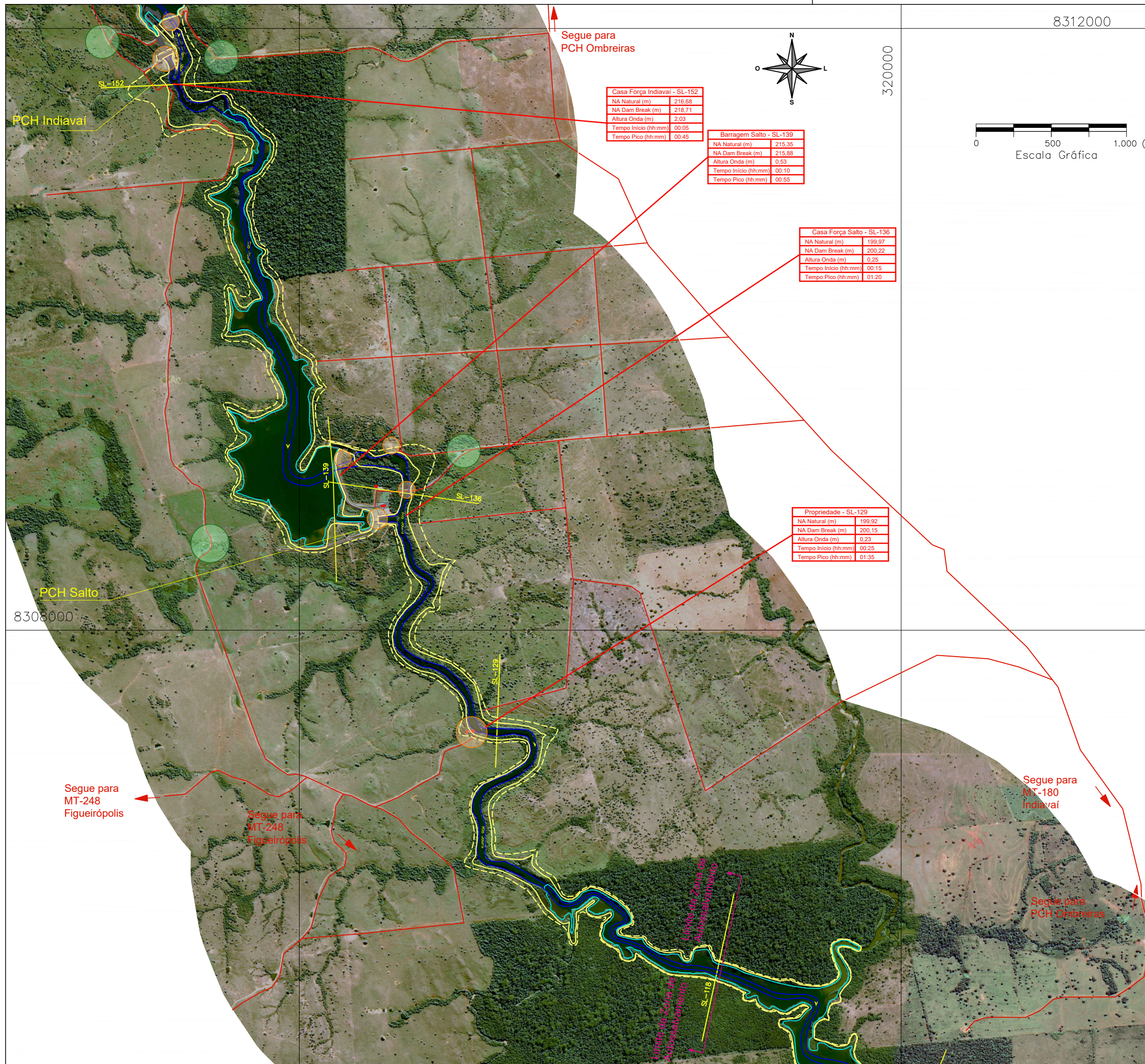


ELABORADO POR:
PROSENGE
 projetos e engenharia

PROJETO: Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí
 CLIENTE: Indiavaí Energética S.A.

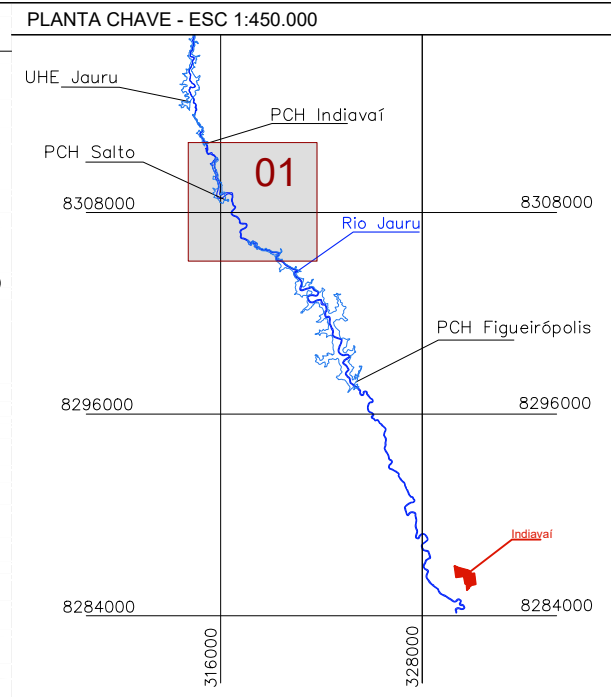
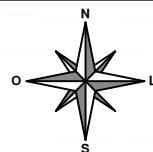
REFERÊNCIA: Mapa de Inundação - TR 10.000 Natural e Dam Break - FI 04/04

RESP. TÉCNICO Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA 10 12
PROJETO Henrique	DESENHO Henrique
Nº DOCUMENTO IND-C-MPI-004-00-19	DATA 03/2019
REV. 00	ESCALA 1:25.000
	DATA 22/03/19



8312000

320000



CONVENÇÕES

ESTRADAS e ACESSOS	
EDIFICAÇÃO	
HIDROGRAFIA	
SEÇÃO NA RESTITUIÇÃO	
MAPA INUNDAÇÃO NATURAL	
MAPA INUNDAÇÃO ROMPIMENTO	
ZONA DE AUTOSSALVAMENTO	
PONTO DE ENCONTRO	
LIMITE DA ZAS	

