



PREFEITURA MUNICIPAL DE LOUVEIRA

SAE - Secretaria Municipal de Água e Esgoto

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM DE FETÁ

Volume II

Planos e Procedimentos

Entidade Fiscalizadora: Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE)

Responsável Técnico: Aluisio Pardo Canholi CREA nº:0600756043

Documento nº 5176.PF.A4.003



Novembro de 2021

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
INFORMAÇÕES GERAIS DO PSB E DA BARRAGEM	2
1. INFORMAÇÕES GERAIS DO EMPREENDEDOR	2
2. PLANO DE OPERAÇÃO	3
2.1. PLANO DE OPERAÇÃO DAS COMPORTAS	11
2.1.1. OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO	11
2.1.2. CONDIÇÃO DE OPERAÇÃO NORMAIS E EXCEPCIONAIS	12
2.2. CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS	16
2.3. REGISTROS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO	16
3. PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO	19
3.1. PLANO DE MONITORAMENTO	19
3.2. INSPEÇÃO VISUAL	20
3.3. INSTRUMENTAÇÃO DE AUSCULTAÇÃO DA BARRAGEM	21
3.4. PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA	29
3.5. INSPEÇÃO ROTINEIRA (OU INFORMAL)	30
3.6. INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR)	30
3.7. INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAL (ISE)	30
3.8. LISTAS DE VERIFICAÇÕES DAS ESTRUTURAS CIVIS (PADRONIZAÇÕES)	30
3.9. CONCEITUAÇÃO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS ..	31
3.10. MANUTENÇÃO DAS COMPORTAS E VÁLVULAS	32
3.11. MANUTENÇÃO DA BARRAGEM DE TERRA	32
3.12. PRINCIPAIS ANOMALIAS	32
3.13. MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO	36
3.14. PRINCIPAIS ANOMALIAS	36
3.15. MOVIMENTOS DIFERENCIAIS ENTRE AS ESTRUTURAS DE CONCRETO	39
3.16. TRINCAS E FISSURAS	39
3.17. INFILTRAÇÕES	39
3.18. CARBONATAÇÃO	43
3.19. CORROSÃO DAS ARMADURAS PASSIVAS	43
3.20. DESPLACAMENTO	43
4. RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DE REGULAR DA BARRAGEM	44

4.1. EQUIPE TÉCNICA	44
4.1.1. AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS	52
5. INFORMAÇÕES/ESTUDOS COMPLEMENTARES	67
5.1. RELATÓRIO COMPLETO DE ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM	67
5.1.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE RUPTURA DE BARRAGEM.....	67
5.1.2. MODELO DE BRECHA DE RUPTURA	69
5.1.3. MODELO HIDRODINÂMICO	69
5.1.4. ESTUDO DE CHEIAS MÁXIMAS	70
5.1.5. REFERENCIA CARTOGRÁFICA	70
5.1.6. TOPOLOGIA	71
5.1.7. CALIBRAÇÃO.....	73
5.1.8. FORMULAÇÃO DE CENÁRIOS HIPOTÉTICOS E BRECHAS DE RUPTURA.....	75
5.1.9. SITUAÇÃO NA ÁREA URBANA DE LOUVEIRA.....	81
5.1.10. MAPAS DE INUNDAÇÃO.....	82
5.1.11. CONCLUSÕES	82
5.2. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HIDROLÓGICO-HIDRÁULICA DA BARRAGEM, CONFORME INSTRUÇÃO TÉCNICA DPO Nº 11, DE 30 DE MAIO DE 2017.	83
5.2.1. DESCRIÇÃO DOS ÓRGÃO RESPONSÁVEIS PELO ESCOAMENTO DAS CHEIAS.	83
5.2.2. CONDIÇÃO ATUAL	86
5.2.3. CONFIGURAÇÃO FUTURA	86
5.3. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA, ATRAVÉS DE SONDAGENS, ESTUDOS DE PERMEABILIDADE E DETERMINAÇÃO DE FATORES DE SEGURANÇA (FS).....	87
5.3.1. INTRODUÇÃO	87
5.3.2. MÉTODO DE ANÁLISE	88
5.3.3. ANÁLISES EFETUADAS.....	89
5.3.4. CONCLUSÕES	93

INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o Volume II do Plano de Segurança da BARRAGEM DO CÓRREGO FETÁ (PSB) localizada no Córrego Fetá, no Município de Louveira, Estado de São Paulo.

O PSB foi elaborado em atendimento a Lei 12.334/2010, sendo utilizadas como referências para a elaboração a Portaria 1634/2021 do Departamento de Águas Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), e Resoluções 91/2012 e 236/2017 da Agência Nacional de Águas.

O conteúdo para o PSB compreende os seguintes volumes:

Volume I - Informações Gerais.

Volume II- Planos e Procedimentos.

Volume III- Plano de Ação de Emergência (PAE).

Volume IV- Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Neste volume são apresentados os Planos e Procedimentos referentes a operação e manutenção da barragem.

Ficha de Atualização

PSB Barragem FETA				
Atualização	Data	Descrição	Elaborado	Aprovado
1	30/11/2021	Elaboração do Plano de Segurança da Barragem FETA (Vol. I a IV)	HIDROSTUDIO	

INFORMAÇÕES GERAIS DO PSB E DA BARRAGEM

A Barragem do Córrego Fetá situa-se no município de Louveira em uma região rural localizada a sudeste do centro da cidade, próxima às instalações da Prefeitura Municipal de Louveira. Foi classificada com base na Categoria de Risco Médio e de Dano Potencial associado Alto, como classe “B”. Assim, o presente PSB é um documento que formaliza as ações a serem executadas visando a manutenção da integridade física da barragem, bem como em caso de situação de emergência.

1. INFORMAÇÕES GERAIS DO EMPREENDEDOR

Tabela 1–Identificação do Empreendedor

Empreendedor	PREFEITURA MUNICIPAL DE LOUVEIRA
CNPJ	46.363.933/0001-44
Figura Jurídica	Prefeitura de Louveira
Logradouro	Rua Catarina Calssavara Caldana, 451
Bairro	Leitão
Município	São Paulo
CEP	13290-000
Telefone	(19) 3878-9927
E-mail	sae.projetos.mateus@louveira.sp.gov.br
Quantidade de Barragens de propriedade do empreendedor	1 (uma)
Responsável Legal	Eng. Civil Mateus Arantes
Cargo	Secretário de Água e Esgoto de Louveira
Dados de Contato	Idem ao anterior

2. PLANO DE OPERAÇÃO

O plano de operação da barragem é parte fundamental no Plano de Segurança de Barragens, uma vez que as decisões referentes à operação da barragem são tomadas a partir deste documento.

Na elaboração do plano de operação estão inclusos os dados, bem como a descrição do funcionamento do vertedouro. Isto possibilita operar a barragem de maneira satisfatória, mantê-la em condições seguras, e monitorar seu desempenho, de modo a detectar eventuais condições anômalas.

Conforme previsto nas informações gerais, deve ser mantido um Registro de Operação, que contenha os seguintes elementos:

- a) Dados de níveis no reservatório e vazões defluentes;
- b) Alterações significativas do ponto de vista da operação do dispositivo de descarga e controle; e
- c) Relatórios de operação incluindo, principalmente, a análise dos aspectos referidos nos itens anteriores.

As regras de operação do reservatório incluem os procedimentos que devem ser adotados na operação, tanto em situações normais, como aquelas consideradas excepcionais, de modo a satisfazer as exigências de comportamento e a manter as condições necessárias de segurança da barragem. Recomenda-se a alteração e/ou atualização dos documentos que auxiliem a operação, conforme seja acrescida experiência no decurso da operação, bem como no caso de mudanças substanciais das premissas que presidiram sua elaboração.

Para descrever os procedimentos operacionais da Barragem Fetá, fez-se o uso de materiais fornecidos pela Prefeitura do Município de Louveira e dados do Projeto Executivo e ATO que estiveram sobre a responsabilidade da Hidrostudio Engenharia e da HT Consultoria e Planejamento. Dentre os quais, utilizaram-se os seguintes documentos:

- Informações relativas aos Desenhos do Arranjo Geral, Vertedouro, Barragem e Reservatório indicados no Volume I, Tomo II (O Arranjo Geral, Vertedouro, planta e perfil, sistema de escoamento da vazão sanitária são mostradas nas Figura 2.1 a 2.4);
- Curvas cota x área x volume mostradas na Figura 2.5.

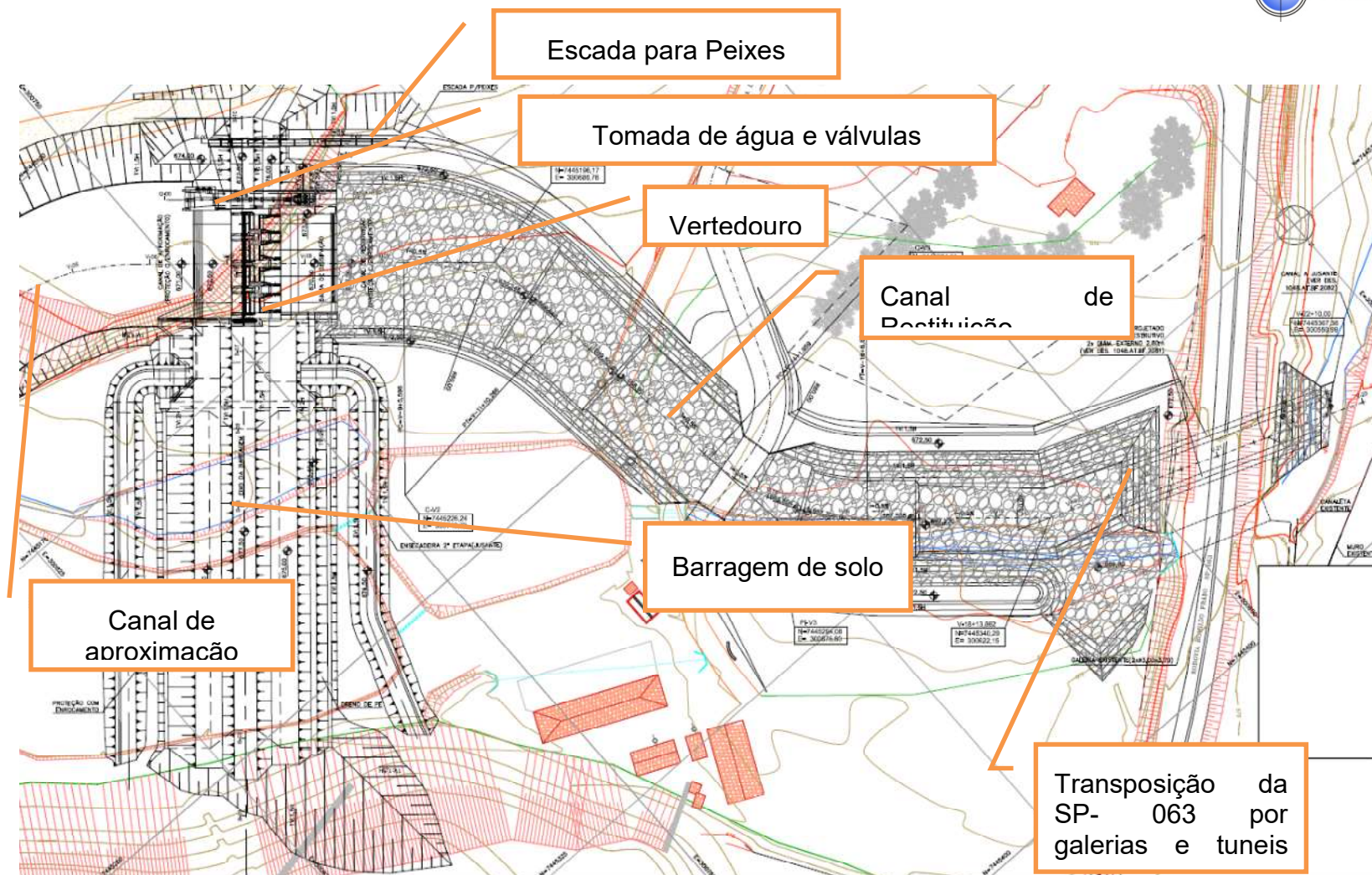


Figura 2.1–Arranjo Geral da Barragem.

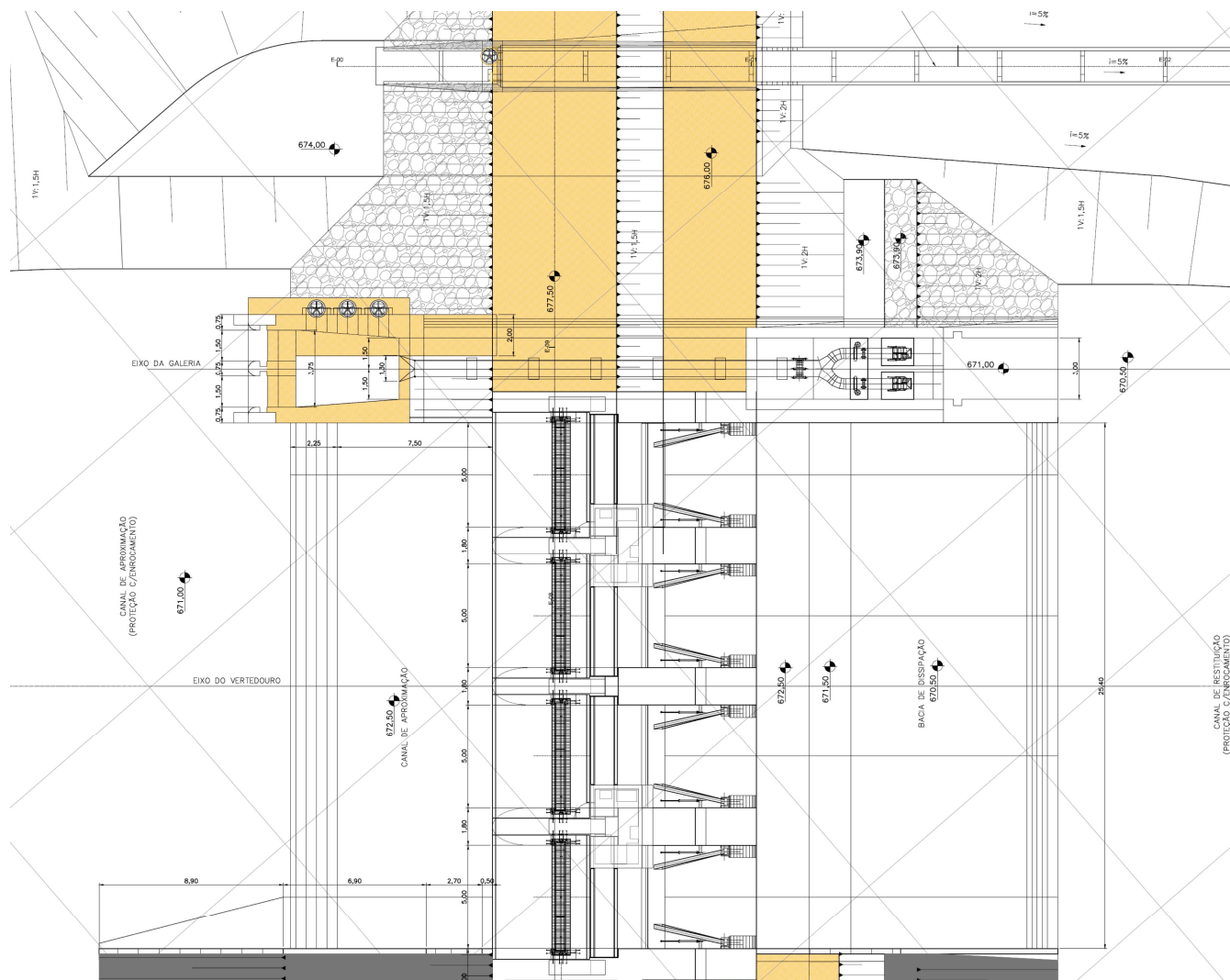


Figura 2.2 –Vertedouro, Tomada d'água e Escada para Peixes planta.

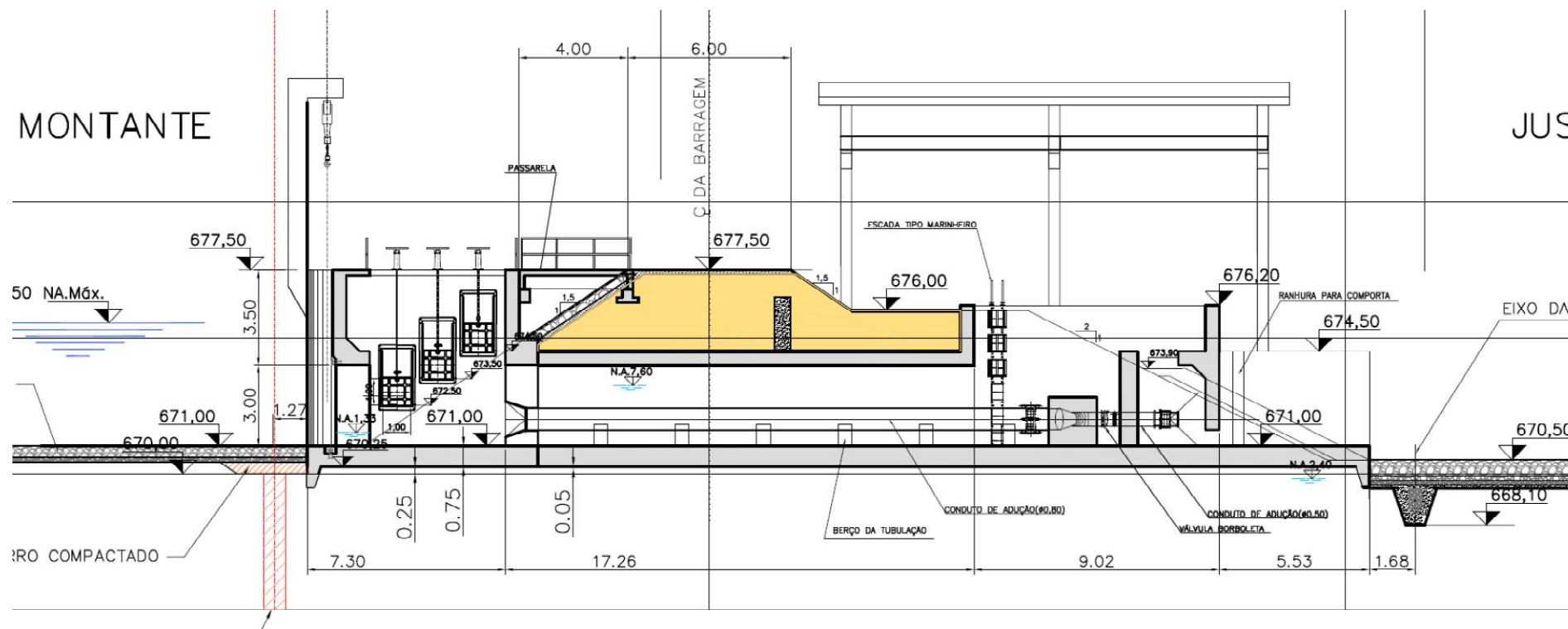
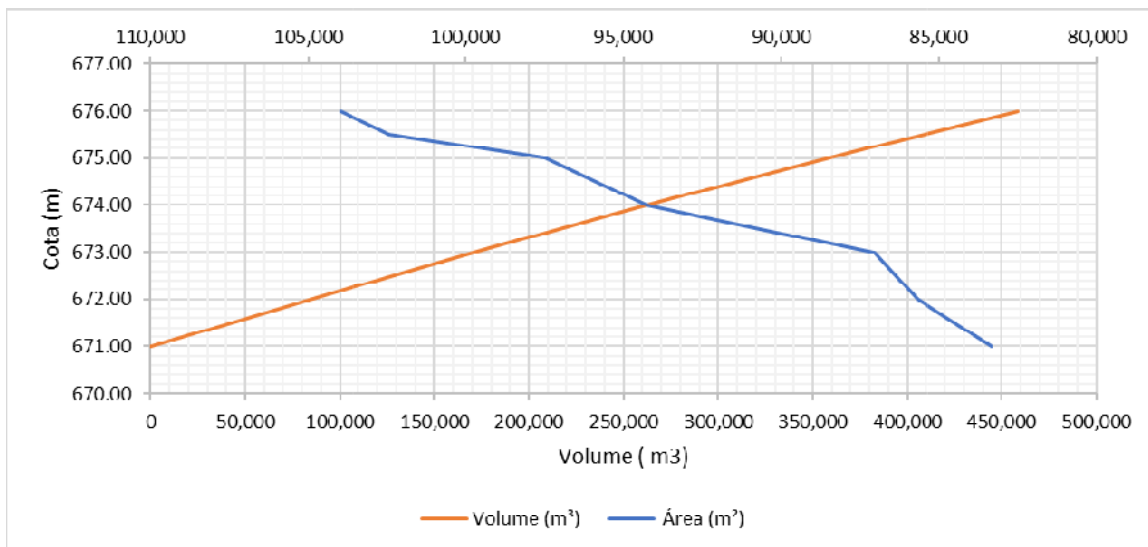


Figura 2.4 –Perfil do sistema de vazão ecológica. Tomada de água, tubulação e válvulas dispersoras.

Tabela 2.1 – Curva Cota x Área x Volume

Cota (m)	Área (m ²)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado - Principal (m ³)
671.0	83,332.39	0.00	0.00
672.0	85,674.01	84,503.20	84,503.20
673.0	87,032.36	86,353.18	170,856.38
674.0	94,267.56	90,649.96	261,506.34
675.0	97,464.07	95,865.81	357,372.15
675.5	102,422.13	49,971.55	407,343.70
676.0	103,987.26	101,291.15	458,663.31


Figura 2.5 – Curva Cota x Área x Volume

As Fotos 2.1 e 2.2 mostram vistas do vertedouro, a Figura 2.3 mostra uma vista lateral da bacia de dissipação e as Fotos 2.4 a 2.6 mostram uma vista da escada para peixes, Tomada de água e válvulas dispersoras.

O Sistema extravasor é composto de um canal de aproximação com 35m de largura, escavado na cota 671,0m, com 140m de comprimento de um vertedouro de soleira espessa com cota da soleira 672,50m, dotado de quatro comportas de 5m de largura e 4m de altura. A cota de coroamento do vertedouro é a mesma da barragem, cota 677,5m. A jusante do vertedouro tem-se um canal de restituição, com uma largura média de 35m e 190m de comprimento. Ele tem trechos em rampa e degraus, iniciando-se na cota 670,50m tendo-se em seu final na cota 669,0m. Ao final deste canal tem-se a rodovia Romildo Prado, SP 063. Para transpor a referida rodovia foi previsto a execução de dois túneis liner de 2,60m de diâmetro interno, complementando a capacidade de vazão de duas galerias existentes com duas células de 3,0m de base e 3,7m de altura e cota de piso 668,9m. Esta ampliação da SP-063 teve início e deverá ser concluída em breve.

Para garantir o escoamento para jusante da vazão ecológica de 0,056 m³/s foi previsto um sistema composto de uma Tomada de água seletiva, que dirige o escoamento para uma tubulação de 0,9m de diâmetro e cerca de 20m de comprimento, com uma bifurcação no final destinando o escoamento à duas válvulas dispersoras com 0,5m de

diâmetro, (redundantes) acopladas a uma caixa dissipadora, restituindo o escoamento para jusante com segurança.

As Fotos a seguir mostram vistas do vertedouro e demais estruturas que restituem o escoamento para jusante.



Foto 2.1 - Vista do Vertedouro por jusante. Notar que as 4 comportas se encontram abertas



Foto 2.2 - Vista do Vertedouro por jusante.



Foto 2.3 - Vista para jusante da Escada para Peixes.



Foto 2.4 - Vista lateral da Tomada de água seletiva (três comportas) que alimenta as válvulas dispersoras.



Foto 2.5 - Vista das válvulas dispersoras e caixa dissipadora.

A equipe de operação trabalha em regime 24/7. O acionamento das comportas é elétrico, com os acionadores protegidos na Casa de Comando, situada a poucos metros da ombreira esquerda. O sistema possui um gerador para o caso da eventualidade da falta de energia.

Não obstante, em caso de qualquer eventualidade com o acionamento elétrico, é possível atuar manualmente nas comportas para garantir sua abertura.

2.1. PLANO DE OPERAÇÃO DAS COMPORTAS

Conforme descrito anteriormente, o vertedouro dispõe de quatro comportas com 5m de largura e 4m de altura, com soleira na cota 672,5m.

Este sistema pode operar em condições de cheia normal e em condição de cheias excepcionais que são descritas sucintamente a seguir. Como se trata de uma bacia hidrográfica de pequeno porte, com uma área de 24,9 km² as cheias são muito rápidas, normalmente associadas a chuvas convectivas de grande intensidade, sendo necessário estabelecer alguns critérios de operação associados a esse aspecto.

Os sistemas de extravasão da vazão ecológica proporcionam com folga a possibilidade de escoamento da vazão requerida, que é de $Q_{7,10} = 0,056$ m³/s.

2.1.1. OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

O reservatório tem a finalidade regularização de vazão para abastecimento público. Os seus níveis característicos de projeto são:

Tabela 2.2 – Níveis Característicos

Denominação	Nível d' água (m)	Volume (1000m ³)
Máximo maximorum (N.M.M)	675,65	432,64
Máximo normal (N.M.N)	675,50	407,46
Mínimo operacional	672,50	126,47

Atualmente a Prefeitura de Louveira tem a autorização de operar o reservatório até cerca de 0,90 m acima da cota da soleira do vertedouro (673,40m). A finalidade é a realização de testes dos equipamentos e também das condições do maciço pós-obra. A Operação Normal segue o estabelecido no Plano de Enchimento.

Para auxiliar a operação estão em fase de instalação bóia e avisos luminosos e sonoros para sinalização do enchimento e esvaziamento do reservatório.

2.1.2. CONDIÇÃO DE OPERAÇÃO NORMAIS E EXCEPCIONAIS

De acordo com o disposto para o Plano de Enchimento, em andamento, a operação terá como nível máximo normal a cota 673,40m. Deve ser atendida a condição de defluência da vazão sanitária de 56 L/s.

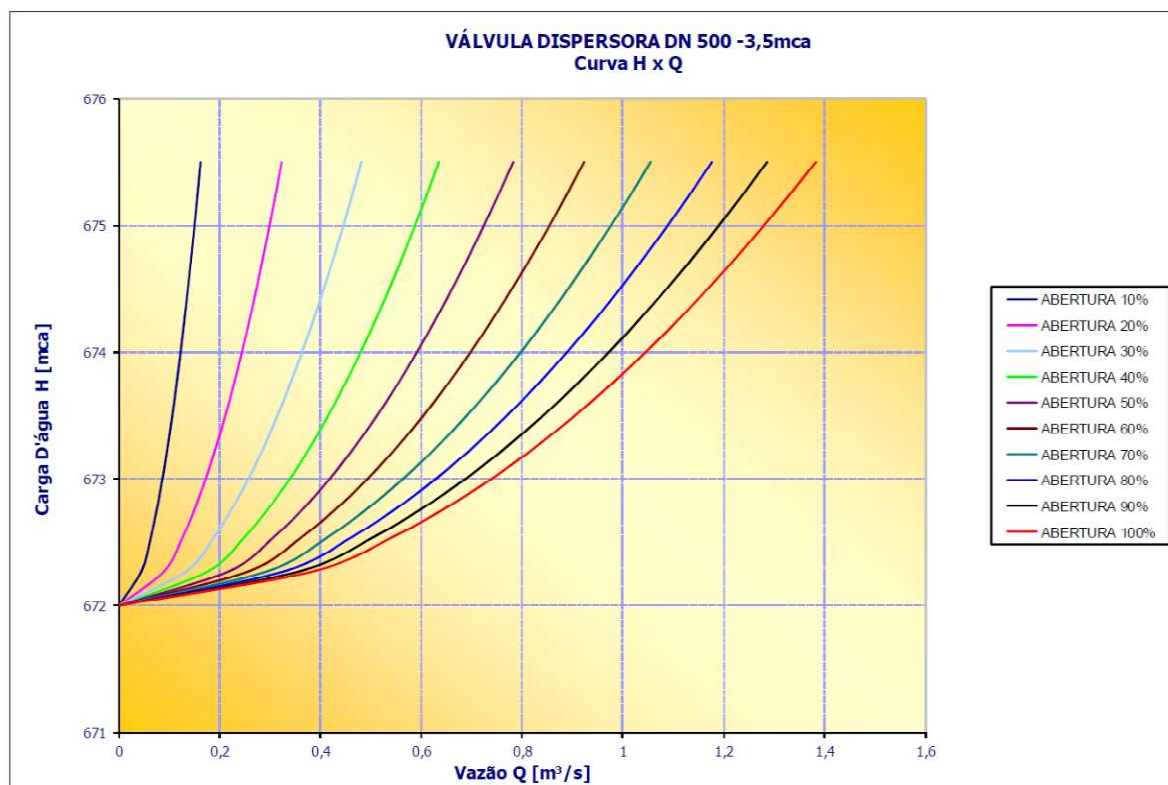


Figura 2.6 Curvas cota x vazão da Válvula. Fonte: Válvula dispersora DN 500. HYDROSTEC DE-VSD-1375-910-0102.

A Operação Normal, em condição sem chuvas, é realizada pela abertura parcial de uma das válvulas dispersoras, com manutenção das comportas segmento fechadas.

Para a condição de ocorrência de chuvas na bacia, deverá ser realizada a abertura parcial das comportas, de forma a se garantir a preservação do N.A 673,40 m.

O operador deverá observar o N.A na régua linimétrica e proceder a abertura da comporta conforme a Tabela 2.2, de acordo com cada nível atingido durante a passagem da cheia no reservatório. A operação inicia-se do centro para as extremidades.

Em caso de falha de uma das comportas, deverá ser seguida a Tabela 2.3, abrindo as comportas remanescentes no passo indicado.

Todas as manobras deverão ser registradas no “Livro de Ocorrências”.

A curva de abertura de abertura das comportas é apresentada a seguir para as chuvas excepcionais:

Tabela 2.2 – Curva de Abertura das Comportas

Cota (N.A)	Comporta 3		Comporta 2		Comporta 1		Comporta 4		Q total (m³/s)	TR Estimado (anos)	Q afluente (m³/s)
	Abertura (m)	Vazão (m³/s)	Abertura (m)	Vazão (m³/s)	Abertura (m)	Vazão (m³/s)	Abertura (m)	Vazão (m³/s)			
676,00	3	55,30	3	55,30	3	55,30	3	55,30	221,22		
675,50	3	42,65	3	42,65	3	42,65	3	42,65	170,59	1000	184,7
675,40	2,8	41,25	2,8	41,25	2,8	41,25	2,8	41,25	165,02		
675,20	2,5	37,45	2,5	37,45	2,5	37,45	2,5	37,45	149,81		
675,00	2	32,92	2	32,92	2	32,92	2	32,92	131,66	100	116,19
674,80	1,5	26,51	1	19,95	1,5	26,51	1	19,95	92,93	50,00	103,00
674,60	1,2	21,29	0,8	14,60	1,2	21,29	0,8	14,60	71,80	25,00	80,29
674,40	1	17,31	0,4	8,06	0,8	14,60	0,4	8,06	48,03	10,00	58,43
674,20	0,8	13,48	0,4	7,53	0,4	7,53	0,2	3,99	32,54		
674,00	0,4	6,97	0,2	3,72	0,4	6,97	0	0,00	17,67		
673,80	0,2	3,43	0	0,00	0,2	3,43	0	0,00	6,85		
673,60	0,2	3,11	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3,11		
673,40	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00		

Para o caso de falha na abertura de uma das comportas ou inoperância devido a atividades de manutenção, a operação deverá seguir o definido adiante:

Tabela 2.3 – Curva de Abertura das Comportas em caso de falha

Cota (N.A)	Comporta A		Comporta B		Comporta C		Q total (m ³ /s)
	Abertura (m)	Vazão (m ³ /s)	Abertura (m)	Vazão (m ³ /s)	Abertura (m)	Vazão (m ³ /s)	
676,00	3	55,30	3	55,30	3	55,30	165,91
675,50	3	42,65	3	42,65	3	42,65	127,94
675,40	2,8	41,25	2,8	41,25	2,8	41,25	123,76
675,20	2,5	37,45	2,5	37,45	2,5	37,45	112,36
675,00	2,5	32,92	2,5	32,92	2,5	32,92	98,75
674,80	2,5	26,51	2,5	26,51	2,5	26,51	79,54
674,60	2	25,53	2	25,53	2	25,53	76,60
674,40	1,5	21,72	1,5	21,72	1,5	21,72	65,17
674,20	1	15,81	1	15,81	1	15,81	47,43
674,00	0,4	6,97	0,2	3,72	0,4	6,97	17,67
673,80	0,2	3,43	0	0,00	0,2	3,43	6,85
673,60	0,2	3,11	0	0,00	0	0,00	3,11
673,40	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00

Na condição de projeto (N.M.N = 675,50 m), para a condição de ocorrência de uma cheia milenar está prevista a abertura total das comportas do vertedouro. Para esta condição, contando-se com as duas galerias existentes de 3,5m por 3,0m, seja para a condição com a ampliação com dois túnel liner de 2,6m de diâmetro interno, tem-se uma borda livre mínima da barragem 1,08m. Ver Tabela 3.17 do Volume I do PSB de Fetá.

Está prevista em breve a instalação de instrumentos: réguas, limnigrafos automáticos e pluviômetros automáticos, e o estabelecimento de metodologia para a operação otimizada dos sistemas de extravasão na condição de projeto.

2.2. CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS.

Atualmente não se dispõe de um cronograma de testes dos equipamentos eletro mecânicos.

A equipe de manutenção da Secretaria de Água e Esgoto realiza semanalmente a inspeção visual e acionamento dos equipamentos (comportas e gerador) para observação do funcionamento, embora deva ainda ser firmado um contrato de manutenção com empresas especializadas.

2.3. REGISTROS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO.

Atualmente se dispõe de registro de operação em livro denominado: "**Livro de Ocorrências, Represa Fetá, 2021, da Divisão de Planejamento e Projetos- Divisão de Operação**", do qual constam os seguintes elementos: data; hora da ocorrência; descrição; qual equipamento foi operado; e o responsável.

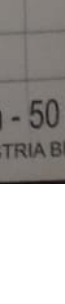
Porém, com a estiagem em curso no ano de 2021, com a captação de água do mesmo para o abastecimento do Município, o reservatório encontra-se praticamente vazio, tendo sido registradas poucas manobras.

Tratando-se de uma Barragem que ainda não entrou em operação efetiva ela ainda não dispõe de registros de: manutenção; monitoramento; e instrumentação.