00	EMISSÃO INICIAL	HYV	HYV	22/03/19
	REVISÃO	VERIF.	APROV.	DATA

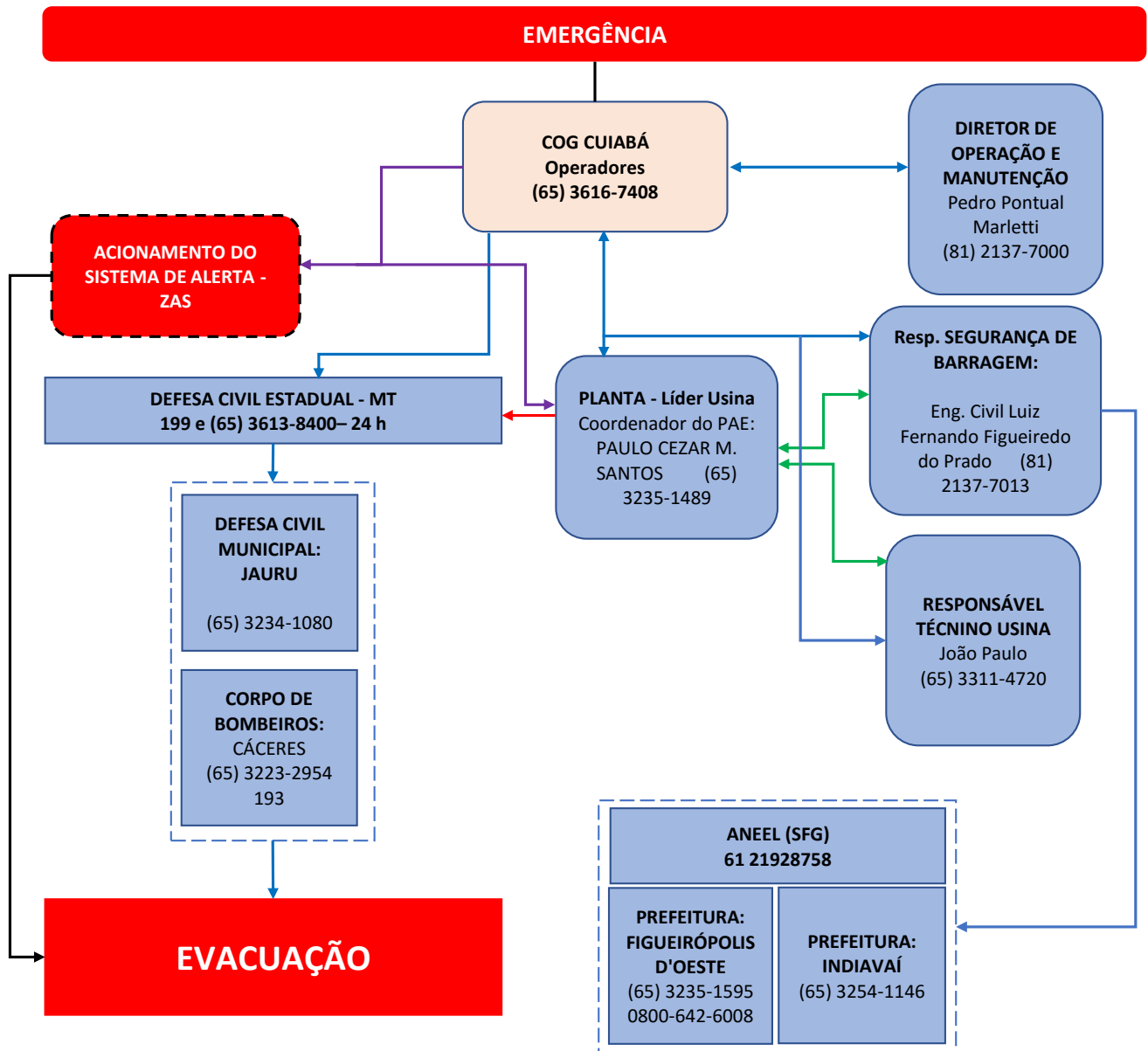


ELABORADO POR:

PROSENGE
projetos e engenharia

PROJETO	Plano de Ação de Emergências PCH Indiavaí		
CLIENTE	Indiavaí Energética S.A.		
REFERÊNCIA	Zona de Autossalvamento Pontos de Encontro		
RESP. TÉCNICO	Eng. Henrique Yabrudi Vieira CREA 61.964 / D	PRANCHA	11
PROJETO	Henrique		12
DESENHO	Henrique	DATA	03/2019
Nº DOCUMENTO	IND-C-ZAS-005-00-19	REVISÃO	00
		DATA	22/03/19

PCH INDIAVAÍ



LEGENDA:

- ← Fluxo normal de informações.
- ← Fluxo de informação caso haja falha no sistema de comunicação do COG.
- ← Fluxo de informação partirá do líder da usina em horário comercial e do COG fora do horário comenrcial, feriados e finais de semana.
- ← Fluxo caso necessário. O primeiro contato será realizado pelo COG.

Tabela 1 - Atingidos ZAS

ZAS	Contato
UHE JAURU	(11) 5033-8889 / (11) 95302-8727
PCH SALTO	(65) 3056-9544 / (66) 99998-6045
PCH FIGUEIRÓPOLIS	(11) 4532-1434

ANEXO II – APRESENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS



BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENCE
projetos e engenharia

APRESENTAÇÃO



RESPONSÁVEIS

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Indiavaí Energética S.A. – CNPJ 04.760.345/0002-85

Endereço: Estrada da Queiroz Galvão sn - km 45 - Zona Rural – Jauru MT

Coordenadas da Usina – Latitude 15°15'18" S – Longitude 58°42'58" O

Potência Instalada 28,00 MW – Rio Jauru

Telefone: (65) 3235-1489

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

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

1. CARACTERÍSTICAS DA PCH INDIAVAÍ

- ✓ Potência Instalada 28,00 MW – 4 Francis Horizontal
- ✓ NA Normal Montante – 248,75 m;
- ✓ NA Máximo Maximorum Montante – 250,90 m (TR 1.000 anos);
- ✓ Vertedouro Soleira Livre – capacidade 900,00 m³/s (Proj Básico);
- ✓ Barragem enrocamento com núcleo argila – H_{máx} = 38,00 m;
- ✓ Cota Proteção Barramento – 252,40 m.



BRENNAND
energia

PCH INDIRAÍ

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENCE
projetos e engenharia

1. CARACTERÍSTICAS DA PCH INDIRAÍ



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.

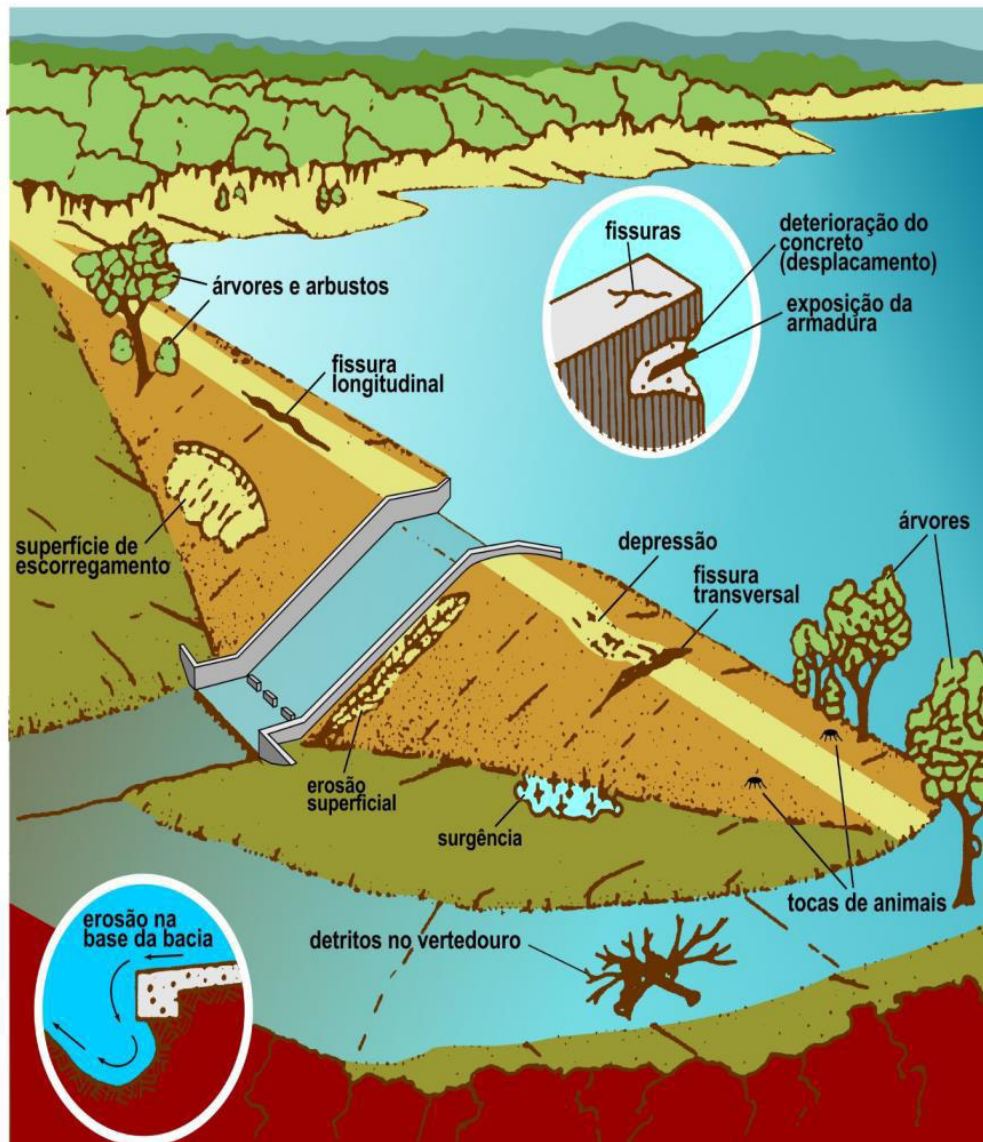
As causas:

- 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.