Foto 2.6 – Livro de Ocorrências - Capa



DATA	HORA	DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA	EQUIPAMENTO	ASSINATURA
14/01/2021	10:00h	Abertura da Comporta	Comportas desligante 1 e 2	Patrícia F.
14/01/2021	10:00h	abertura manual	Valvula desligante	Patrícia F.
14/01/2021	19:30h	abertura mecanizada	Comportas mecanizadas 1, 2, 3 e 4	Patrícia F.
14/01/2021	20:00h	abertura Valvula	Valvula desligante 2	Patrícia F.
14/01/2021	20:30h	fechamento Comportas	emcadenas 1, 2, 3 e 4	Patrícia F.
15/01/2021	09:00h	abertura Comporta	emcadenas numero 1	Patrícia F.
15/01/2021	15:30h	abertura Comporta	emcadenas numero 2	Patrícia F.
15/01/2021	16:30h	fechamento Comporta	emcadenas nº2	Patrícia F.
16/01/2021		fechamento Comporta	desligante nº1	Patrícia F.
18/01/2021		fechamento Comporta	desligante nº2	Patrícia F.
18/01/2021		fechamento	Valvula superior 2	Patrícia F.
22/01/2021		abertura Comportas	emcadenas 1, 2, 3 e 4	Patrícia F.
22/01/2021		abertura Comporta	desligante 1 e 2	Patrícia F.
22/01/2021		abertura Valvulas	desligantes 1 e 2	Patrícia F.
27/10/2021	14:00	ABERTURA COMPORTAS	COMPORTAS 1, 2, 3, 4	
27/10/2021	15:00	FECHAMENTO COMPORTAS	1, 2, 3, 4	CAVALHARI

3. PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

3.1. PLANO DE MONITORAMENTO

As análises de Segurança de Barragem apresentam duas formas complementares de Monitoramento, que são definidas conforme as seguintes nomenclaturas e especificações:

Qualitativa = Inspeção Visual;

Quantitativa = Análise dos resultados da instrumentação de Auscultação.

A Inspeção Visual permite complementar a verificação das condições atuais das obras civis e equipamentos da Barragem de Fetá. Ela permite uma análise qualitativa, sendo possível a visualização de indícios iniciais de algum evento ou ocorrência anormal na barragem. Como exemplo, pode-se citar: (i) Erosões significativas; (ii) Surgências (com a ocorrência ou não o carreamento de materiais sólidos); (iii) Trincas; (iv) Infiltrações, entre outras manifestações patológicas.

Assim como a Inspeção Visual, a Instrumentação de Auscultação permite verificar as condições das estruturas civis e equipamentos através da leitura de instrumentos, sendo uma medida quantitativa. Através destas medidas, consultando-se o projeto, os estudos realizados, focados nos valores limites aceitáveis de leitura dos instrumentos instalados, é possível identificar se as leituras indicam condições normais de projeto ou se configuram condições de alerta.

Adicionalmente, podem ser considerados outros importantes itens de controle de Segurança de Barragem, incluindo as:

Condições Hidrológicas e Hidráulicas, para Operação do Reservatório;

Atividades de Manutenção e de Segurança Patrimonial;

Inspeções Subaquáticas e Levantamentos Ecobatimétricos;

Controle Topográfico de Deslocamento;

Controle das Atividades Sísmicas.

Estes fatores são geralmente considerados para Supervisão de Barragem. A Figura 3.1 apresenta o fluxograma com os procedimentos necessários no caso da identificação de anomalias ou manifestações patológicas nas estruturas da Barragem Feta.

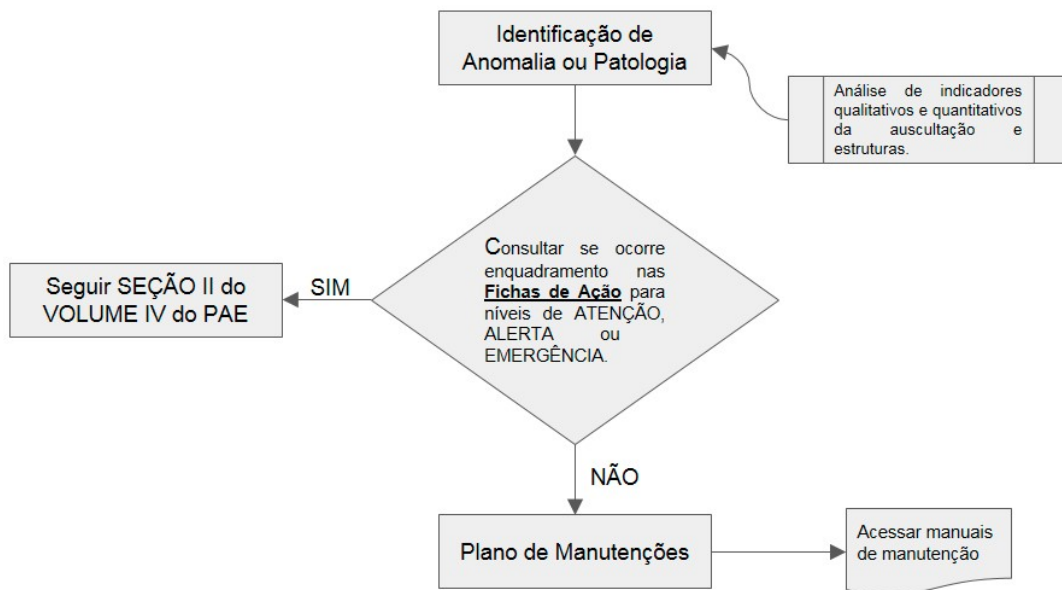


Figura 3.1 – Fluxograma de ações que devem ser tomadas na identificação de anomalias ou patologias

3.2. INSPEÇÃO VISUAL

De acordo com o preenchimento do Formulário de Segurança de Barragem (FSB) constante do Volume I do PSB de Fetá, em conformidade com as portarias:

Portaria DAEE 1634, de 10 de março de 2021, a classificação para a Barragem Fetá mostrada na Tabela 3.1 estabelece a categoria de risco e as periodicidades de Inspeção e revisão de segurança.

Tabela 3.1 – Classificação da Barragem Feta

Categoria de Risco (CRI)	MÉDIO
Dano Potencial Associado (DPA)	ALTO
Matriz de Classificação (Portaria DAEE 1634, de 10 de março de 2021)	CLASSE B
Periodicidade Inspeções Regulares ((Portaria DAEE 1634, de 10 de março de 2021)	2 ANOS
Revisões Periódicas de Segurança (Portaria DAEE 1634, de 10 de março de 2021)	6 ANOS

3.3. INSTRUMENTAÇÃO DE AUSCULTAÇÃO DA BARRAGEM

Para obtenção dos valores das grandezas, que atuam sobre o comportamento estrutural da Barragem (ação & reação), são utilizados os diversos instrumentos de auscultação instalados ao longo do barramento.

Entende-se, por Instrumentação de Auscultação, o conjunto de aparelhos inseridos no corpo da Barragem ou fundações, cuja finalidade é medir grandezas, que podem influir no comportamento e na segurança das estruturas.

As principais grandezas a serem medidas em empreendimentos do porte da Barragem de Fetá são as seguintes:

Reações

Movimento / Deformação e Deslocamento (Marco Topográfico);

Pressão (Piezômetro);

Nível d'água (Medidor de nível d'água);

Vazão (Medidor de Vazão, localizado a jusante de trincheira drenante- Caixa);

Ações / Dados Hidrometeorológicos

Nível d'Água / Montante e Jusante (Régua Limnimétrica e Limnígrafo a montante- a jusante régua Limnimétrica);

Precipitação Pluviométrica (Pluviômetro e Pluviógrafo);

Monitoramento / Plano de Instrumentação de Auscultação da Barragem

Foram escolhidos locais no empreendimento onde foram instalados os instrumentos de auscultação (geotécnica e estrutural- reações), que seguem orientações técnicas usuais, respeitando-se as peculiaridades da Barragem de Fetá. A Figura 3.2 mostra a localização em planta dos instrumentos previstos (em verde os marcos de recalque superficial e em vermelho os piezômetros).

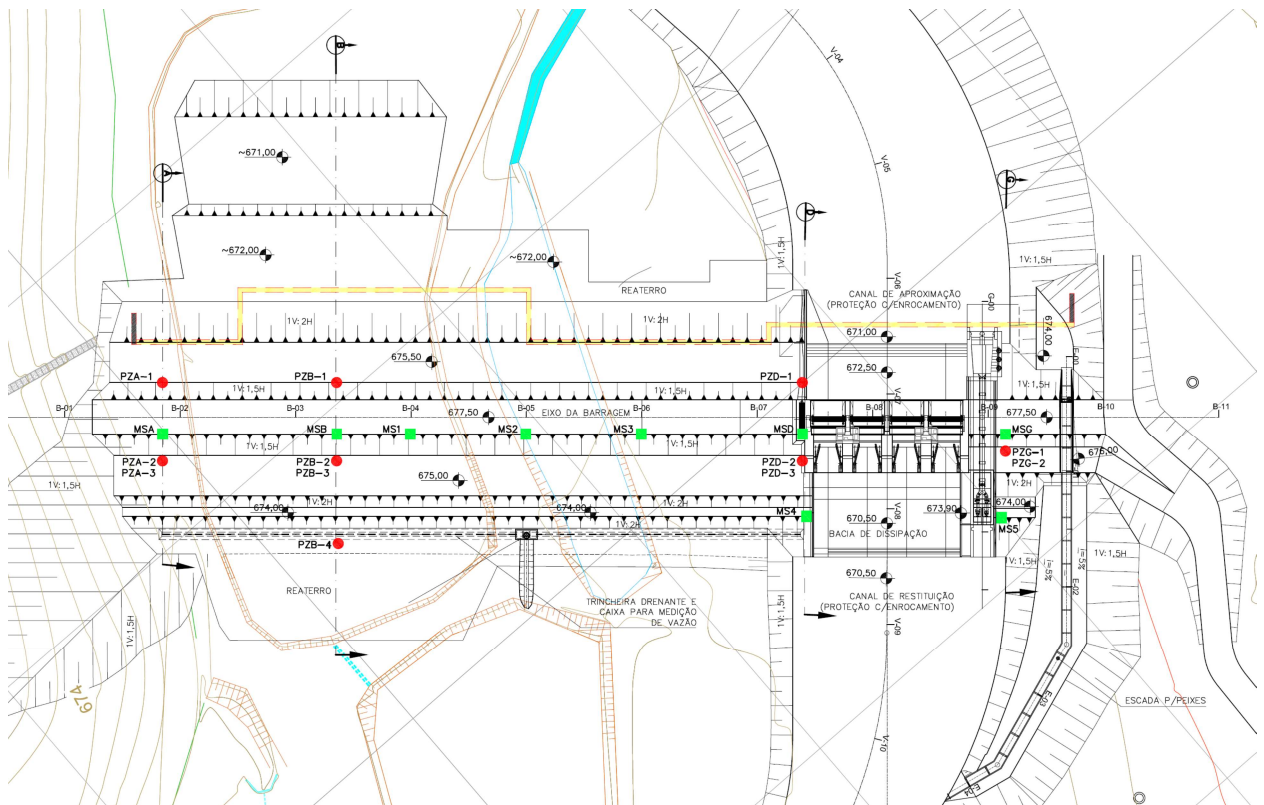


Figura 3.2 – Planta de Localização dos Piezômetros (PZ- 8 unidades) e Marcos de recalque superficial (M- 9 unidades). Caixa para medição de Vazão(uma unidade) . Notar a indicação dos eixos A, B, D,G. Fonte: ATO- Desenho- 1048.AT.BF.A1.2095

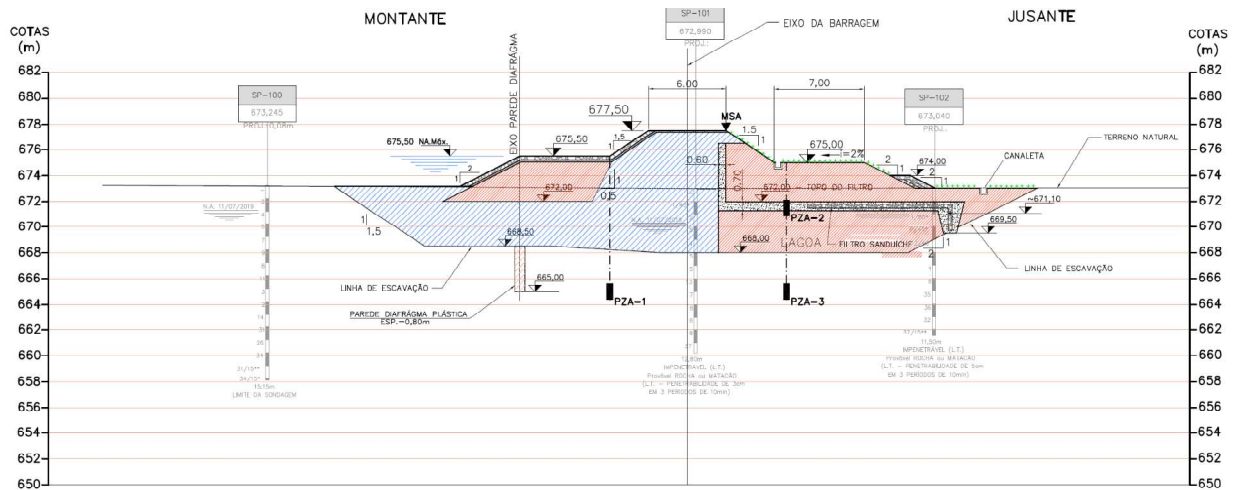
Observação: a caixa para medição de vazão não foi finalizada conforme observado na inspeção especial.

Os instrumentos instalados estão apresentados na Tabela 3.2 .

Tabela 3.2 – Instrumentos da Barragem de Terra

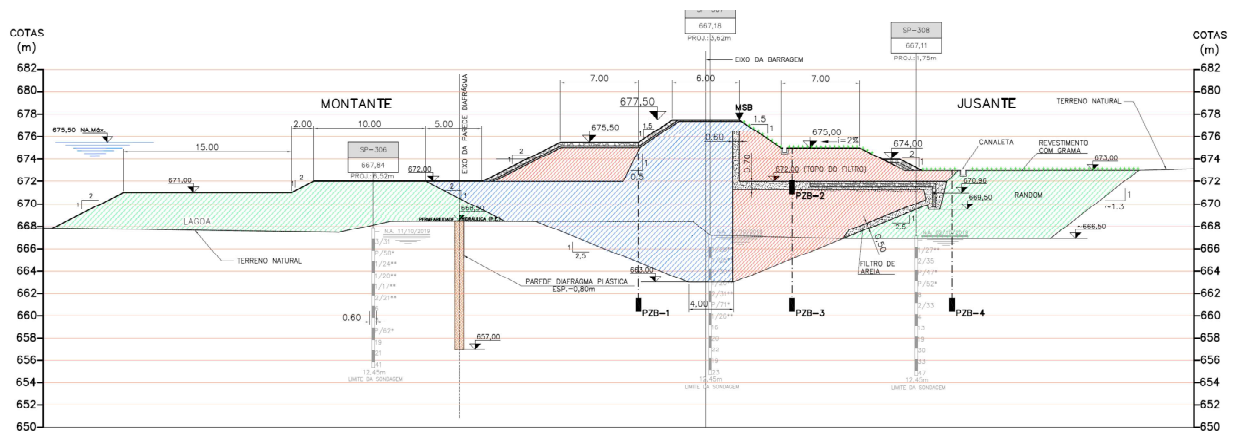
INSTRUMENTO	QUANTIDADE
Piezômetro	8
Marcos de recalque superficial	9
Caixa para medição de Vazão	1

As Figuras a seguir mostram a posição dos instrumentos indicados na Figura 3. 2 em quatro cortes. Nestas figuras é possível identificar de forma aproximada as cotas previstas para a instalação dos piezômetros.



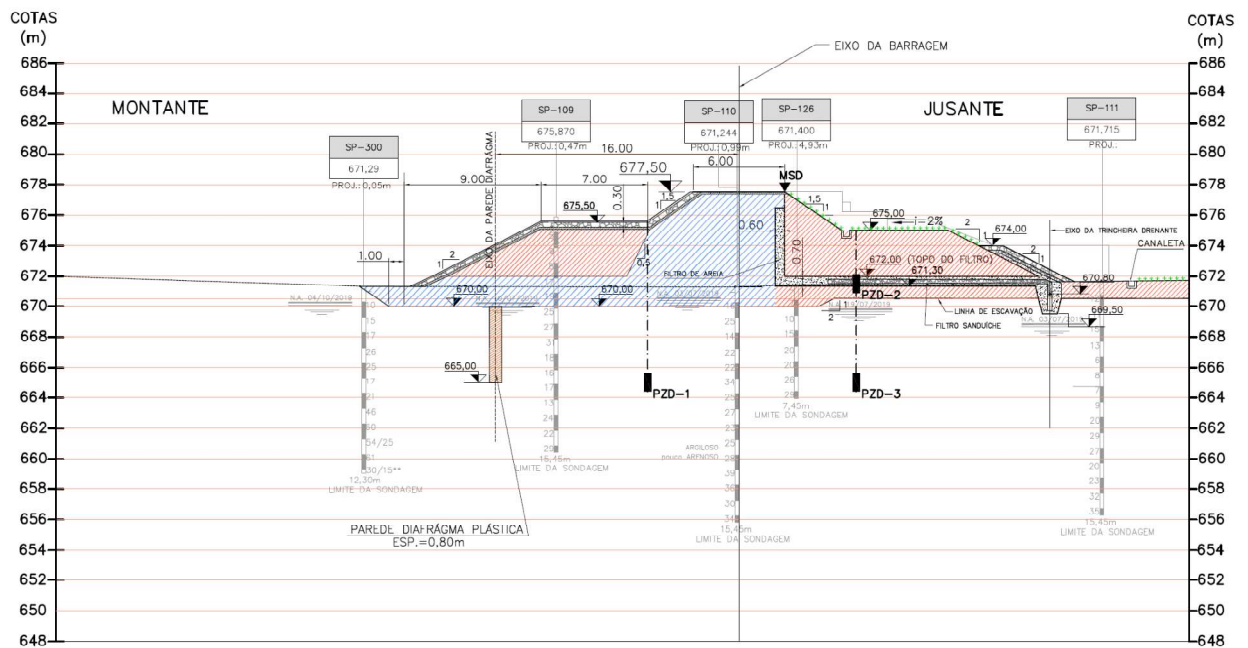
SEÇÃO A – EST. 1+17,00m (MARGEM DIREITA)
 ESC. 1:250

Figura 3.3 –Localização dos Piezômetros e Marcos de recalque superficial Fonte: ATO- Desenho- 1048.AT.BF.A1.2096



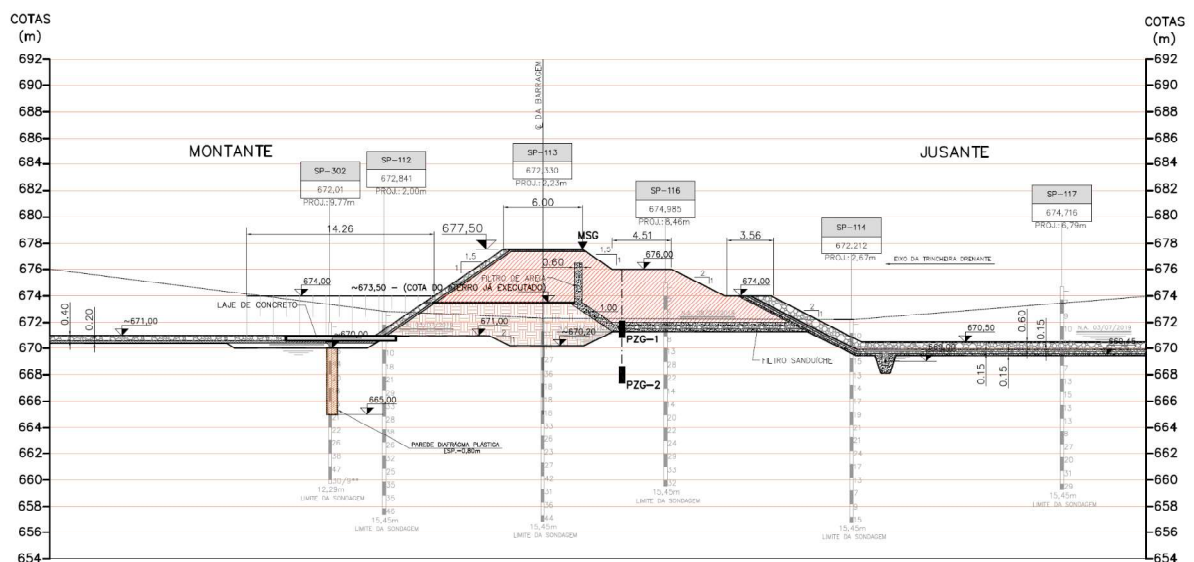
SEÇÃO B – EST. 3+7,00m (TRECHO LAGOA)
 ESC. 1:250

Figura 3.4 –Localização dos Piezômetros e Marcos de recalque superficial Fonte: ATO- Desenho- 1048.AT.BF.A1.2096



SEÇÃO D – EST.7+8,00m (SEÇÃO JUNTO AO MURO DO VERTEDOURO)
 ESC. 1:250

Figura 3.5 –Localização dos Piezômetros e Marcos de recalque superficial Fonte: ATO- Desenho- 1048.AT.BF.A1.2096



SEÇÃO G – EST.9+3,00m (MARGEM ESQUERDA)
 ESC. 1:250

Figura 3.6 –Localização dos Piezômetros e Marcos de recalque superficial Fonte: ATO- Desenho- 1048.AT.BF.A1.2096

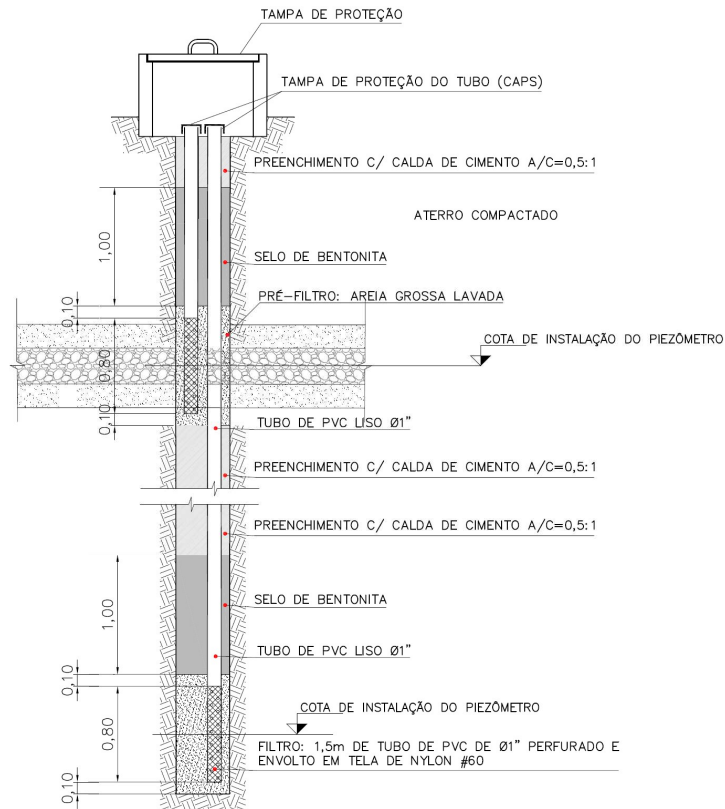


Figura 3.7 –Esquema de Instalação dos Piezômetros Fonte: ATO- Desenho-1048.AT.BF.A1.2096

A frequência das leituras da instrumentação deverá atender às recomendações do CBDB, cuja tabela de previsão de leituras está a seguir.

ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA
ANA x CBDB

FREQUÊNCIA DE LEITURAS - CBDB

ESTRUTURAS DE TERRA-ENROCAMENTO

Tipo de Observação	Período Construtivo	Enchimento do Reservatório	Período Inicial de Operação (*)	Período de Operação
Deslocamentos superficiais (topografia)	mensal	semanal	mensal	semestral
Deslocamentos internos (verticais e horizontais)	semanal	semanal	quinzenal	mensal
Deformação	semanal	semanal	quinzenal	mensal
Pressão total/ efetiva	semanal	2 semanais	semanal	mensal
Porosidade	semanal	2 semanais	semanal	quinzenal
Subpressão	semanal	3 semanais	semanal	quinzenal
Nível d'água	semanal	3 semanais	semanal	quinzenal
Vazão de infiltração	-	diárias	3 semanais	semanal

(*) Estas frequências poderão se estender por 1 a 5 anos, dependendo do comportamento e aparente estabilização das leituras.

Figura 3.3 – Frequência de Leituras. Fonte: Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB).

A tabela abaixo relaciona a frequência de leituras para os instrumentos instalados na Barragem de Fetá.

Tabela 3.2 Frequência prevista de Medição dos Instrumentos

Instrumento	Enchimento do reservatório	Período inicial de operação	Período de operação
Marco de recalque superficial	semanal	mensal	semestral
Piezômetros	3 vezes por semana	semanal	quinzenal
Medidor de vazão	diária	3 vezes por semana	semanal

Outras orientações para a leitura dos instrumentos são descritas a seguir .

- a) O período inicial de operação é previsto em 3 meses após a finalização das obras, podendo ser prorrogado em função das leituras de instrumentação;
- b) O registro das leituras de instrumentação deverá ser feito em planilha Excel de maneira a permitir a elaboração e atualização rápida dos gráficos das leituras dos instrumentos em função do tempo e do nível d'água do reservatório;
- c) Durante e após o enchimento o nível d'água do reservatório deverá ser registrado no mínimo nas mesmas ocasiões das leituras da instrumentação.

Durante o enchimento do reservatório devem ser tomados ainda os seguintes cuidados:

- d) No enchimento do reservatório o talude de jusante, ombreiras e a região a jusante do pé da barragem de terra e estruturas de concreto deverão ser inspecionados detalhadamente no sentido de identificar a ocorrência de surgências d'água ou "sand boil";
- e) A crista e os taludes da barragem e ombreiras também deverão ser inspecionados para verificar a ocorrência de recalques ou aparecimento de trincas;
- f) Deverá estar disponível junto à obra. pilhas de estoque de areia lavada, pedrisco e brita para execução de filtro invertido sobre eventuais surgências d'água e ocorrências de "sand boil" a jusante;
- g) O filtro invertido será constituído por camada de areia em contato com o solo, pedrisco sobre a camada de areia e brita sobre a camada de pedrisco, com espessura mínima de 0,20m, para cada material. Será feito para evitar o carreamento do solo e início de eventual processo de "piping".
- h) As anomalias observadas deverão ser comunicadas à projetista, que orientará quanto as medidas a serem implementadas, julgando ainda, dependendo da gravidade do problema, a necessidade de paralisar o enchimento do reservatório.

Periodicamente, faz-se necessário verificar as condições operacionais dos Instrumentos de Auscultação da Barragem, efetuando testes de avaliação. Se necessário, deve ser feita manutenção nos aparelhos de medida. Quando a recuperação não for viável, deve-se proceder à reinstrumentação, para que não seja interrompido o Monitoramento. Orienta-se a análise das planilhas com as leituras dos instrumentos de auscultação, pois estas informações auxiliam na avaliação da estabilidade e adequabilidade das regiões da estrutura do empreendimento.

Para facilitar as análises, além da elaboração de tabelas, devem ser providenciados: gráficos temporais de acompanhamento; gráficos relacionais; estudos de comportamento histórico e/ou estatísticos; avaliação da segurança estrutural, bem como comparação de todos os resultados medidos, com limites estabelecidos em projeto/ manuais de operação.

A eficácia de um sistema de monitoramento e controle depende, principalmente, da rapidez da coleta, processamento, compilação, armazenamento e recuperação dos dados, de maneira rigorosa e confiável. Recomenda-se, a utilização de sistemas que realizem uma validação preliminar dos dados de medições, favorecendo uma rápida confirmação da adequabilidade destes, tornando possível, em caso de dúvidas, efetuar-se correções e/ou providências. Estas validações preliminares podem ser realizadas no momento da leitura, sendo que o leitorista pode dispor de informações, que o auxiliem na identificação da adequabilidade da leitura realizada no instrumento em questão, sendo possível o mesmo optar, ou não, pela releitura do instrumento. são

necessárias informações hidrometeorológicas. As tabelas a seguir mostram as leituras necessárias e as recomendações referentes às frequências das mesmas.

a) Dados Hidrometeorológicos - DH

Recomenda-se que os Dados Hidrometeorológicos (DH) disponíveis para subsídio aos estudos de comportamento da Instrumentação de Auscultação e operação da barragem sejam os seguintes:

Tabela 3.3 Instrumentos previstos.

INSTRUMENTO	QUANTIDADE
Limnógrafo (montante)	1
Réguas Liminétricas (um conjunto a montante e outro a jusante) -(*)	2
Pluviômetro -(*)	2
Pluviógrafo- (*)	1

Observação: (*) a localização destes instrumentos será decidida em projeto específico e subsidiará a elaboração do Plano de Operação do Reservatório e do sistema de vazão sanitária e de operação das comportas do vertedouro para as condições de projeto.

Tabela 3.4– Recomendação de frequência das leituras dos Dados Hidrometeorológicos para análise de consistência da instrumentação da barragem.

MEDIDA	UNIDADE	FREQUÊNCIA DA LEITURA
Nível de água de montante	(metro na referencia do IBGE)	diária
Nível de água de jusante	(metro na referencia do IBGE)	diária
Somatória da chuva precipitada diária.	(milímetros acumulados no dia)	diária

Observação: a frequência das leituras do limnografo e pluviografo deverão ser definidas quando for elaborado em detalhe o Plano de Operação do Reservatório.

A respeito destas medições deve-se observar o que segue:

Níveis de Água

As Cotas dos Níveis d'Água no Reservatório Montante e a Jusante, devem ser lidas diariamente, sendo registradas para consultas posteriores.

Deve ser verificado (na Validação Periódica), se ocorre alguma variação considerável no valor (na leitura), o que pode revelar possível erro de leitura e/ou de anotação e/ou de digitação. Desta forma, o valor mais provável pode ser confirmado.

Ocorrência de Chuva no Período

São colhidos em Pluviômetros, dados referentes ao período de vinte e quatro horas, medidos (em milímetros - mm) diariamente à mesma hora. Normalmente se verificam os valores do dia; os valores acumulados do mês, bem como os valores acumulados (diariamente e mensalmente) ao longo do Ano Hidrológico (o qual se inicia em 01 de outubro do ano e se encerra em 30 de setembro do ano seguinte).

3.4. PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA

De acordo com a Lei Federal 12.334, de 20 de setembro de 2010, em seu artigo 9º, determina que “As inspeções de segurança regular e especial terão sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.” A frequência prevista para a Inspeção Regular é de 2 anos.

A inspeção especial será feita no caso de ocorrência de um evento excepcional (hidrológico – hidráulico; geotécnico, estrutural; etc.).

A inspeção visual de uma barragem é exame da estrutura a partir do conhecimento do engenheiro. É extremamente útil vistoriar periodicamente toda a estrutura, procurando por sinais de possíveis problemas: fissuração, áreas úmidas, novas surgências, etc.

O responsável pela inspeção deverá estar informado dos resultados mais recentes do monitoramento da instrumentação e das eventuais anomalias para verificar as regiões com estas irregularidades a fim de avaliar a necessidade de manutenção ou reparo.

O encarregado da inspeção deve levar numa caderneta para anotar as observações mais importantes e fazer esboços de alguma característica de relevo, e tirar fotos das anomalias, deteriorações e aspectos de interesse (as fotos, sempre que possível, deverão ser tiradas sempre do mesmo lugar para poder comparar o tempo transcorrido entre as eventuais variações), uma cinta métrica para medir as eventuais trincas, zonas úmidas ou outras anomalias, um binóculo para observação das áreas inacessíveis.

De acordo com o cadastro das estruturas civis, foram elaboradas listas de verificação (check-lists) que servem como diretriz básica para realização da inspeção civil de segurança. Em cada lista, para cada equipamento, apresentam-se os itens que devem ser observados e/ou analisados durante a inspeção.

3.5. INSPEÇÃO ROTINEIRA (OU INFORMAL)

São aquelas que devem ser executadas por equipes treinadas em segurança de barragens, como parte regular de suas atividades locais de operação e manutenção. A frequência dessas inspeções deverá ser em princípio mensal.

3.6. INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR (ISR)

São aquelas que devem ser executadas por equipe multidisciplinar, envolvendo especialistas das áreas de Hidráulica/ Meio Ambiente, Geotecnia, Geologia, Estruturas e Tecnologia de Concreto. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados nas listas de verificações. Também deverão ser analisados os dados das inspeções rotineiras, bem como os dados da instrumentação de Auscultação das estruturas civis.

Conforme já apresentado, 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.

Como a Barragem Feta está classificada como Classe B, a periodicidade de sua realização é bi-anual.

3.7. INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAL (ISE)

A Inspeção de Segurança Especial será realizada quando convocada, visando a manter ou reestabelecer o nível de segurança da barragem à categoria normal e devendo ser realizada mediante constituição de equipe multidisciplinar de especialistas. Esta convocação normalmente será fruto de uma avaliação, por parte da equipe de engenharia de inspeção e manutenção, após um evento excepcional. Por exemplo: abalo sísmico; galgamento; cheia ou operação hidráulica do reservatório em condições excepcionais; alguma leitura fora dos padrões na instrumentação da barragem ou algum problema que mereça atenção especial.

3.8. LISTAS DE VERIFICAÇÕES DAS ESTRUTURAS CIVIS (PADRONIZAÇÕES)

As listas de verificações das estruturas civis são check-lists que auxiliam na realização das inspeções rotineiras (mensais), regulares e especiais com toda as características associadas, foram disponibilizadas nas tabelas a seguir.

Estas fichas de inspeções devem estar detalhadas de acordo com o cadastro das estruturas e itens a serem verificados. Também devem estar articuladas de acordo com o planejamento das manutenções civis. Estas fichas preenchidas encontram-se no capítulo 4.

3.9. CONCEITUAÇÃO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A manutenção de estruturas e equipamentos tem como objetivo propiciar condições necessárias que aumentem a durabilidade e mantenham situações operacionais seguras dos elementos constituintes das obras civis e demais equipamentos. Para tanto, tem-se a necessidade de organizar os manuais de manutenção, que englobem vistorias, operações, intervenções e diagnósticos das anomalias encontradas. A Figura 3.4 apresenta os efeitos que as manutenções conferem a barragem, uma vez que estas proporcionam o aumento da durabilidade do barramento e estruturas anexas, prolongando a sua vida útil.

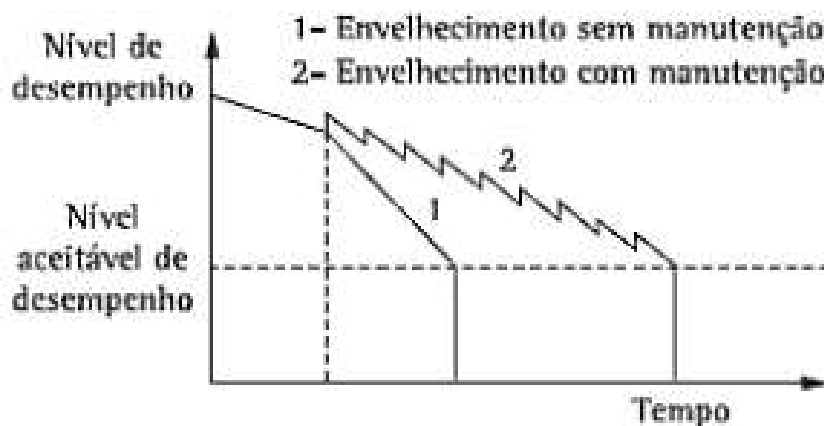


Figura 3.4 – Representação gráfica da influência da manutenção e da durabilidade dos materiais

Deverá ser elaborado um Plano de Manutenção com diretrizes, as quais visam facilitar a tomada de decisão em situações normais, de alerta e de emergência. Todos os manuais de manutenção relevantes, deverão estar disponíveis para o uso imediato da equipe de operação e manutenção.