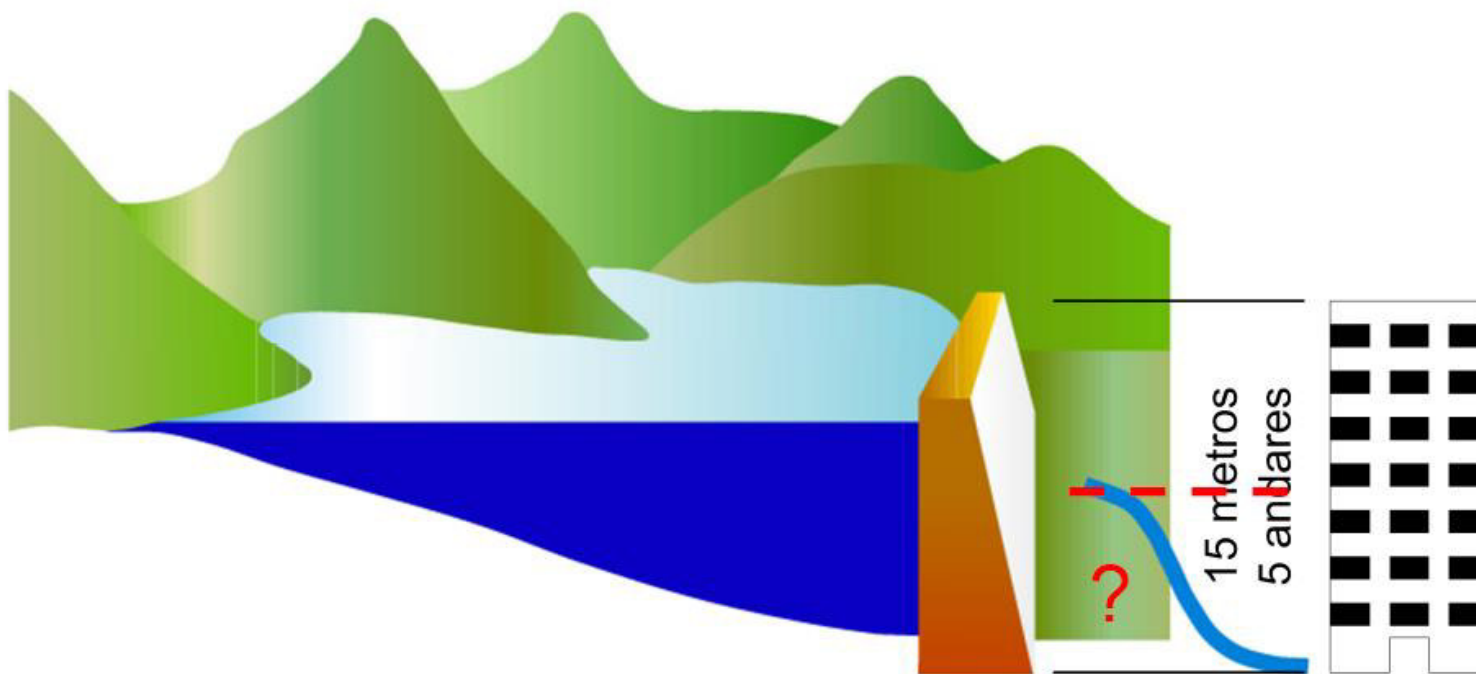
A correção das anomalias observadas logo no seu início evitam maiores consequências para as estruturas.



4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

I – Altura da Barragem ≥ 15 m (quinze metros) → **PCH INDIAVAÍ: h = 38,00 m**



PCH INDIAVAÍ → Necessário Plano de Segurança da Barragem

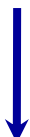


4. LEI Nº 12.334/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Aplicação da Lei:

II – Volume reservatório

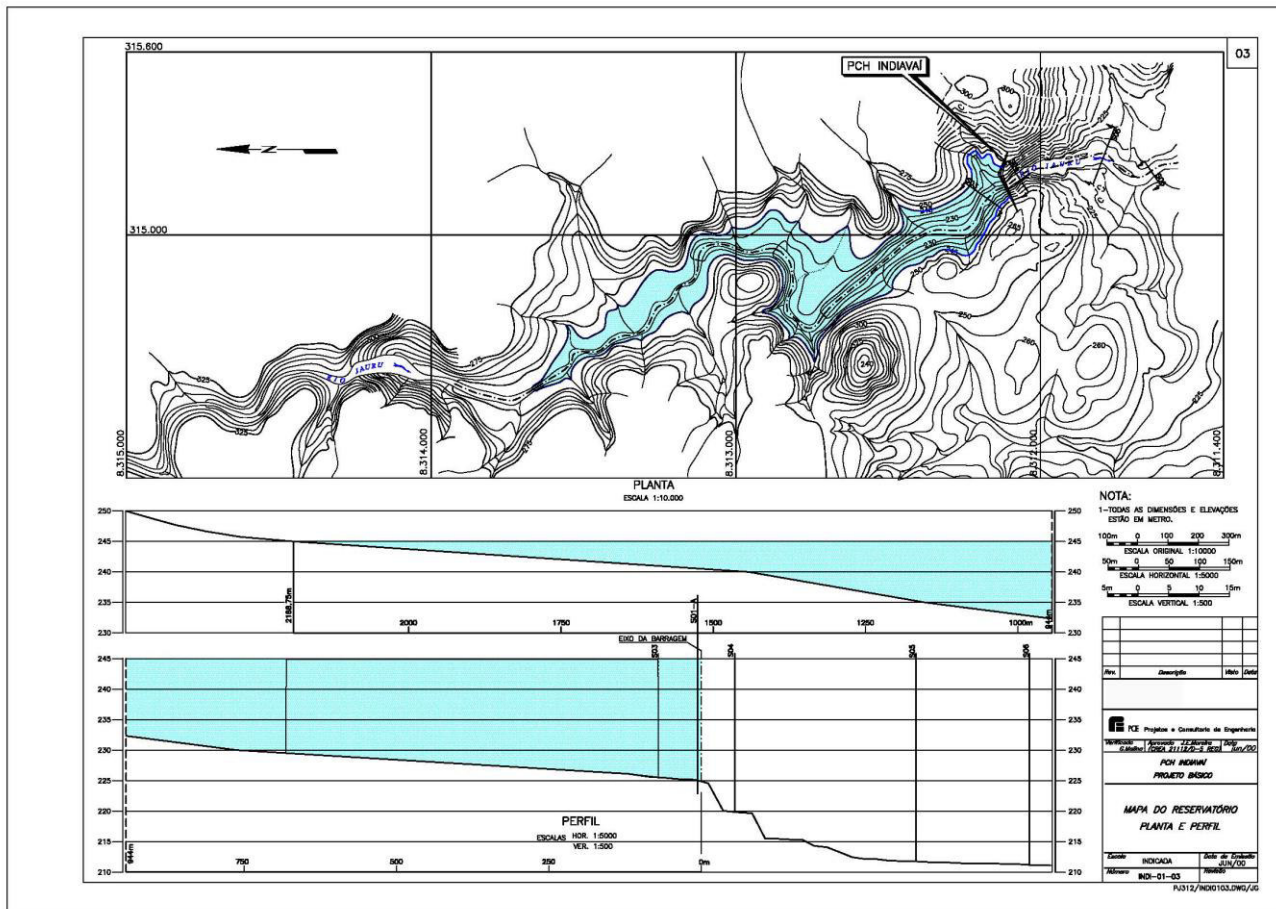
\geq
3.000.000 m³ (3 hm³)



PCH INDIAVAÍ



2,05 hm³



PCH INDIAVAÍ → Não seria Necessário Plano de Segurança da Barragem



BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENCE
projetos e engenharia

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



BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

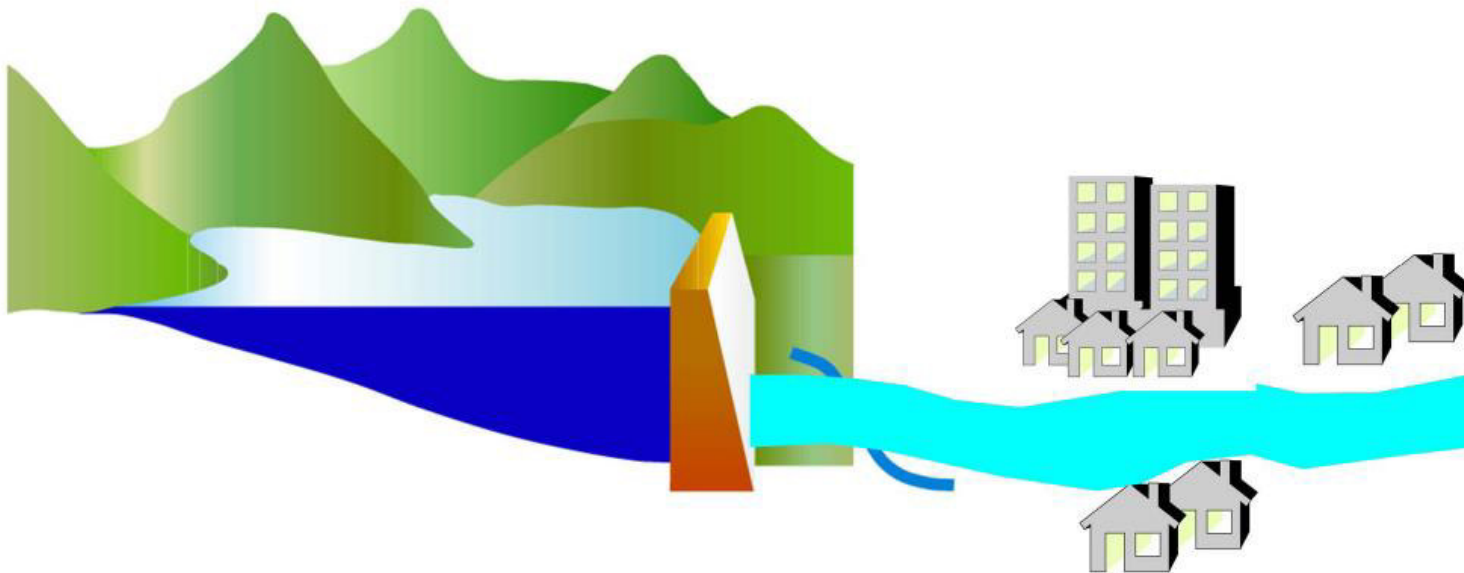
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENCE
projetos e engenharia

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 INDIAVAÍ 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 INDIAVAÍ:

- *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



BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

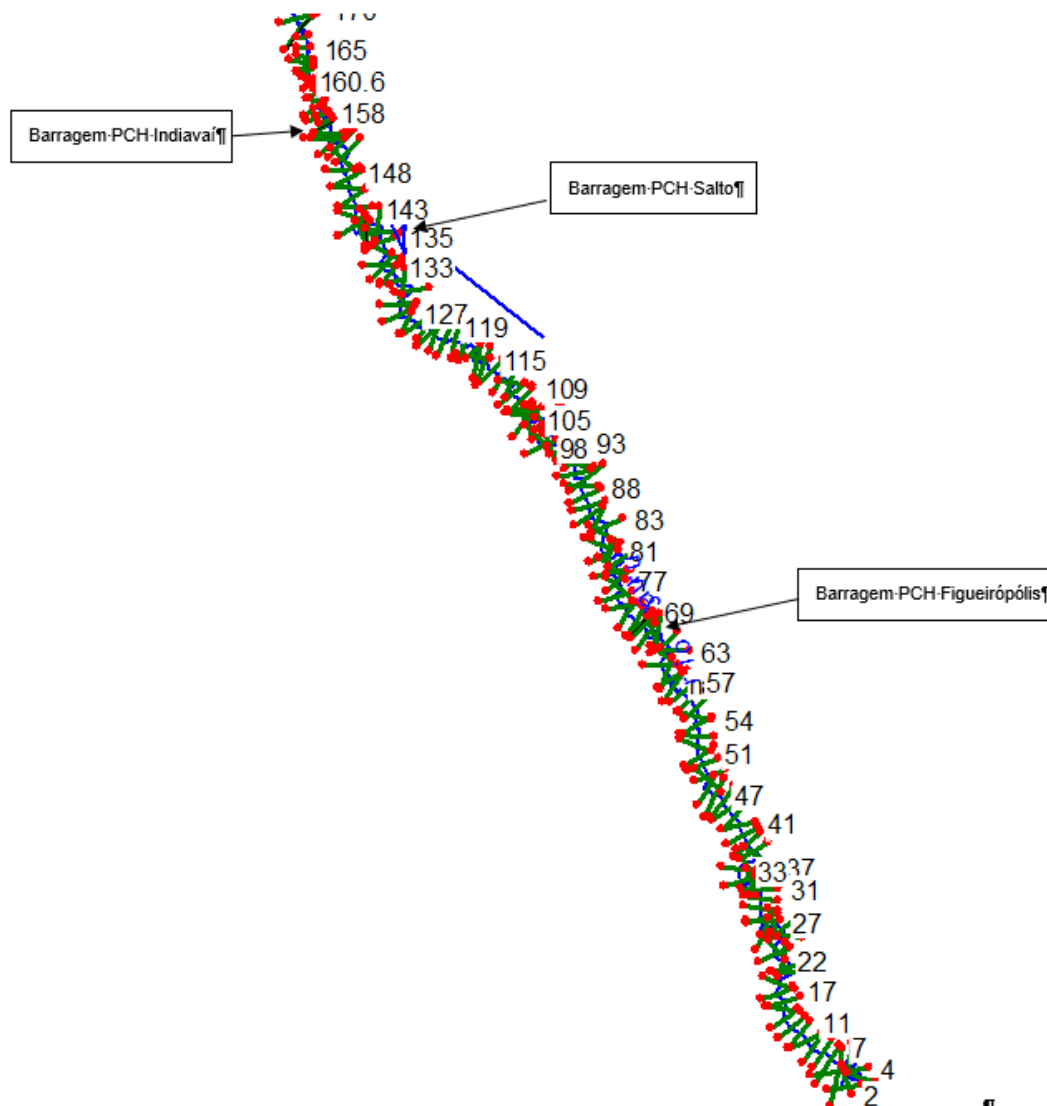
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENCE
projetos e engenharia

6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

6.1 Programa Computacional

HEC-RAS 5.0.5 (desenvolvido por U.S. Army Corps of Engineers)





BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

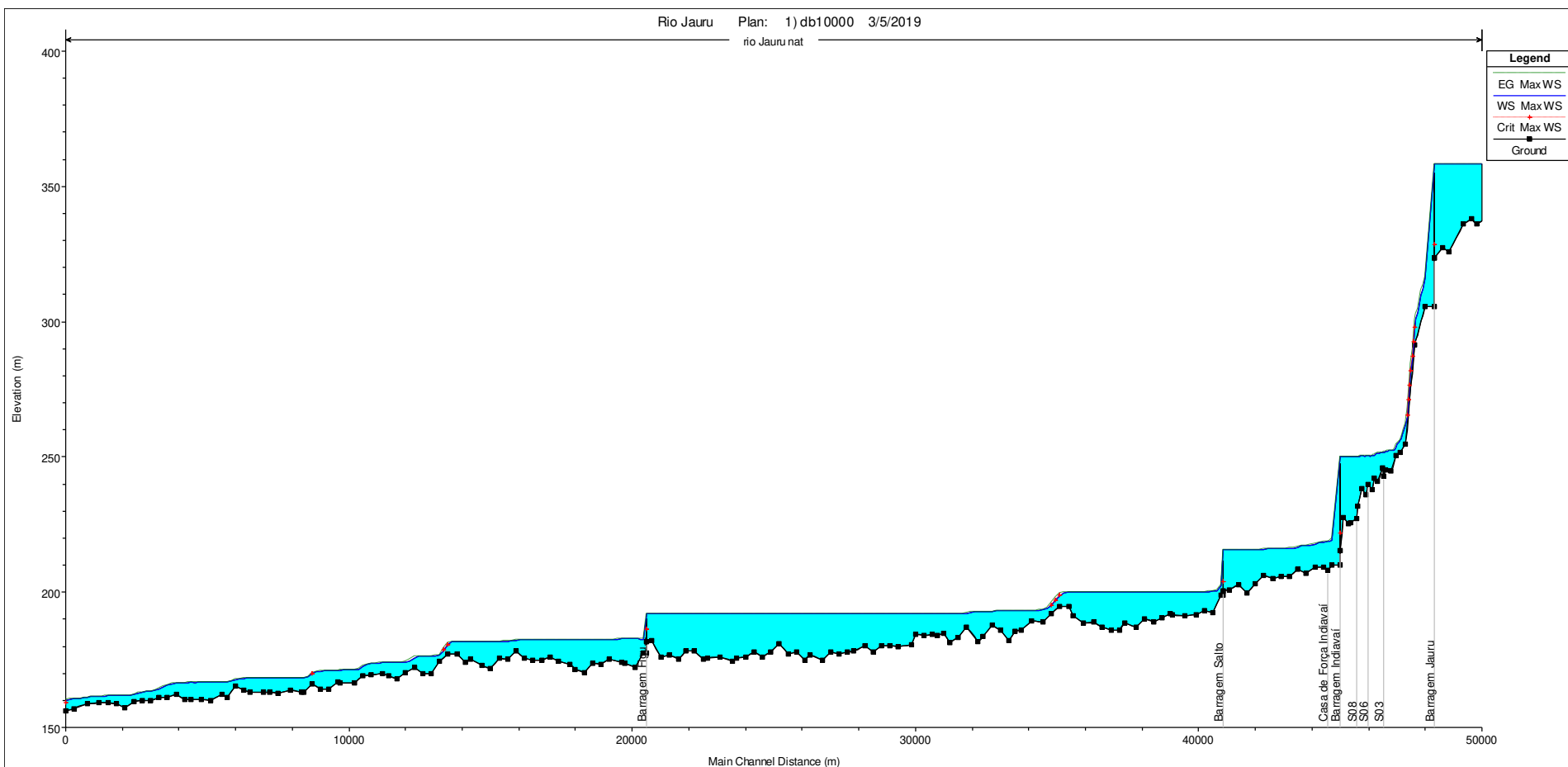
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENGE
projetos e engenharia

6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

6.2 Dados de entrada

- ✓ Geografia da região e geometria do rio;





BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

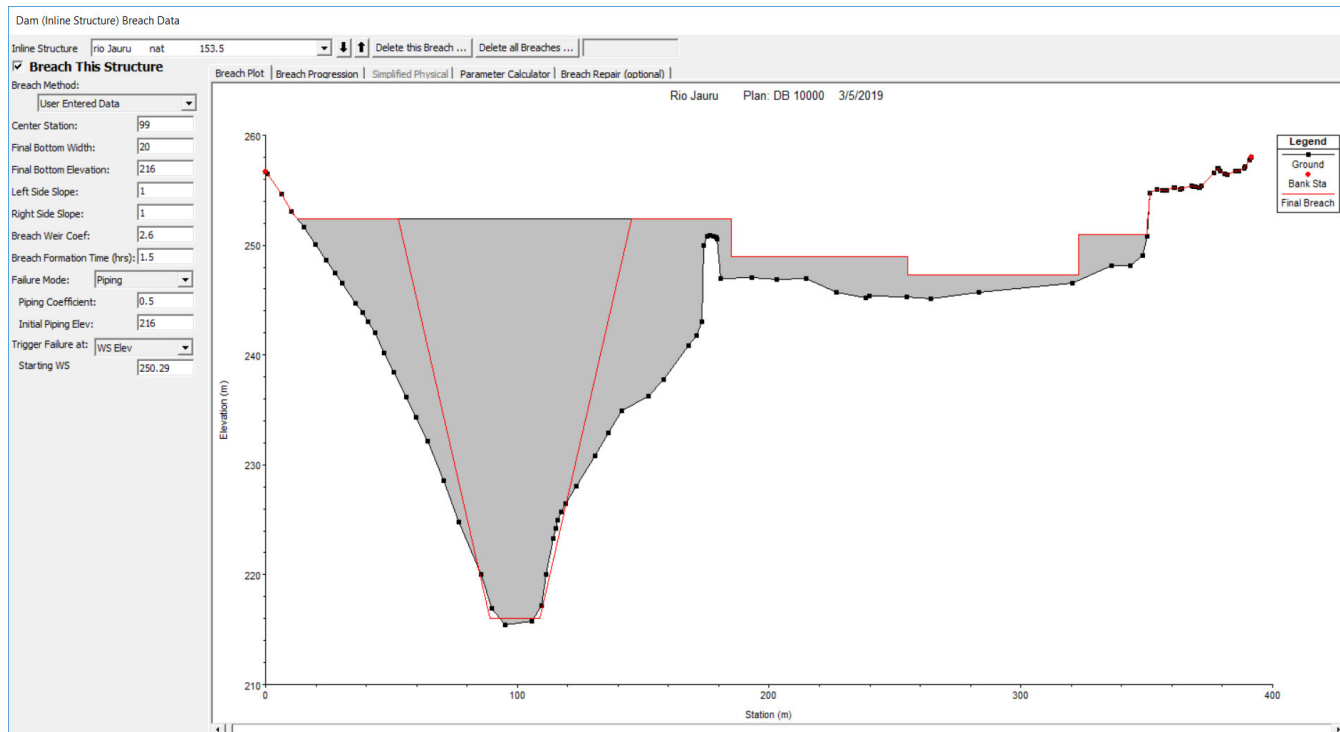
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENCE
projetos e engenharia

6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

6.2 Dados de entrada

- ✓ Geografia da Barragem;





6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

6.3 Resultados das Simulações

Seções de Interesse	Cota de Proteção (m)	Distância em Relação Barragem PCH Ombreiras (km)	DB 10.000 anos							
			Tempo (hh:mm)			Nível de água (m)				
			Δ Início Onda	Δ Pico Onda	Duração	Normal	Rompimento	Máxima Onda		
Barragem Ombreiras - Tempo após Rompimento										
Rio Jauru	152	Casa de Força Indiauí	216,50	0,45	00:05	00:45	06:20	216,68	218,71	2,03
	139	Barragem PCH Salto	215,50	4,13	00:10	00:55	08:45	215,35	215,88	0,53
	136	Casa de Força Salto		4,80	00:15	01:20	11:10	199,97	200,22	0,25
	129	Propriedades		6,90	00:25	01:35	11:00	199,92	200,15	0,23
	118	Limite do ZAS		10,20	00:30	01:40	11:55	194,99	195,14	0,15
	111	Amortecimento da onda		12,30	00:40	02:25	15:45	192,59	192,68	0,09

- Após a Seção SL-111 a altura máxima da onda de cheia associada ao rompimento da barragem é menor que 10 cm, assim a partir desta seção a onda pode ser considerada amortecida.