A manutenção das estruturas deve ser realizada com caráter preventivo ou quando se verifique a existência de sinais ou sintomas de deterioração. Estas inspeções são classificadas, em Inspeções de Segurança Regulares (ISR) e Especiais (ISE), ou em consequência da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPS). Caso as Inspeções Periódicas de Segurança constatem que estruturas e/ou equipamentos estão com situação irregular de funcionamento, orienta-se o contato, o mais breve possível, com a equipe encarregada da segurança do empreendimento.

As providências cabíveis deverão ser então ser tomadas para que as medidas corretivas sejam implementadas dentro de prazos aceitáveis, restabelecendo as condições de segurança da barragem.

As deteriorações/anomalias cadastradas devem ser analisadas e priorizadas conforme a percepção do risco que representam. Serviços emergenciais devem ser tratados como tal, podendo ser inseridos a qualquer momento no plano de obras de manutenção.

3.10. MANUTENÇÃO DAS COMPORTAS E VÁLVULAS

É recomendado que estas manutenções sejam feitas preferencialmente no período seco, durante o qual não esperam-se vertimentos importantes. É necessário que antes do início do período de cheias de cada ano, as comportas do vertedouro estejam em condições de plena operação, se eventualmente necessário.

Caso ocorra algum evento que leve à inoperância da comporta do vertedouro durante o período úmido, deve-se solucionar o problema com a máxima rapidez. Assim, será possível retornar à operação do vertedouro, caso necessário, em condições adequadas e seguras.

Em principio dever ser verificados:

- Verificar as vedações do tabuleiro da comporta.
- Verificar as condições gerais da pintura da comporta e componentes como suportes, dispositivos de calagem, etc.
- Substituir ou reparar qualquer componente que apresente irregularidades tais como oxidação.
- Verificar os valores de regulação dos componentes.
- Verificar as condições gerais da instalação.

3.11. MANUTENÇÃO DA BARRAGEM DE TERRA

3.12. PRINCIPAIS ANOMALIAS

As Barragens de Terra podem apresentar situações sobre a interferência de manifestações patológicas, que são prejudiciais tanto às fundações, quanto ao próprio corpo.

As manifestações patológicas importantes que devem ser vistoriadas nas Inspeções de Segurança Regular (ISR)e/ou Especial são as seguintes:

Erosão interna ou superficial, originando surgências, galgamentos, condições de fluxo d'água excessivo, etc.;

Perda de resistência dos solos e das rochas, com o desenvolvimento de fissuras;

Instabilidade dos taludes; deformação excessiva produzindo depressões, recalques e afundamentos; entre outros fatores especiais.

A Tabela 3.5 apresenta alguns mecanismos patológicos típicos, formas de identificação e indicação de possíveis reparos na barragem.

Tabela 3.5 – Barragem de Terra

Local	Manifestações Patológicas	Indicadores	Mecanismos de degradação patológica	Alterações identificadas	Enquadramento da Deficiência			Medidas Reparadoras
					Baixa	Média	Alta	
Crista	Fissuras transversais e longitudinais	Inclinação do pavimento e fissuras transversais	Recalque diferencial na região da ombreira e encontro com a estrutura de concreto	Perda d'água, progressão com o tempo		Casos as trincas forem profundas e não se estabilizam		Preenchimento com solo compactado e análises de reparo do revestimento primário
	Recalque excessivo	Depressão na pista, medidas dos marcos de superfície	Deformabilidade identificável do maciço	Comprometer a borda livre da barragem		Caso o recalque pós-construção for > 500mm		Realização de alteamento da barragem através de colocação de novas camadas e com projeto pertinente
	Deslocamento horizontal excessivo	Desalinhamento da pista e das muretas	Deformabilidade diferencial do maciço compactado ou do enrocamento	Perda d'água excessiva, comprometimento estético do alinhamento da pista de rolamento		Caso o deslocamento implicar na formação de trincas no maciço ou no núcleo da barragem		Manutenção que alterem o alinhamento das guias da pista ao longo de um trecho da barragem
Taludes	Estabilidade do talude	Presença de trinca no topo do talude, depressões facilmente identificáveis e abaulamentos superficiais	Resistência ao cisalhamento insuficiente	Trincas no núcleo da barragem ou no maciço, ruptura da barragem			Caso ocorrer movimentação excessiva	Construção de berma estabilizadora a jusante e análise de estabilidade global
Ombreiras	Surgências d'água	Áreas úmidas e/ou com infiltrações	Percolação através de juntas na fundação	Perda d'água, carregamento de materiais (colorido ou não) da fundação, aumento das infiltrações com o tempo		Caso a infiltração for >100 l/min e crescente (Mediante avaliação técnica)	Caso a infiltração for >500l/min e crescente (Mediante avaliação técnica)	Execução de injeções de cimento em profundidade, furos de drenagem
	Instabilidade de talude	Movimentação superficial, fissuras no	Pressões neutras maiores que as	Comprometer a estabilidade da			Caso localizado junto ao pé da	Abatimento dos taludes , drenagem

		topo do talude, depressões e abalamentos	definidas em projeto, bem como resistência ao cisalhamento insuficiente	barragem, e alterar as condições do entorno			barragem	profunda, construção de berma estabilizadora, mediante projeto prévio
	Erosão superficial	Trincas e transporte de materiais da superfície dos taludes	Chuvas Intensas, ausência de drenagem superficial, deficiência na proteção vegetal	Alterações na estética do empreendimento, podendo afetar a estabilidade dos taludes				Construção de obras de drenagem superficial e restauração da superfície dos taludes

Caso as Inspeções de Segurança Regulares (ISR) e/ou Especiais (ISE) de segurança identifiquem manifestações patológicas, devem ser elaboradas orientações técnicas, que avaliem as condições das estruturas do empreendimento e indiquem os reparos por ventura necessários.

a) Erosão e/ou desagregação de blocos de rocha do Rip-Rap

Esta proteção de enrocamento, que tem por função proteger o maciço de terra das ondas provocadas pelos ventos atuando na superfície do reservatório, apresenta duas manifestações patológicas mais frequentes, que são:

Erosão ou deslocamento de blocos pela ação de ondas, e/ou;

Desagregação e degradação de blocos de rocha por exposição às intempéries.

Além dos fatores listados acima, em muitos casos, tem-se entre os blocos de rocha a proliferação de vegetação de médio e grande porte. Essa vegetação pode causar movimentação dos blocos de enrocamento expondo o filtro subjacente, tornando o maciço de solo suscetível a erosões/danos, que podem evoluir e comprometer a estabilidade da crista da barragem.

Nas Inspeções de Segurança Rotineiras estes três aspectos tem de ser analisados. Em caso da necessidade de intervenções, recomenda-se a elaboração de estudo específico para cada caso.

b) Surgências

Os taludes da barragem e as suas fundações estão sujeitas aos efeitos de percolação d'água armazenada no reservatório. A percolação elevada de água pode levar ao fenômeno de erosão interna (piping), que descontrolada pode causar ruptura da barragem.

Recomenda-se o controle das estruturas, por intermédio de dois métodos. O primeiro está relacionado às Inspeções Visuais Rotineiras de Segurança, sendo que nos casos da identificação de manifestações patológicas relacionadas a surgências, a equipe técnica encarregada pela segurança do empreendimento deverá ser consultada. O segundo está relacionado a Análises periódicas do comportamento dos instrumentos de auscultação instalados nas estruturas de Terra, sendo que alterações significativas e/ou leituras maiores que os limites mínimos de segurança devem receber tratamentos especiais.

A Tabela 4.1 mostra a anomalia e dois dos tratamentos possíveis.

c) Fissuras/Trincas

As manifestações patológicas decorrentes de Fissuras e ou Trincas podem comprometer a estabilidade da barragem e a rápida identificação das anomalias e determinação da sua origem é fator primordial, para a eventual tomada de medidas mitigadoras.

Nas Inspeções de Segurança Rotineiras e nas Inspeções de Segurança Regular (ISR), com a frequência comentada indicada no item 1.3, estes aspectos tem de ser analisados.

d) Instabilidade dos Taludes

As anomalias referentes às instabilidades dos taludes estão geralmente associadas a deslizamentos, superficiais ou profundos, deslocamentos e fissuras ou trincas. Recomenda-se, que as inspeções técnicas de segurança do empreendimento sejam realizadas com a periodicidade recomendada.

A Tabela 4.1 mostra a anomalia os tratamentos possíveis. A critério da equipe técnica especializada em segurança, através da inspeção visual e da análise dos instrumentos de auscultação pode ser concluída pela necessidade de se efetuar uma análise da estabilidade local ou global da estrutura.

e) Proteção Vegetal

A proteção vegetal é fator comum aos taludes de barragens de terra. A ausência destas proteções pode resultar em erosões, fissuras ou outras manifestações patológicas que afetem as ombreiras e os taludes do barramento.

Por outro lado, vegetações de médio e grande porte se proliferando sobre e/ou próximas aos taludes devem ser evitadas, uma vez que as raízes podem abrir caminhos preferenciais em busca d'água e nutrientes, sendo este fator um possível mecanismo para a ocorrência de manifestações patológicas no barramento, por exemplo, "piping".

Orienta-se que as Inspeções Periódicas de Segurança, realizadas em todas as estruturas do empreendimento, averiguem as condições destes taludes, e no caso da identificação de situações anômalas, informem a equipe encarregada na segurança do empreendimento. Em princípio, as vegetações de grande porte devem ser suprimidas.

f) Existência de fauna no barramento.

Nas inspeções deve ser identificada fauna que por ventura se instalou no corpo da barragem, tais como: cupinzeiros, tocas ou buracos sobre os taludes. São necessárias medidas para a remoção destes animais e fechamento dos buracos.

g) Drenagem das águas pluviais.

Recomenda-se a vistoria das canaletas e demais dispositivos que são utilizados para o escoamento das águas pluviais provenientes da barragem e de seu entorno e, caso necessário, seja realizada limpeza, manutenção ou até mesmo implantação de novos dispositivos.

3.13. MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

3.14. PRINCIPAIS ANOMALIAS

As estruturas de concreto podem apresentar anomalias nas fundações, no corpo da estrutura e em elementos tais como: juntas de concretagem e de contração. Estas anomalias podem ser detectadas através inspeções visuais ou através de análise de medições dos instrumentos de auscultação que identifiquem tendências de manifestações patológicas futuras.

A Tabelas 3.6, 3.7 e 3.8 apresentam manifestações patológicas típicas nas estruturas de concreto e eventuais medidas reparadoras. Para as manifestações patológicas

identificadas, recomenda-se que sejam elaboradas especificações técnicas para os reparos eventualmente necessários visando manter o empreendimento em condições satisfatórias de funcionamento.

Tabela 3.6 – Estruturas do vertedouro

Local	Manifestações Patológicas	Indicadores	Mecanismos de degradação patológica	Alterações identificadas	Enquadramento da Deficiência			Medidas Reparadoras
					Baixa	Média	Alta	
Estrutura e juntas	Erosão do concreto	Desgaste superficial, exposição do agregado ou da armadura	Concreto deficiente	Enfraquecimento progressivo das estruturas afetadas		Caso ocorrer exposição da armadura		Limpeza superficial do concreto, reparo com argamassa epóxi
	Movimentação das juntas de contração	Abertura visível das juntas, deslizamento diferencial	Recalque diferencial, por acomodação da fundação	Alterações da estrutura do vertedouro		Caso os deslizamentos forem > 2mm	Caso os deslizamentos forem > 10mm	Consolidação da fundação.
	Movimentação das juntas de construção	Abertura identificável, deslizamento diferencial	Juntas com deficiência construtiva, solicitação excessiva	Ruptura panos de concretagem		Caso os deslizamentos forem > 2mm em várias juntas	Caso os deslizamentos forem > 10mm em várias juntas	Reforço das paredes por ancoragens profundas até a fundação
Bacia de dissipação	Danos por abrasão	Buracos superficiais	Blocos de rocha/sedimentos trazidos pelas correntes	Grandes danos à bacia de dissipação podem colocar em risco a estabilidade das estruturas	Caso os buracos forem < 0,15m em extensão e profundidade	Caso os buracos forem > 0,30m de diâmetro e armadura exposta	Erosão atingindo a fundação	Remoção do concreto danificado, reparo do mesmo e remoção de todo material existente, bem como identificação da origem.
	Juntas com deficiência	Erosão e deslizamento diferencial de juntas normais ao fluxo	Acabamento deficiente das juntas, face de jusante mais alta que a de montante	Abertura das juntas		Caso ocorrer a danificação dos veda juntas		Tratamentos especiais que visem fornecer condições satisfatórias de funcionamento
Canal de restituição	Erosão das margens. Existência de arbustos	Danos com perda de material e escorregamento de taludes	Erosões no canal	Escorregamento dos taludes				Proteger canal e os taludes.

3.15. MOVIMENTOS DIFERENCIAIS ENTRE AS ESTRUTURAS DE CONCRETO

O controle de movimentação diferencial entre as estruturas de concreto da barragem é essencial para garantir as condições ideais de estabilidade dos elementos de concreto. Estas avaliações podem ser realizadas nas Inspeções de Segurança Regular (ISR) e/ou Especiais e/ou Periódicas, bem como nas análises referentes aos instrumentos de auscultação instalados nas estruturas de concreto. Os Marcos Superficiais (MS) são instrumentos de auscultação, que podem identificar a movimentação relativa entre as estruturas.

Orienta-se que, na identificação de qualquer anormalidade, a equipe técnica encarregada na Segurança do empreendimento seja acionada, para que medidas mitigadoras das anomalias sejam elaboradas.

3.16. TRINCAS E FISSURAS

Manifestações patológicas decorrentes de trincas e/ou fissuras são sintomas provenientes de uma série de fatores que agem sobre as estruturas de concreto. Desta forma, para tanto é necessária a realização de diagnóstico para averiguar quais fenômenos responsáveis pelas anomalias e então tomar a decisão de qual método de terapia a ser adotado e prever medidas preventivas para manter a estrutura em condições seguras de operação.

Cabe salientar, que a exposição de trincas e/ou fissuras as intempéries é prejudicial tanto ao concreto, quanto as barras de aço localizadas no interior destes elementos, que tendem a sofrer corrosão. Além destes fatores, as juntas de contração e dilatação que devem avaliadas quanto à estanqueidade, que excessiva pode resultar em manifestações patológicas localizadas nas estruturas de concreto.

Recomenda-se a consulta das informações apresentadas na Tabela 3.8 que apresenta alguns indicadores de manifestações patológicas referentes às fissuras e trincas, bem como possíveis causas para os fenômenos identificados, enquadramento da anomalia encontrada, principais efeitos avaliados e as medidas reparadoras indicadas.

3.17. INFILTRAÇÕES

Infiltrações nas estruturas do vertedouro e escada hidráulica são fatores que podem propiciar condições de falta de estabilidade dos blocos de concreto e mesmo de estruturas anexas. Nas Inspeções de Segurança (Regulares e/ou Especiais) a equipe de segurança da barragem deve identificar locais de possíveis avarias nas estruturas, e elaborar alternativas que propiciem a solução adequada para as manifestações patológicas identificadas.. Na Tabela 3.7 são apresentadas manifestações patológicas referentes à infiltrações, bem como indicações que auxiliam o enquadramento da deficiência.

Indica-se que as frequências de leituras dos instrumentos de auscultação podem ser seguidas de acordo com o indicado anteriormente.

Tabela 3.7 – Estruturas do vertedouro

Local	Manifestações Patológicas	Indicadores	Mecanismos de degradação patológica	Alterações identificadas	Enquadramento da Deficiência			Medidas Reparadoras
					Baixa	Média	Alta	
Canal de Aproximação	Tronco de árvores, arbustos e outros entulhos	Inspeções visuais e após as cheias	Manutenções deficientes, desmatamento na área do reservatório	Reprodução da capacidade de escoamento, danificação da estrutura		Caso ocorrer grande quantidade de material flutuante		Remoção regular de vegetação, limpeza das bordas do reservatório.
Estrutura Vertente	Definição ou deterioração do concreto	Fissuração ou deslocamento do concreto, exposição da armadura	Concreto deficiente, forças erosivas elevadas, subpressão alta	Pode conduzir à ruptura progressiva da estrutura		Caso ocorrer remoção de blocos de concreto ou exposição da fundação		Remoção e reparo do concreto danificado, reforço das áreas afetadas com argamassa. Consultar especialista
	Erosão por abrasão superficial	Desgaste superficial do concreto com exposição do agregado graúdo	Grande quantidade de materiais sólidos na água do reservatório	Normalmente não confere consequências sérias		Se ocorrer exposição da armadura		Tratamento superficial com argamassa. Consultar especialista.
	Infiltração através de juntas ou fissuras	Infiltração ou áreas com umidade	Infiltração do reservatório, subpressão elevada, juntas de construção deficientes	Erosão ou lixiviação das peças de concreto		Se as infiltrações ultrapassarem 50 l/min ou estiverem sob pressão		Injeção nas juntas ou fissuras com infiltração, drenagem do concreto. Caso haja progressão consultar especialista
Pilares e Parede	Deterioração do concreto	Fissuras ou deslocamento do concreto	Concreto apresentando deficiência ou reatividade álcali-agregado	Enfraquecimento progressivo dos pilares e paredes		Se ocorrer exposição da armadura		Remoção do concreto afetado e reparo com argamassa. Plano de manutenção de estruturas de concreto
	Erosão do concreto a Jusante dos pilares ou no contato das paredes com a soleira	Desgaste superficial, mediante exposição do agregado ou da armadura	Concreto deficiente	Enfraquecimento progressivo das estruturas afetadas		Se ocorrer exposição da armadura		Limpeza superficial do concreto, reparo com argamassa. Consultar especialista

	Movimentação das juntas de contração	Abertura visível das juntas	Recalque diferencial, mediante acomodação da fundação	Implicações no perfil do vertedouro		Caso ocorra deslizamentos > 2mm	Caso ocorra deslizamentos >10mm	Consolidação da fundação.
	Movimentação das juntas de construção	Abertura visível, deslizamento diferencial	Juntas com deficiência construtiva, concreto sujeito à solicitações excessivas	Ruptura dos degraus		Caso ocorra deslizamentos > 2mm em várias juntas	Caso ocorra deslizamentos >10mm em várias juntas	Reforço dos degraus e paredes por ancoragens profundas até a fundação

Tabela 3.8 – Soleira e bacia de dissipação.