6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

6.4 Zona de Autossalvamento - ZAS

No estudo de rompimento da barragem da PCH INDIAVAÍ → ZAS se encontra a 10,20 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 a casa de força da PCH Indiavaí, a barragem e casa de força da PCH Salto (cuja cota de proteção da Casa de Força não foi informada) e propriedades localizadas na seção SL-129 que poderão ser afetadas pela onda de cheia e/ou pela ruptura da barragem.

O desenho da ZAS indica os locais que devem ser evacuados na ocorrência do alerta de rompimento (círculos em laranja) e os pontos de encontro mais próximos que são os locais seguros na ocorrência do rompimento (círculos em verde).



BRENNAND
energia

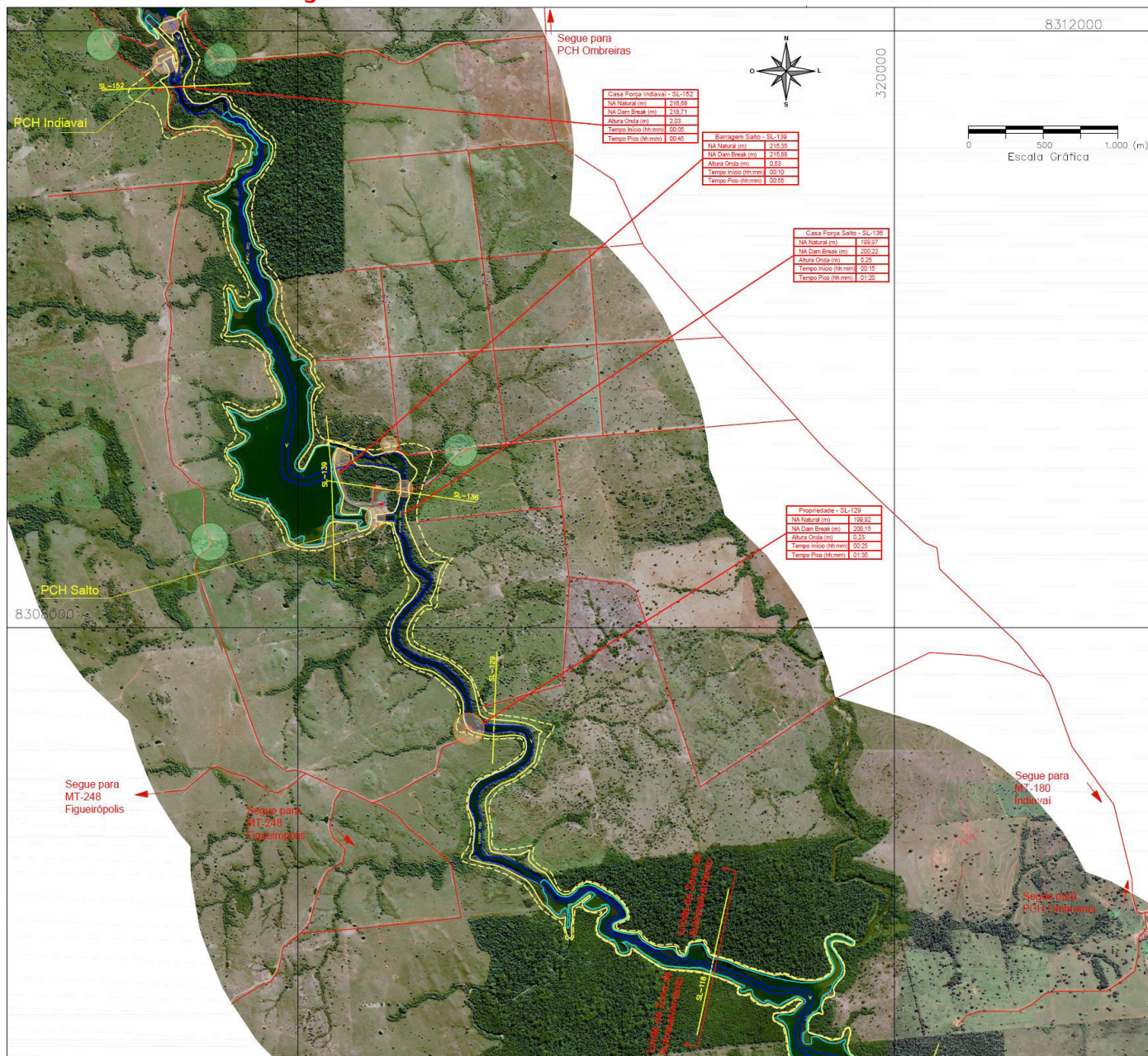
PCH INDIAVAÍ

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENGE
projetos e engenharia

6. ESTUDO ROMPIMENTO DA BARRAGEM

6.4 Zona de Autossalvamento - ZAS

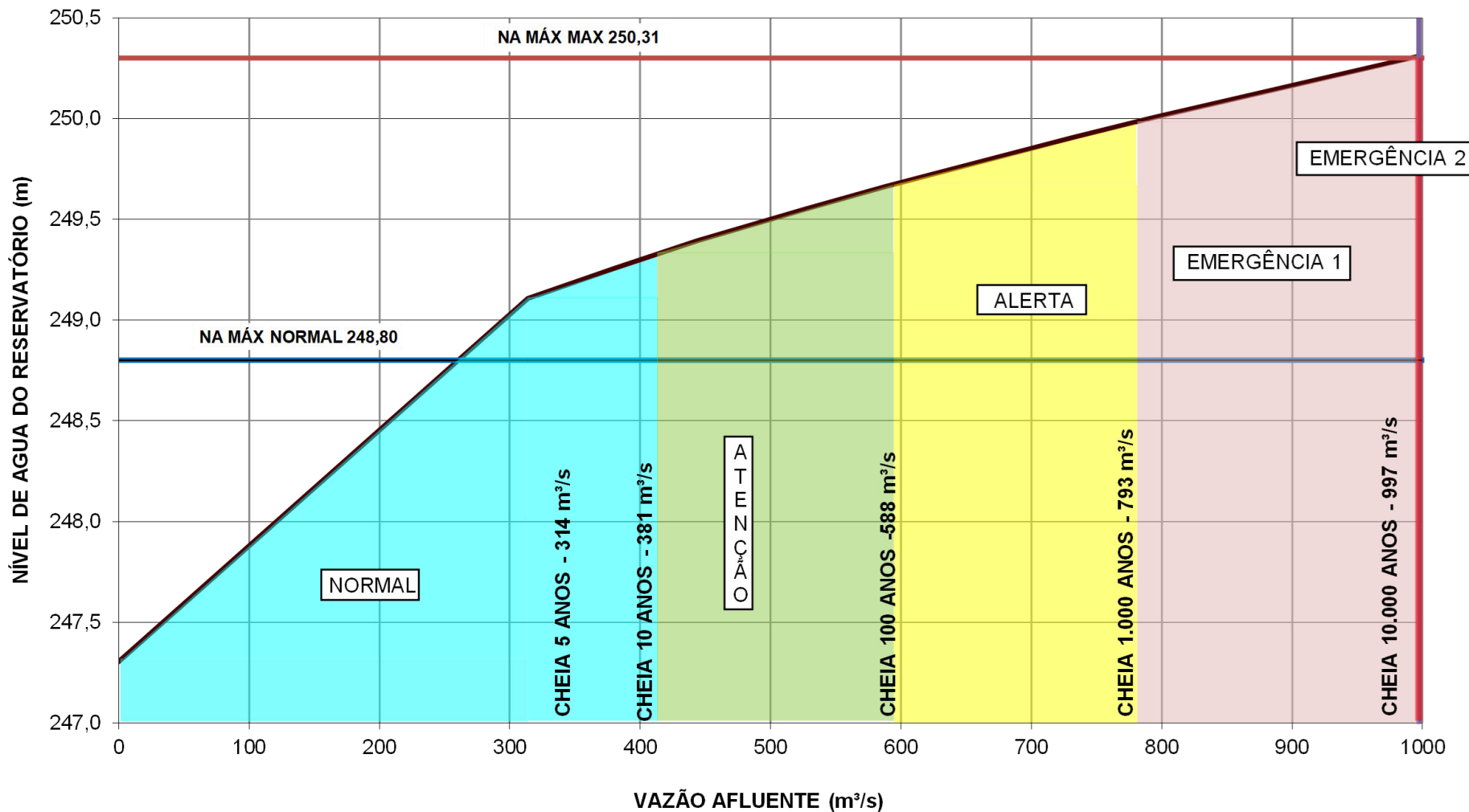




7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

7.1 Condição Hidrológica

PCH INDIAVAÍ - CURVA REFERENCIAL PARA OPERAÇÃO





BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENGE
projetos e engenharia

7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

7.1 Condição Hidrológica e Estrutural

Nível de Segurança	Condições e Situações