Local	Manifestações Patológicas	Indicadores	Mecanismos de degradação patológica	Alterações identificadas	Enquadramento da Deficiência			Medidas Reparadoras
					Baixa	Média	Alta	
Superfície	Fissuras superficiais	Distribuição sem padrão definido, não visíveis com superfície seca do concreto	Retração superficial, mediante as variações da temperatura ambiente	Não há influências na durabilidade				Monitorar o comportamento das fissuras
	Fissuras mapeadas	Fissuras aleatórias, abertas e extensivas, presença de sílica gel	Reatividade álcali-agregado	Redução da vida útil da barragem, deterioração progressiva			Caso a fissuração estiver comprometendo a resistência do concreto	Impermeabilização de montante; Monitoramento, abertura de junta de expansão. Consultar especialista
Juntas de contração	Abertura das juntas	Detectável na superfície abertura < 2mm	Variações da temperatura ambiente.	Nenhum efeito inadequado				Não necessárias
	Infiltração através das juntas	Áreas molhadas ou surgências de água particularmente junto da base	Veda juntas danificados, fissuras excessivas ou juntas de construção abertas e conectadas entre si	Perda d'água e lixiviação do concreto	Caso o fluxo for estável e $Q < 5$ l/min por junta	Caso o fluxo for intermitente e $Q > 500$ l/min por junta	Caso o fluxo for crescente e $Q > 500$ l/min por junta	Medidas especiais para cada caso específico devem ser propostas
Juntas horizontais de construção	Aberturas e infiltrações	Superfícies molhadas, infiltração, lixiviação e carbonatação	Ligação inadequada entre as camadas, mediante concreto poroso nas juntas	Perda d'água e lixiviação do concreto	Caso o fluxo for estável e $Q < 5$ l/min por bloco	Caso o fluxo for intermitente e $Q > 500$ l/min por bloco	Caso o fluxo for crescente e $Q > 500$ l/min por bloco	Análise detalhada do local para estabelecer qual o material que se adéqua ao reparo da anomalia

3.18. CARBONATAÇÃO

O fenômeno de transformação de hidróxidos em carbonatos é denominado carbonatação, sendo que a medida da velocidade deste processo é dependente da temperatura, umidade do ambiente, porosidade do concreto e a densidade de fissuras presentes na estrutura.

Cabe salientar, que as alternativas de controle ou minimização deste fenômeno são, em sua maioria, realizadas no momento e antes do início da concretagem das peças estruturais. Isto é válido, uma vez que alguns dos fatores que podem influenciar a qualidade estrutural referem-se a dosagem do concreto e o teor de silicato tricálcico (C3S) e silicato bicálcico (C2S) no cimento, bem como processos mais rigorosos de adensamento e cura.

Nas Inspeções de Segurança, as áreas que apresentam manifestações patológicas referentes a carbonatações consideradas críticas, deve-se propor reparos, promovendo condições para que as situações de despassivação das armaduras sejam controladas.

Profissionais técnicos, quando devido, podem solicitar ensaios que busquem avaliar a permeabilidade do concreto e a profundidade da carbonatação. Estes ensaios são solicitados apenas para situações que forem identificadas situações de degradação das estruturas de concreto e/ou das armaduras inseridas no interior destas.

Não é indicada a retirada do material lixiviado sem a indicação de profissionais habilitados, pois, com o processo de carreamento dos sais, os “canais”, que representam a permeabilidade do concreto, estão fechados. Sendo assim, é importante que as Inspeções de Segurança avaliem se as manifestações patológicas mantêm caráter progressivo ou se mantêm estagnada.

3.19. CORROSÃO DAS ARMADURAS PASSIVAS

A manutenção de estruturas de concreto armado é fundamental, pois esta é uma das formas de prolongar a vida útil destes elementos, promovendo condições para que as estruturas realizem corretamente as funções a que foram dimensionadas. A NBR 6118/14 define os cuidados referentes a durabilidade das estruturas dos pontos de vista dos projetos estruturais, conservação e estabilidade, durante a vida útil do empreendimento e estes elementos devem ser levados em conta nas inspeções a serem feitas.

Nas inspeções periódicas deve-se averiguar eventual corrosão das armaduras, de forma a identifica-las prevendo-se ações de recuperação e reparação necessárias. Ressalta-se que, os materiais utilizados nos reparos, devem apresentar propriedades físicas e químicas adequadas de resistência e permeabilidade as situações que estes estarão submetidos.

3.20. DESPLACAMENTO

Os deslocamentos podem vir a ser causados por inúmeros fenômenos tais como: ataque de organismos deterioradores; expansão térmica; infiltração de água; corrosão das armaduras. A exposição da região que sofreu esta avaria deve ser analisada, e os procedimentos de recuperação e reparação devem ser elaborados o mais breve possível, evitando assim, o ataque de forma prolongada das estruturas por agente degradantes,

resultando como um dos fatores a degradação do concreto e a despassivação das armaduras.

As correções mais simples, no que concerne a deslocamentos, é realizada primeiramente pela limpeza do local, retirada do material deteriorado e correção da região com a inserção de argamassa que apresente deformação e capacidade resistente suficiente para o uso que esta será submetida. Nos casos determinados como críticos, outras medidas de reparos devem ser realizadas conforme recomendação de especialista.

4. RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DE REGULAR DA BARRAGEM

A seguir, apresenta-se o relatório de inspeção elaborado a partir da visita técnica do dia 24/11/2021.

4.1. EQUIPE TÉCNICA

A inspeção da Barragem do Córrego Fetá foi realizada em 24/11/2021 por equipe multidisciplinar, coordenada pelo engenheiro Julio Fracarolli Canholi (CREA nº: 506.321.8270).

A vistoria da barragem abrangeu os seguintes elementos: ombreira esquerda, local onde se situa o vertedor da barragem. Em seguida foram inspecionados os taludes de montante, taludes de jusante, bacia de dissipação, saída de água dos filtros, ombreira direita, crista da barragem, reservatório e terreno a jusante onde se encontra parcialmente construído o canal de restituição.

A seguir apresenta-se um relatório fotográfico com algumas observações. Elas, acrescidas de informações coletadas na visita técnica foram utilizadas no preenchimento das fichas de avaliação.

Contextualização

A barragem ainda não se encontra em operação plena, sendo liberado o enchimento do reservatório até a cota máxima - 673,40 m. Esta cota foi alcançada somente durante um evento chuvoso. Atualmente ocorre na região uma estiagem severa e com o consumo da água do reservatório para o abastecimento da cidade de Louveira o reservatório esvaziou, encontrando-se atualmente, aproximadamente, na cota 671,0m, que é a cota geral do fundo do reservatório (ver fotos a seguir).

Segundo a SAE-Louveira a operação das comportas se dá com auxílio de operadores abrangendo um turno de 24 horas, contínuo, 7 dias por semana, podendo as comportas do vertedouro ser operadas nas modalidades de acionamento elétrico (rede ou gerador) ou manual.

O emboque da Tomada D'água seletiva que alimenta as válvulas dispersoras na condição atual do reservatório encontra-se no seco, permanecendo o período uma válvula totalmente aberta e outra na fechada.

Encontram-se implantados os piezômetros, marcos de recalque e régua limnimétrica de montante, sendo que na atual condição do reservatório tem sido lida a régua limnimétrica de montante todos os dias, as 8 da manhã. O medidor de vazão dos filtros internos da

barragem não foi terminado (a caixa está pronta, sem a interligação com os filtros, sem os vertedores e sem saída aparente para o córrego).

Será iniciada a leitura dos marcos de recalque por equipe própria da prefeitura semanalmente.

Com relação ao gerador destinado a operação das comportas do vertedouro e válvulas dispersoras, são realizados testes semanais.

Não fizeram manutenção conforme indicado pelo fabricante das comportas e válvulas, sendo realizadas apenas inspeções das condições gerais, fazendo-se testes de abertura e fechamento das comportas algumas vezes na semana. Não foi celebrado contrato de manutenção com os fabricantes das válvulas e comportas.

As fotos a seguir mostram alguns dos aspectos vistoriados.



Foto 1. Vista para o Reservatório de jusante para montante. Notar que ele se encontra vazio. Proteções íntegras na margem.



Foto 2. Vista da Estação de bombeamento que direciona a água que chega ao reservatório para a ETA. Tem um canal escavado que leva a água da extremidade de montante do reservatório para a depressão escavada para a colocação das tubulações de adução.



Foto 3. Vista para montante. Notar as quadro aduelas de 3m de altura e 3 m de largura na extremidade de montante do reservatório, por onde chega o córrego Fetá ao reservatório. Nas cheias elas trabalham afogadas.



Foto 4. Vista do talude de montante da barragem. Notar que a proteção não chega até a crista conforme concepção original de projeto.



Foto 5. Vista da crista e do Talude de jusante da Barragem, a partir da margem direita. Notar que ainda não foi realizada proteção conforme projeto, sendo usado grama ao invés de enrocamento na saída dos filtros. Notar canaleta de drenagem com saída sem proteção. Observar piezômetros instalados.



Foto 6. Vista por montante do vertedouro e barragem. A esquerda a tomada d'água seletiva.



Foto 7. Vista do Vertedouro por jusante. As quatro comportas do vertedouro fechadas. A direita na foto a escada para peixes (degraus tanque) e a galeria de saída da vazão sanitária.



Foto 8. Detalhe da comporta do vertedouro.



Foto 9. Vista da tomada d'água seletiva. Notar as três comportas em diferentes níveis. Em primeiro plano a saídas da escada para peixes.



Foto 10. Vista da saída da escada para peixes. Notar os mecanismos de acionamento das comportas de controle.



Foto 11. Vista de Trecho da escada para peixes e do canal de restituição do vertedouro parcialmente construído.



Foto 12. Vista para jusante a partir do vertedouro de canal de restituição parcialmente construído. Notar que as laterais do canal de restituição não foram protegidas com enrocamento conforme previsto em projeto.



Foto 13. Vista de jusante para montante do canal de restituição parcialmente escavado. Notar ao fundo o vertedouro.

4.1.1. AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS

As fichas de inspeção, foram elaboradas de acordo com o previsto na Portaria do DAEE do DAEE: 3907/2015 de 15 de dezembro de 2015., tomando-se por base a visita técnica. (ver as fotos da visita técnica e comentários). Em vermelho a classificação feita.

A seguir as orientações gerais seguidas no preenchimento das fichas.

Legenda

SITUAÇÃO:	MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP)
NA – Este item Não é Aplicável	I - Insignificante	0 - Nenhum
NE – Anomalia Não Existente	P - Pequena	1- Atenção
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez	M - Média	2- Alerta
DS – Anomalia Desapareceu	G- Grande	3- Emergência
DI – Anomalia Diminuiu		
PC – Anomalia Permaneceu Constante		
AU – Anomalia Aumentou		
NI – Este item Não foi Inspeccionado (Justificar)		

SITUAÇÃO- Caracterização das classificações. :

NA – Este item Não é Aplicável: O item examinado não é pertinente à barragem que esteja sendo inspecionada.

NE – Anomalia Não Existente: Quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item que esteja sendo examinado.

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da visita à barragem, aquela anomalia for constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores.

DS – Anomalia Desapareceu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior não mais esteja ocorrendo.

DI – Anomalia Diminuiu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia presente-se com menor intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

PC – Anomalia Permaneceu Constante: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia presente-se com igual intensidade ou a mesma dimensão, em relação ao

constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

AU – Anomalia Aumentou: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com maior intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, capaz de ser percebida pela inspeção ou informada pela pessoa responsável pela barragem.

NI – Este item Não foi Inspeccionado: Quando um determinado aspecto da barragem deveria ser examinado e por motivos alheios à pessoa que esteja inspecionando a barragem, a inspeção não foi realizada.

MAGNITUDE- Caracterização das classificações. ::

I - Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela equipe local da barragem

P - Pequena: Anomalia que pode ser resolvida pela própria equipe local da barragem.

M - Média: Anomalia que pode ser resolvida pela equipe local da barragem com apoio da equipe sede do empreendedor ou apoio externo.

G - Grande: Anomalia que só pode ser resolvida com apoio da equipe da sede do empreendedor ou apoio externo.

NÍVEL DE PERIGO DA ANOMALIA- Caracterização das classificações. ::

0 - Nenhum: não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação.

1 - Atenção: não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.

2 - Alerta: risco a segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.

3 - Emergência: risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

Nas planilhas a seguir estão em negrito o resultado das inspeções.

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÃO JUSTIFICATIVA
A .	INFRAESTRUTURA PERACIONAL														
1	Falta de documentação sobre barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
2	Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1	
3	Falta de treinamento do pessoal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	Em Processo
4	Precriedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	Em contratação
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
8	Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
9	Falta de acompanhamento da Gerência Regional	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
10	Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos Hidromecânicos e elétricos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	Em contratação
Comentários: Na época da visita o reservatório da barragem encontrava-se vazio e não existia autorização para operação acima da cota 673,40 m .															
SITUAÇÃO:										MAGNITUDE:			NÍVEL DE PERIGO (NP) :		Monitorando
NA – Este item Não é Aplicável		DI - Anomalia Diminuiu								I - Insignificante			0 - Nenhum		Em estudo
NE – Anomalia Não Existente		PC - Anomalia Permaneceu Constante								P - Pequena			1- Atenção		Em execução
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez		AU - Anomalia Aumentou								M - Média			2- Alerta		Resolvido
DS – Anomalia Desapareceu		NI - Este item não foi inspecionado (just.)								G- Grande			3- Emergência		Cancelado

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
B.	TALUDE DE MONTANTE	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
3	Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1	Rip rap parcialmente feito.
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
8	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	

Comentários:

SITUAÇÃO:	MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP) :	Monitorando	
NA – Este item Não é Aplicável	DI - Anomalia Diminuiu	I - Insignificante	0 - Nenhum	Em estudo
NE – Anomalia Não Existente	PC - Anomalia Permaneceu Constante	P - Pequena	1- Atenção	Em execução
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez	AU - Anomalia Aumentou	M - Média	2- Alerta	Resolvido
DS – Anomalia Desapareceu	NI - Este item não foi inspecionado (just.)	G- Grande	3- Emergência	Cancelado

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
C.	COROAMENTO	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Falha no revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Defeitos na drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
11	Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
12	Ameaça de trasbordamento da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															
SITUAÇÃO:										MAGNITUDE:			NÍVEL DE PERIGO (NP) :		Monitorando
NA – Este item Não é Aplicável					DI - Anomalia Diminuiu					I - Insignificante			0 - Nenhum		Em estudo
NE – Anomalia Não Existente					PC - Anomalia Permaneceu Constante					P - Pequena			1- Atenção		Em execução
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez					AU - Anomalia Aumentou					M - Média			2- Alerta		Resolvido
DS – Anomalia Desapareceu					NI - Este item não foi inspecionado (just.)					G- Grande			3- Emergência		Cancelado

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
D.	TALUDE DE JUSANTE	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Rachaduras/afundamento (concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1	Rip rap parcialmente feito.
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
12	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
14	Carreamento de material nos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		

Comentários:

SITUAÇÃO:	MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP) :	Monitorando	
NA – Este item Não éAplicável	DI - Anomalia Diminuiu	I - Insignificante	0 - Nenhum	Em estudo
NE – Anomalia Não Existente	PC - Anomalia Permaneceu Constante	P - Pequena	1- Atenção	Em execução
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez	AU - Anomalia Aumentou	M - Média	2- Alerta	Resolvido
DS – Anomalia Desapareceu	NI - Este item não foi inspecionado (just.)	G- Grande	3- Emergência	Cancelado

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
E.	REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Fuga d'água	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Erosão nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	2	o.
5	Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															
SITUAÇÃO:		MAGNITUDE:			NÍVEL DE PERIGO (NP) :			Monitorando							
NA – Este item Não éAplicável		DI - Anomalia Diminuiu			I - Insignificante			0 - Nenhum			Em estudo				
NE – Anomalia Não Existente		PC - Anomalia Permaneceu Constante			P - Pequena			1- Atenção			Em execução				
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez		AU - Anomalia Aumentou			M - Média			2- Alerta			Resolvido				
DS – Anomalia Desapareceu		NI - Este item não foi inspecionado (just.)			G- Grande			3- Emergência			Cancelado				

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
F.	INSTRUMENTAÇÃO	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1	Caixa está incompleta
5	Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de registro de leituras da instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	Em Estudo
7	Deficiência no poço de alívio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários.															
SITUAÇÃO:										MAGNITUDE:			NÍVEL DE PERIGO (NP):		Monitorando
NA – Este item Não é Aplicável					DI - Anomalia Diminuiu					I - Insignificante			0 - Nenhum		Em estudo
NE – Anomalia Não Existente					PC - Anomalia Permaneceu Constante					P - Pequena			1- Atenção		Em execução
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez					AU - Anomalia Aumentou					M - Média			2- Alerta		Resolvido
DS – Anomalia Desapareceu					NI - Este item não foi inspecionado (just.)					G- Grande			3- Emergência		Cancelado

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
G.	CANAIS DE APROXIMAÇÃO E RESTITUIÇÃO	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	Em estudo
2	Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Desalinhamento dos taludes e muros laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	2	O canal de restituição do vertedouro (jusante encontra-se parcialmente escavado.
5	Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	2	
6	Erosão na área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Construções irregulares (aterro, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		

Comentários: O canal de restituição do vertedouro (jusante encontra-se parcialmente escavado. Na cheia podem haver erosões importantes, podendo acarretar perigo para a barragem..

SITUAÇÃO:		MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP) :	
NA – Este item Não éAplicável	DI - Anomalia Diminuiu	I - Insignificante	0 - Nenhum	Monitorando
NE – Anomalia Não Existente	PC - Anomalia Permaneceu Constante	P - Pequena	1- Atenção	Em estudo
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez	AU - Anomalia Aumentou	M - Média	2- Alerta	Em execução
DS – Anomalia Desapareceu	NI - Este item não foi inspecionado (just.)	G- Grande	3- Emergência	Resolvido
				Cancelado

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
H.	SOLEIRA DO VERTEDOIRO E TRECHO A JUSANTE DAS COMPORTAS	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Descaçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Sinais de deslocamentos das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:.															
SITUAÇÃO:										MAGNITUDE:			NÍVEL DE PERIGO (NP) :		Monitorando
NA – Este item Não éAplicável		DI - Anomalia Diminuiu				I - Insignificante				0 - Nenhum		Em estudo			
NE – Anomalia Não Existente		PC - Anomalia Permaneceu Constante				P - Pequena				1- Atenção		Em execução			
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez		AU - Anomalia Aumentou				M - Média				2- Alerta		Resolvido			
DS – Anomalia Desapareceu		NI - Este item não foi inspecionado (just.)				G- Grande				3- Emergência		Cancelado			

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
J.	MUROS LATERAIS	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Erosão na fundação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Erosão nos contatos dos muros	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Rachaduras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários: Na época da visita o reservatório da barragem encontrava-se vazio e não existia autorização para operação acima da cota 673,40 m .															
SITUAÇÃO:										MAGNITUDE:		NÍVEL DE PERIGO (NP) :		Monitorando	
NA – Este item Não éAplicável		DI - Anomalia Diminuiu				I - Insignificante		0 - Nenhum		Em estudo					
NE – Anomalia Não Existente		PC - Anomalia Permaneceu Constante				P - Pequena		1- Atenção		Em execução					
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez		AU - Anomalia Aumentou				M - Média		2- Alerta		Resolvido					
DS – Anomalia Desapareceu		NI - Este item não foi inspecionado (just.)				G- Grande		3- Emergência		Cancelado					

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
K.	COMPORTAS DO VERTEDOURO	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Estrutura (corrosão, amassamento e falha na pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Defeito das rodas (comporta vagão)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Defeito no ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários: As comportas do vertedouro encontram-se operacionais tanto com operação com energia elétrica como manual.															
SITUAÇÃO:									MAGNITUDE:			NÍVEL DE PERIGO (NP) :		Monitorando	
NA – Este item Não éAplicável			DI - Anomalia Diminuiu						I - Insignificante			0 - Nenhum		Em estudo	
NE – Anomalia Não Existente			PC - Anomalia Permaneceu Constante						P - Pequena			1- Atenção		Em execução	
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez			AU - Anomalia Aumentou						M - Média			2- Alerta		Resolvido	
DS – Anomalia Desapareceu			NI - Este item não foi inspecionado (just.)						G- Grande			3- Emergência		Cancelado	

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS	
L.	RESERVATÓRIO	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
1	Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	Em estudo	
2	Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
3	Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
4	Indícios de má qualidade d'água	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
5	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
6	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
7	Desmoronamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
8	Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
9	Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	Em execução (ver comentários)	
10	Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
11	Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G			
Comentários: Crescimento da vegetação plantada na margem em andamento.																
SITUAÇÃO:										MAGNITUDE:				NÍVEL DE PERIGO (NP) :		Monitorando
NA – Este item Não éAplicável					DI - Anomalia Diminuiu					I - Insignificante				0 - Nenhum		Em estudo
NE – Anomalia Não Existente					PC - Anomalia Permaneceu Constante					P - Pequena				1- Atenção		Em execução
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez					AU - Anomalia Aumentou					M - Média				2- Alerta		Resolvido
DS – Anomalia Desapareceu					NI - Este item não foi inspecionado (just.)					G- Grande				3- Emergência		Cancelado

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
M.	Tomada d água e válvulas dispersoras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
1	Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Descaçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Sinais de deslocamentos das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Comportas da Tomada de água	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Tubulação das válvulas dispersoras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Válvulas Dispersoras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários: Na época da visita o reservatório da barragem encontrava-se vazio e não existia autorização para operação acima da cota 673,40 m .															
SITUAÇÃO:									MAGNITUDE:			NÍVEL DE PERIGO (NP) :			
NA – Este item Não éAplicável					DI - Anomalia Diminuiu				I - Insignificante			0 - Nenhum		Monitorando	
NE – Anomalia Não Existente					PC - Anomalia Permaneceu Constante				P - Pequena			1- Atenção		Em execução	
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez					AU - Anomalia Aumentou				M - Média			2- Alerta		Resolvido	
DS – Anomalia Desapareceu					NI - Este item não foi inspecionado (just.)				G- Grande			3- Emergência		Cancelado	

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	OBSERVAÇÕES / JUSTIFICATIVAS
N.	Escada para Peixes									I	P	M	G		
1	Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Deterioração da superfície do concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Descalçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Sinais de deslocamentos das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Comportas da Escada para Peixes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Canal de aproximação da Escada	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1	A não construção de canal a jusante provavelmente impede a chegada de peixes a escada.

Comentários: Na época da visita o reservatório da barragem encontrava-se vazio e não existia autorização para operação acima da cota 673,40 m .

SITUAÇÃO:		MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP) :	
NA – Este item Não éAplicável	DI - Anomalia Diminuiu	I - Insignificante	0 - Nenhum	Monitorando
NE – Anomalia Não Existente	PC - Anomalia Permaneceu Constante	P - Pequena	1- Atenção	Em estudo
PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez	AU - Anomalia Aumentou	M - Média	2- Alerta	Em execução
DS – Anomalia Desapareceu	NI - Este item não foi inspecionado (just.)	G- Grande	3- Emergência	Resolvido
				Cancelado

5. INFORMAÇÕES/ESTUDOS COMPLEMENTARES

5.1. RELATÓRIO COMPLETO DE ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM

A seguir apresentam-se a metodologia e resultados para os estudos de rompimento de barragem.

5.1.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE RUPTURA DE BARRAGEM

De acordo com a bibliografia existente sobre o assunto e com base nas estatísticas de acidentes reais, o tempo de formação de brechas de ruptura em barragens de terra, até o colapso total, varia entre 1 e 4 horas. Tempos inferiores a 0,5 hora são considerados mais desastrosos, porém eles estariam associados a outras hipóteses, situações sobre as quais não se tem nenhum controle, como, por exemplo, a ocorrência de um sismo de grande magnitude (terremoto, que é atípico no Brasil) ou de um atentado terrorista com bombas de alto poder de destruição, situações estas que podem ser consideradas mais improváveis.

Na história da construção de barragens, desde o início desta atividade da Construção Civil, existem registros de uma série de casos de ruptura. O homem tem aprendido pouco, a partir dos sucessos, mas muito, dos erros cometidos. A ruptura de uma barragem é o resultado de um conjunto complexo de causas e mecanismos, que devem ser interpretados com extremo cuidado (Londe, P., 1982).

A ruptura de uma barragem pode ser classificada em quatro categorias mais comuns:

- galgamento (overtopping): a provável causa seria a falta de capacidade do sistema extravasor diante de um evento hidrometeorológico excepcional, superior ao previsto no projeto ou a obstrução do vertedouro;
- erosão regressiva interna do maciço (piping): a causa estaria relacionada com o estabelecimento de um fluxo de água oriundo de montante que afloraria no talude de jusante da barragem; o escoamento começaria a partir de um orifício relativamente pequeno e, dependendo das condições de pressão e descargas por essa abertura, essa brecha interna no maciço poderia aumentar de forma mais lenta ou mais rápida até provocar a ruptura final do maciço;
- escorregamento de taludes da barragem: a causa poderia ser a ocorrência de uma instabilidade do maciço de terra, evento este que, normalmente, também estaria associado a eventos chuvosos atípicos ou sismos, mas que também poderia ocorrer por outros motivos;
- escorregamento de taludes nas margens do reservatório: a causa poderia ser um sismo, a ocorrência de eventos chuvosos atípicos, ou mesmo resultado da ação antrópica nas proximidades do reservatório (desmatamento, por exemplo); neste caso, a onda gerada pela invasão de uma grande massa de terra no reservatório poderia provocar o galgamento da barragem e seu rompimento.

Em 1953 o engenheiro americano T.A.Middlebrooks elaborou um estudo estatístico utilizando-se de 200 casos históricos de ruptura de barragens, ocorridos em um período superior a 100 anos, chegando à conclusão de que somente 15% do número

total de acidentes foram devidos a escorregamentos, isto é, que podiam ser avaliados por um conceito usual de fator de segurança. Os restantes 85 %, foram motivados por causas que não podiam ser cobertas por análises de estabilidade convencionais. A distribuição estatística das causas por ele encontradas para as rupturas foi a seguinte:

- galgamento da crista: 30 %
- erosão interna: 20 %
- instabilidade de taludes: 15 %
- ruptura de galerias embutidas no aterro: 13 %
- deficiência de proteção do talude de montante: 5 %
- outras causas diversas: 7 %
- causas desconhecidas: 5 %

Em 1975, ASCE/USCOLD apresentaram o resultado de um levantamento das causas de rupturas de barragens de terra e de enrocamento, com mais de 15 metros de altura, ocorridas entre 1900 e 1975, que podem ser resumidos nos seguintes itens:

- galgamento da crista: 35 %
- problemas de fundação: 21 %
- piping e percolação: 38 %
- outras causas: 6 %

Uma relação mais detalhada do número de causas de ruptura de barragens de terra e de enrocamento foi apresentada pelo ICOLD, em 1983 (Fell, R. et al, 1992), conforme relacionado a seguir:

- percolação pela fundação: 26
- percolação pelo maciço da barragem: 38
- recalques diferenciais: 31
- erosão interna na barragem: 49
- erosão interna na fundação: 17
- escorregamento do talude de jusante: 16
- deficiência de compactação: 12
- escorregamento do talude de montante: 5
- ligação com estrutura de concreto: 6
- deformação e subsidência: 7
- resistência ao cisalhamento: 5
- pressões neutras: 5

5.1.2. MODELO DE BRECHA DE RUPTURA

Existem diferentes métodos de cálculo de uma brecha de ruptura de barragem; o trabalho de MacDonald e Langridge-Monopolis (1984) representa uma tentativa de prever os principais parâmetros de um processo de ruptura de barragem, através de um procedimento prático, baseado na experiência de 42 casos reais. Uma consideração interessante dessa análise refere-se à quantidade de material erodido do maciço de terra, que é diretamente associado com o volume de água e altura da barragem. Entretanto ao longo das últimas décadas novos estudos e formulações vêm ganhando destaque por sua praticidade de uso e bons resultados, como é o caso dos estudos de Froehlich (2008). Desta forma, optou-se por fixar as características de formação de brecha utilizando-se o método de Froehlich.

De acordo com as diversas fontes consultadas para a realização do estudo, há um consenso geral sobre as considerações básicas para se avaliar os parâmetros de formação de brechas de ruptura em barragens de terra. Normalmente, os seguintes são adotados:

- largura final da brecha = 1/2 a 4 vezes a altura da barragem;
- inclinação dos taludes da brecha = variando entre vertical e 1V:1H;
- tempo de formação da brecha = 0,3 a 4 horas.

5.1.3. MODELO HIDRODINÂMICO

O modelo matemático empregado para simulação da propagação de ondas de cheia provenientes de uma ruptura hipotética da Barragem de Feta foi o software HEC-RAS 5.0.3 (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System). O modelo se baseia na resolução das equações uni ou bidimensionais, considerando regimes permanentes ou não permanentes.

No presente estudo foi considerado um modelo bidimensional, que passou por um processo de calibração com o auxílio do módulo de regime permanente e unidimensional do HEC-RAS. O processo de calibração está descrito no item 5.1.7.

Na preparação do modelo de simulação hidrodinâmica bidimensional do HEC-RAS são necessárias as seguintes informações:

- geometria: malha desenvolvida no módulo bidimensional do HEC-RAS com células de tamanho entre 5 a 12 m de lado, perfazendo um total de ~35.000 elementos, tendo sido discretizada com células de 5 a 10 m nos trechos de calha e singularidades e células de 12 m nas margens
- coeficientes de rugosidade: para o desenvolvimento do modelo são utilizados coeficientes de perda de energia, como o coeficiente de Manning, para avaliação das perdas por atrito e também coeficientes de contração e expansão. Adotou-se a rugosidade da calha ajustada conforme descrito no item 5.1.7;
- condições de contorno: são condições introduzidas nos extremos dos trechos estudados, a montante e jusante do modelo, para que o modelo dê início aos cálculos da superfície da linha d'água. É possível a utilização de alguns tipos diferentes de condições de contorno no HEC-RAS, elevação da superfície da água, profundidade crítica, profundidade normal (em geral é utilizada aquela para a declividade média do

talvegue), curva chave e hidrogramas. Para o presente estudo foram utilizadas as seguintes condições de contorno a montante do modelo: um hidrograma “flat” (assumindo uma vazão constante ao longo do tempo) a montante do córrego Fetae a Curva Cota x Volume do reservatório da Barragem de Feta. Como condição de contorno a jusante, foi assumida a profundidade normal do córrego Feta no trecho de jusante;

- condições de Cálculo: além das informações geométricas, de escoamento, condições de contorno e coeficientes de perda de energia hidráulica, é necessário que sejam informados os tempos (intervalos) de cálculo e de obtenção de resultados. Para o presente estudo foram considerados tempos de cálculo de 2 segundos e de resultados a cada 1 minuto.

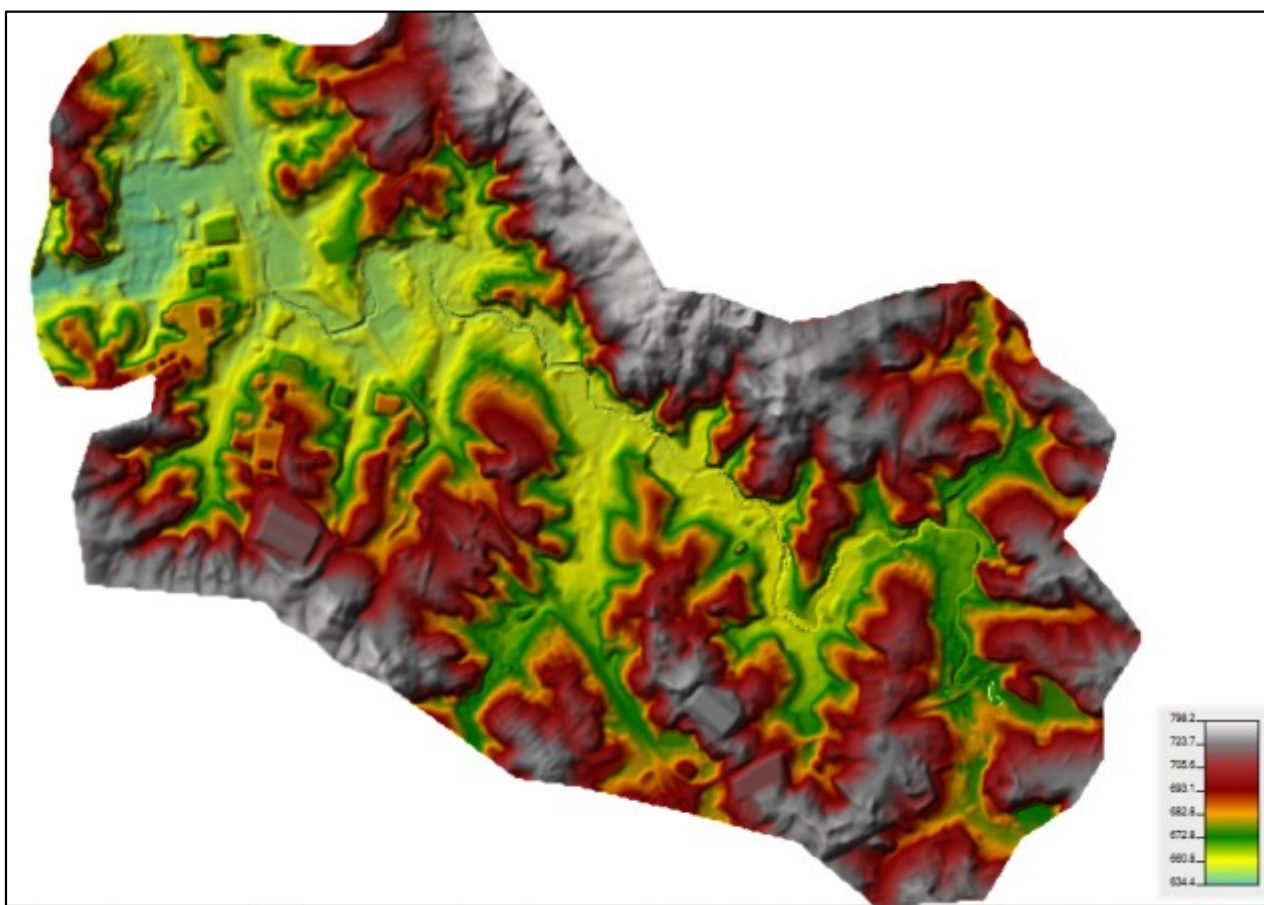
5.1.4. ESTUDO DE CHEIAS MÁXIMAS

Os estudos de cheias máximas da Barragem de Feta foram reavaliados para fins de elaboração do presente Estudo Hipotético de Rompimento de Barragem. Eles se encontram consubstanciados no item 3.4.5 do Volume I deste Plano de Segurança de Barragem.