Nível Normal (azul) a) Operação normal das estruturas de descarga	a) cheia até 381 m ³ /s (TR até 10 anos) – Realizar o monitoramento das precipitações e vertimento das usinas de montante.
Nível Atenção (verde)	a) cheia de 381 até 588 m ³ /s (TR entre 10 e 100 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente.
Nível Alerta (amarelo) b) 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 588 até 793 m ³ /s (TR entre 100 e 1.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades; b) manutenção imediata para reduzir a infiltração ou no sistema de operação do vertedouro.
Nível Emergência 1 (Rosa) b) Infiltração sem controle ou nível do reservatório chegando na cota de coroamento da barragem com vertedouro sem condições de operação	a) cheia de 793 até 997 m ³ /s (TR entre 1.000 e 10.000 anos) – Aviso aos agentes externos da condição de enchente e alagamento em algumas localidades; b) Infiltração sem controle com carreamento de material da barragem, possível rompimento da barragem. Aviso aos agentes externos da Emergência.
Nível Emergência 2 (vermelho) b) 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 a retirada de todos os atingidos a jusante do barramento.

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 turbinas e das descargas de fundo da tomada de água 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 Indiauí.

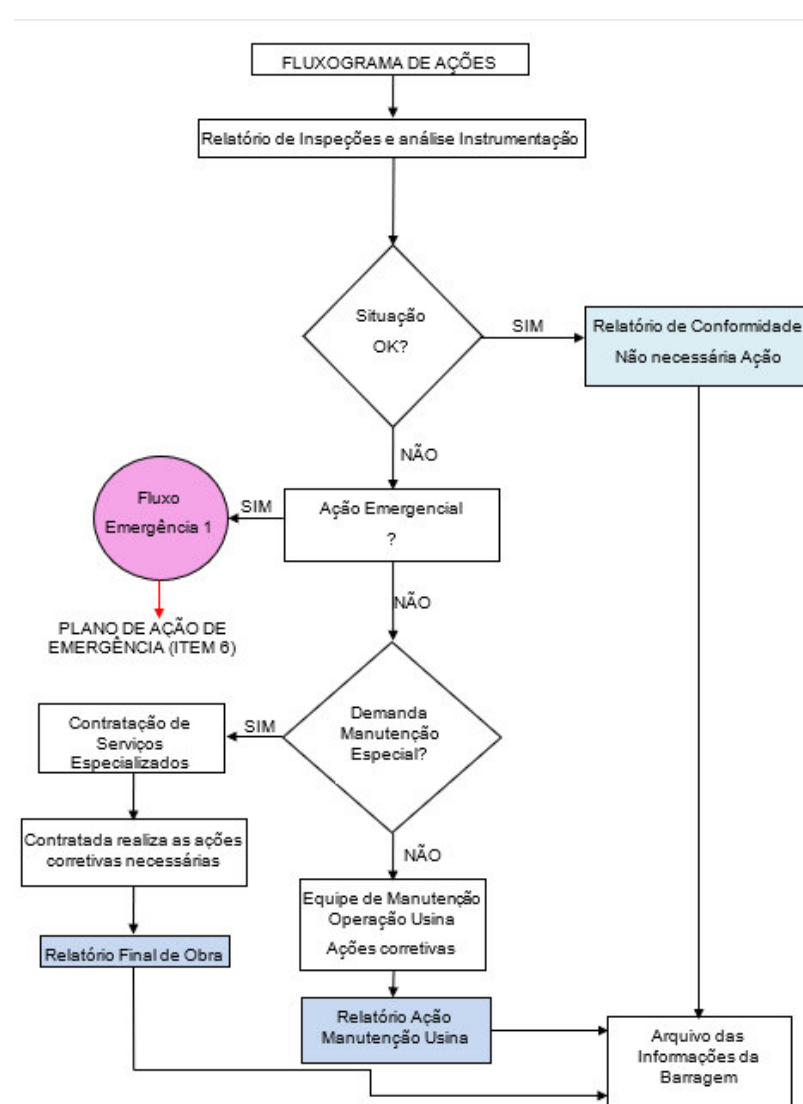
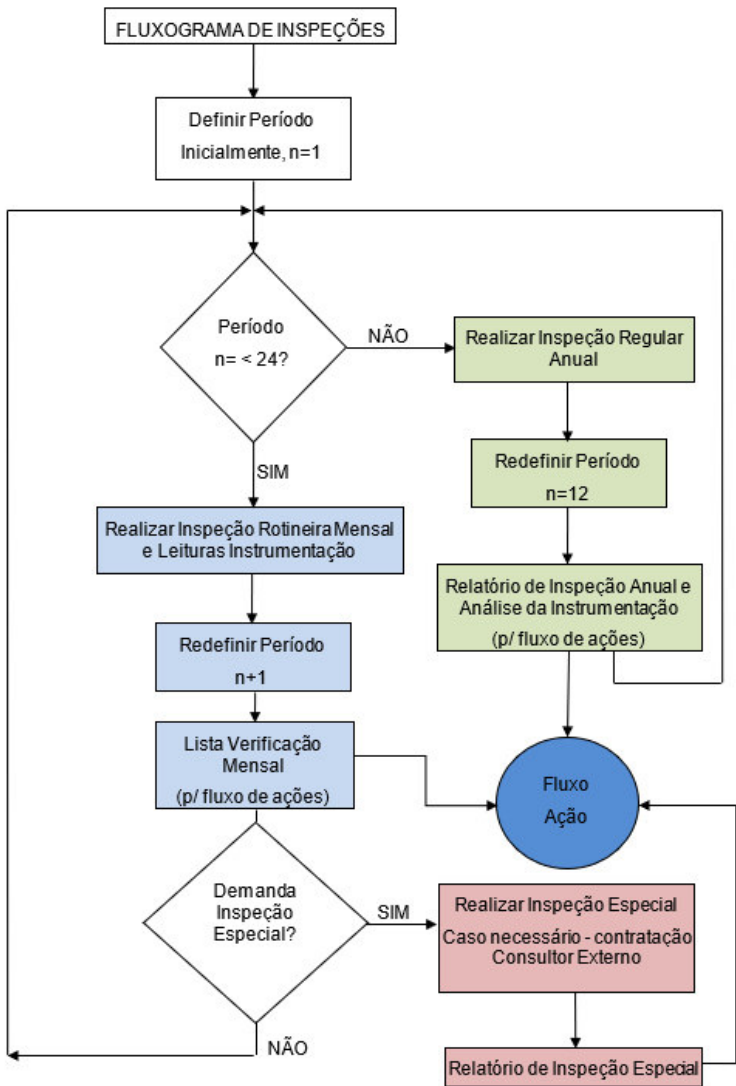
7. NÍVEIS DE SEGURANÇA

7.2 Condição Estrutural – Plano de Segurança da Barragem





8. FLUXOGRAMAS DE INFORMAÇÕES





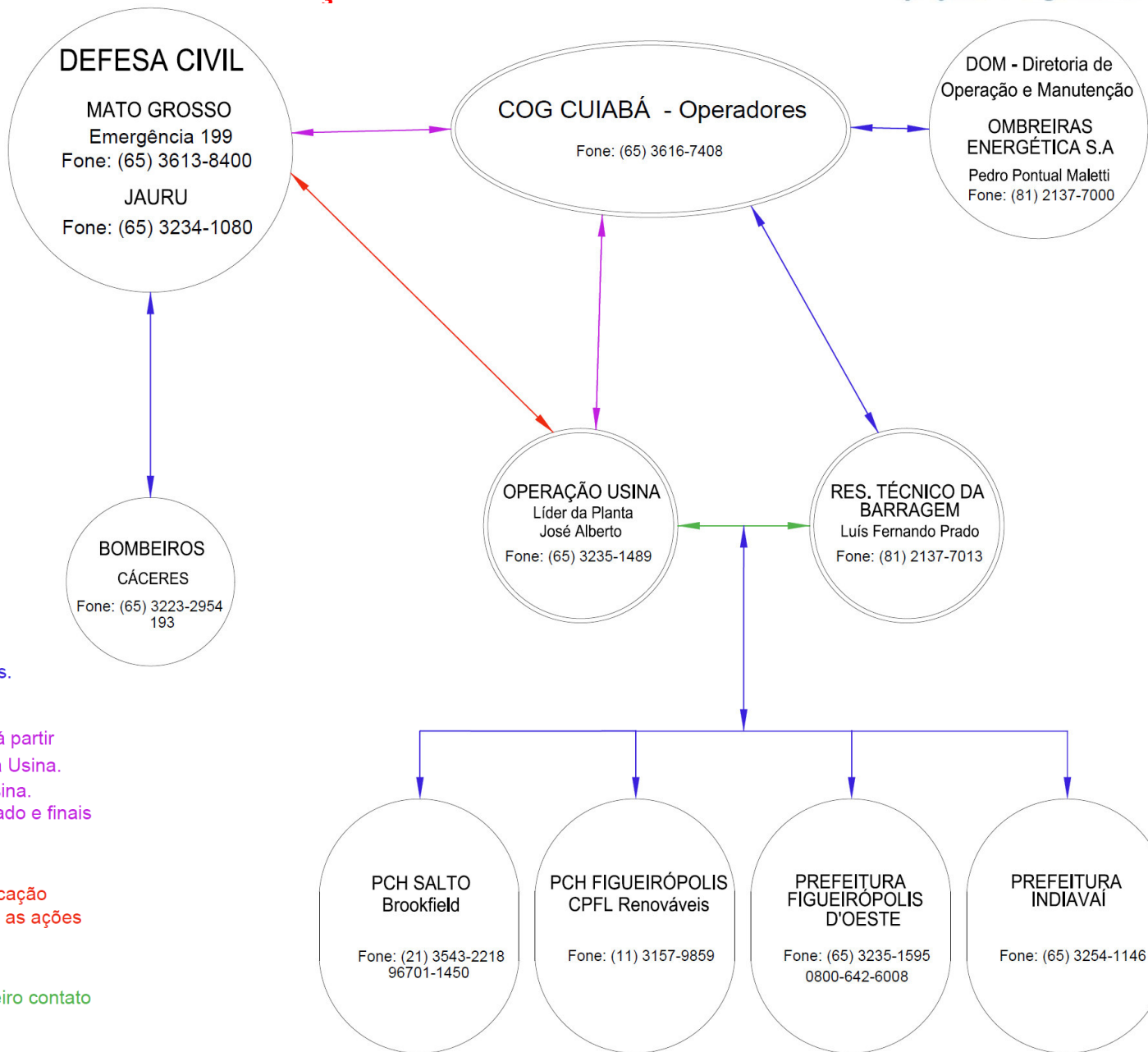
BRENNAND
energia

PCH INDIAVAÍ

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIAS

PROSENGE
projetos e engenharia

9. FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO



↔ Fluxo Normal de Informações.

↔ Fluxo de Informações poderá partir tanto do COG quanto do Líder da Usina.
- Horário Comercial - Líder da Usina.
- Fora do Horário Comercial, feriado e finais de semana - COG.

↔ Falha no sistema de comunicação no COG, Líder da planta assume as ações de avisos.

↔ Fluxo caso necessário, o primeiro contato será realizado pelo COG

10. RESPONSABILIDADES DOS AGENTES

10.1 Interno – INDIAVAÍ 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 – INDIAVAÍ 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;

OBRIGADO!

Henrique Yabrudi Vieira - Engenheiro Civil

E-mail: henrique@prosenge.com

Telefone: (48) 3307-1187 e (49) 99124-0254

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 – MT

SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL – FIGUEIRÓPOLIS E INDIAVAÍ

Barragens a montante: UHE Jauru

Barragem a jusante: PCH Salto

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****6929312-8**

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: Indivaí Energética S.A
 Endereço: Estrada da Queiroz Galvão, km 15
 Complemento:
 Cidade: JAURU
 Valor da Obra/Serviço/Contrato: R\$ 25.000,00

CPF/CNPJ: 04.760.345/0002-85
 Nº: s/n

Bairro: Zona Rural
 UF: MT

CEP: 78255-000

Ação Institucional:

3. Dados Obra/Serviço

Proprietário: Indivaí Energética S.A
 Endereço: Estrada da Queiroz Galvão, km 45
 Complemento:
 Cidade: JAURU
 Data de Início: 04/03/2019

CPF/CNPJ: 04.760.345/0002-85
 Nº: s/n

Bairro: Zona Rural
 UF: MT

CEP: 78255-000

Data de Término: 15/04/2019

Coordenadas Geográficas: -15.255000 -58.716338

4. Atividade Técnica

Estudo	Avaliação	Dimensionamento	Laudo
Plano de Ação de Emergencial - PAE para Barragem			
	Ensaio	Dimensão do Trabalho: 100,00	Hora(s)
Análise Obras hidráulicas		Avaliação	Detalhamento
	Vistoria	Dimensão do Trabalho: 100,00	Hora(s)
Análise Barragem de material misto e/ou especial		Estudo	Parecer
	Vistoria	Dimensão do Trabalho: 38,00	Metro(s)
Análise Obras hidráulicas		Estudo	Parecer
	Vistoria	Dimensão do Trabalho: 15,00	Hora(s)
Análise Edificação de Materiais Mistos e/ou Especiais Para Fins Industriais		Estudo	Parecer
	Vistoria	Dimensão do Trabalho: 15,00	Hora(s)
Análise Estrutura de concreto armado		Estudo	Parecer
	Vistoria	Dimensão do Trabalho: 15,00	Hora(s)

5. Observações

Coordenação e elaboração do Plano de Ação de Emergências da PCH Indivaí, potência 28 MW, no rio Juba. Incluindo Inspeção, Hidrologia, Estudos Hidráulicos, modelagem Dam Break e PAE da Barragem.

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.

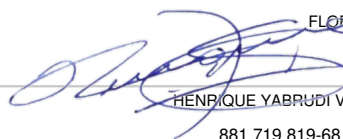
. A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

. 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.

FLORIANOPOLIS - SC, 03 de Abril de 2019



HENRIQUE YABRUDI VIEIRA

881.719.819-68

Contratante: Indivaí Energética S.A

04.760.345/0002-85