5.1.5. REFERENCIA CARTOGRÁFICA

A base topográfica foi desenvolvida a partir do levantamento topográfico do Município de Louveira disponibilizado pela prefeitura, do levantamento topobatimétrico do trecho da travessia da rua Luiz Gonzada (TR-08) do rio Capivari, documento No DE-307-15-T01-00-00, cadastramento das travessias do Município de Louveira e de cartas da EMPLASA caracterizando o trecho do Município Vinhedo. Em seguida, esta base foi introduzida no modelo HEC-RAS 2D conforme indica a Figura 5.1.

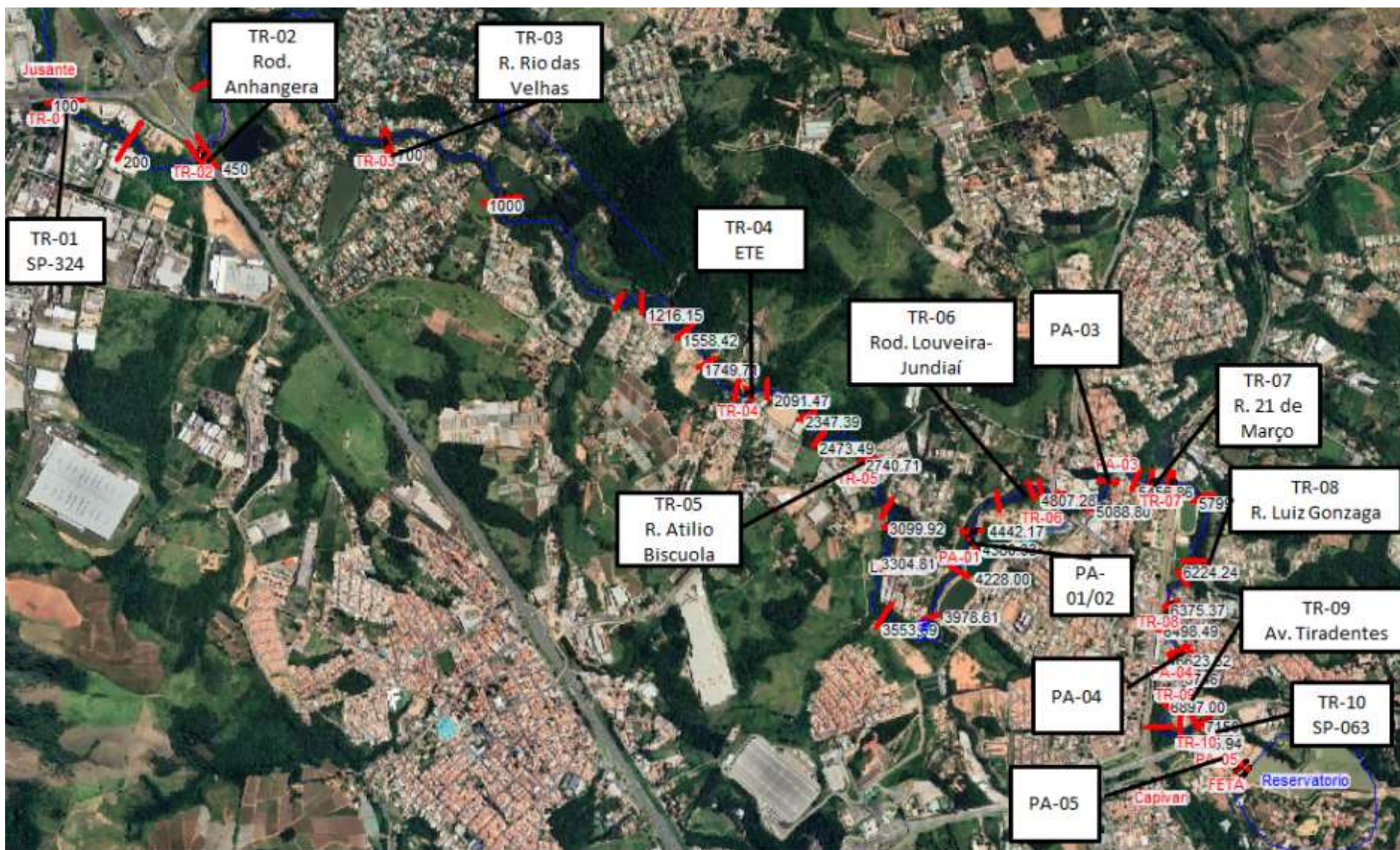
Figura 5.1 – Topobatimetria introduzida no modelo HEC-RAS 2D.



5.1.6. TOPOLOGIA

A Figura 5.2 apresenta a topologia do córrego Feta que foi representada no modelo matemático.

Figura 5.2 - Topologia do córrego Feta representada no HEC-RAS 5.0.3.



O ajuste dos parâmetros de rugosidade do modelo foi feito a partir da calibragem, sugerindo uma rugosidade de Manning de 0,025 na calha do córrego Feta. A malha desenvolvida no presente estudo é composta por polígonos de 5 a 12 m de lado, perfazendo uma malha com um total de ~35.000 células. Conforme mostra a Figura 5.3.

Figura 5.3– Aspecto da malha desenvolvida no modelo HEC-RAS 2D.



5.1.7. CALIBRAÇÃO

Com o intuito de aferir a calha do rio Capivari, foi realizado um ajuste da rugosidade de Manning de forma a representar alguns níveis de referência com suficiente precisão no modelo HEC-RAS. A Área de Risco de Inundação LOU-05 (R1), localizada no bairro Jardim Niero e próxima ao centro da cidade, foi definido pelo IPT caracterizando a cheia de grande magnitude ocorrida no município de Louveira em janeiro de 2011. O relatório sobre Mapeamento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco de Deslizamentos e Inundações do Município de Louveira (SP) apresentou esta informação que foi utilizada como referência para esta aferição do modelo matemático.

O módulo de regime permanente unidimensional do modelo HEC-RAS 5.0.3 foi adotado assumindo-se as seções topobatimétricas do rio Capivari e do córrego Feta desde a Barragem Feta até uma seção localizada a 11 km a jusante do eixo deste barramento.

A Figura 5.4 mostra uma comparação entre o mapeamento da área de risco de inundação LOU-05 e a mancha de inundação obtida na simulação considerando a cheia de recorrência de TR=10 anos ocorrida em Janeiro de 2011.

Figura 5.4 – Aferição da rugosidade de Manning – Comparação entre a Área de Risco de Inundação LOU-05 (R1) definido pelo IPT e a mancha de inundação simulada no modelo HEC-RAS para uma cheia de recorrência de $Tr=10$ anos



(referência: Mapeamento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco de Deslizamentos e Inundações do Município de Louveira (SP) – IPT, 2013)

Analisando a Figura 5.4 observa-se uma boa aderência entre a cheia de $Tr=10$ anos simulada pelo modelo matemático e a área LOU-05 mapeada pelo IPT. Desta maneira, pode-se assumir que a rugosidade de Manning de 0,025 está adequada para representar o trecho da calha do rio Capivari em estudo.

5.1.8. FORMULAÇÃO DE CENÁRIOS HIPOTÉTICOS E BRECHAS DE RUPTURA

Foram estudados dois cenários de ruptura da barragem. Um cenário de ruptura por piping e um cenário de ruptura por galgamento da barragem, conforme descrito a seguir:

CENÁRIO 1: durante uma operação normal com a ocorrência de uma cheia média anual seria estabelecida um condição de piping.

CENÁRIO 2: durante a ocorrência da cheia de projeto de TR=1.000 anos, haveria overtopping da crista.

A Tabela 5.1 mostra a configuração dos cenários estudados

Tabela 5.1 - Cenários de ruptura da barragem

CENÁRIO	Condição inicial do Córrego Feta		NA inicial do Reservatório Feta(m)	Condição de ruptura
	TR (anos)	Q (m3/s)		
1	2	25	676,30	Pipping
2	1.000	185	677,50	Galgamento

Os Estudos de Remanso apresentados no item 3.6 do Volume I demonstraram que seria necessário ampliar a capacidade de vazão da travessia TR-10 existente sob a SP-063, que conta com uma galeria com duas células de 3,0 x 3,7m, acrescentando-se dois "Tunnel Liner", com diâmetro de 2,6m. Além disso, concluiu-se que seria necessário rebaixar um trecho do leito do Córrego Fetá a jusante da rodovia, em um trecho de 70 m, para a cota 667m após ao desemboque do túnel.

A execução dos túneis liner que transpõem a rodovia SP-063, em sua configuração final, dependem da ampliação da rodovia que passará em breve de uma pista simples para uma pista dupla, o que exige um alargamento do seu leito carroçável e da base do aterro, não sendo viável, no momento, proceder a execução dos tuneis liner de imediato.

Desta forma, os cenários de rompimento de barragem considerados assumiram a capacidade atual da travessia, isto é a existência de duas galerias de 3,0m de base por 3,7m, sem contar com a ampliação dos dois tuneis liner adicionais.

Além disso, os cenários de rompimento de barragem consideram o rompimento em cascata do aterro da travessia da SP-067 (TR-10) por galgamento, após o trecho intermediário entre a TR-10 e a Barragem Feta alcançar o nível d'água 675m.

As simulações preliminares indicaram que o CENÁRIO 1 seria o condição crítica de rompimento da Barragem Feta, conforme mostra a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Cenário de ruptura da barragem – Cenário Crítico

Trecho	Condição inicial do Rio Capivari	Reservatório			Condição de ruptura
	TR (anos)	NA inicial (m)	TR (anos)	Q _{ruptura} (m ³ /s)	
Barragem Feta	2	676,33	2	363	Pipping
TR-10 SP-063		675,00	2	607	Galgamento

A Tabela 5.3 apresenta as características da brecha assumida no presente estudo.

Tabela 5.3 - Características da brecha no cenário crítico (Cenário 1)

Trecho	Altura da Brecha (m)	Largura da Brecha (m)	Tempo de abertura (horas)	Q Ruptura (m ³ /s)
Barragem Feta	4,20	50	0,34	363
TR-10 SP-063	5,00	15	0,30	244
Q RUPTURA TOTAL				607

Resultados das Simulações com Modelo Hidrodinâmico (HEC-RAS)

A Tabela 5.4 e Figura 5.4 apresentam os resultados de linha d'água máxima para a passagem da cheia resultante da simulação do hipotético rompimento da Barragem de Feta para o cenário mais crítico (Cenário 1).

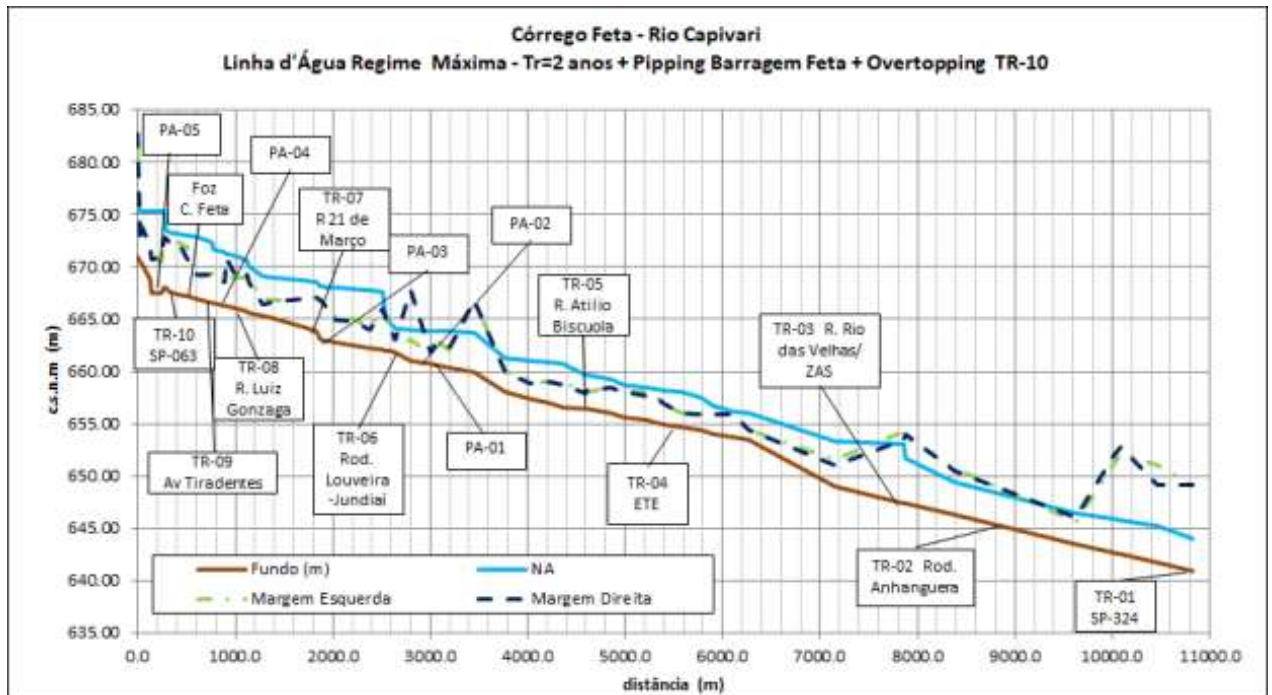
Tabela 5.4 - Córrego Fetá – Rio Capivari - Linha d'Água Máxima – Cenário 1

Seção	Detalhe	Estaca (km)	Fundo (m)	NA max (m)
7492.55	Barragem FETA	0,0	671,00	675,36
7480		22,0	670,45	675,34
7460		40,0	670,30	675,35
7420		120,0	668,78	675,36
7400	PA-05	135,0	667,56	675,36
7380		155,0	667,56	675,36
7300		235,0	667,50	675,36
7264.69	TR-10	265,0	668,00	675,36
7221.4	SP-063	290,0	668,00	673,55
7140		330,0	667,61	673,36
7105.94		416,0	667,41	673,14
7019.24	Foz do C. Feta	502,7	667,22	672,98
6897		597,7	666,98	672,88
6746	TR-09	757,9	666,58	672,40
6736.84	Av. Tiradentes	772,9	666,55	671,72
6623.52	PA-04	886,2	666,29	671,36
6610.34		908,2	666,26	671,32
6498.49		1020,0	666,01	671,02
6375.37	TR-08	1128,0	665,73	670,65
6360.4	R. Luiz Gonzaga	1143,0	665,67	670,05
6224.24		1279,2	665,32	669,05
6106.36		1397,0	665,00	668,95
5799.26		1704,1	664,22	668,65
5665.53	TR-07	1837,8	663,87	668,51
5597.54	R. 21 de Março	1877,8	663,02	668,18
5567	PA-03	1947,8	662,96	668,09
5557.45	R. Rodrigues Alves	1957,8	662,96	668,03
5456.86		2032,8	662,81	667,97
5268.9		2202,8	662,52	667,90
5088.8		2382,9	662,25	667,78
4942.61		2507,9	662,03	667,64
4915.72	TR-06	2534,8	661,96	665,51
4851.29	Rod Louveira Jundiáí	2599,3	662,00	664,53

Tabela 5.4 - Córrego Fetá – Rio Capivari - Linha d'Água Máxima – Cenário 1 (continuação).

Seção	Detalhe	Estaca (km)	Fundo (m)	NA max (m)
4807.28		2643,3	661,77	664,12
4663.59		2801,3	661,00	663,96
4442.17	PA-02	2995,3	660,68	663,91
4380.33	PA-01	3057,1	660,59	663,85
4228		3209,4	660,36	663,81
3978.61		3449,4	660,00	663,70
3553.69		3774,4	658,00	661,24
3304.81		4023,3	657,40	661,02
3099.92		4228,2	656,91	660,86
2973.07		4355,1	656,60	660,70
2740.71	TR-05	4587,4	656,36	659,68
2725.09	R. Atilio Biscuola	4603,0	656,38	659,64
2473.49		4854,6	655,98	659,24
2347.39		4980,7	655,64	658,72
2091.47		5236,6	655,38	658,47
2008.18	TR-04	5319,9	655,03	658,36
1993	ETE	5334,9	655,03	658,36
1936.39		5394,9	654,92	658,21
1749.71		5581,6	654,62	658,02
1558.42		5772,9	654,34	657,57
1429.15		5902,2	654,00	656,63
1216.15		6115,2	653,69	656,20
1063.55		6267,8	653,47	655,98
1000		7149,8	649,00	653,34
700	TR-03 R. Rio das Velhas/	7859,0	647,42	653,09
680	ZAS	7874,8	647,39	651,66
600		8379,7	646,27	649,39
500		9624,3	643,50	646,49
450	TR-02	10013,2	642,64	645,85
400	Rod. Anhanguera	10082,4	642,48	645,78
200		10458,8	641,65	645,15
100	TR-01 SP-324	10825,8	640,83	644,04

Figura 5.5 – Córrego Fetá- Rio Capivari – Linha d'Água Máxima – Cenário 1



As Figuras 5.6 e 5.7 apresentam respectivamente os hidrogramas e límnigramas resultantes da passagem da cheia de decamilenar com rompimento de barragem Feta por pipping e rompimento em cascata do aterro da travessia TR-10 por overtopping (Cenário 1) em pontos de maior interesse.

Figura 5.6 – Córrego Feta- Rio Capivari – Hidrogramas resultantes – Cenário 2

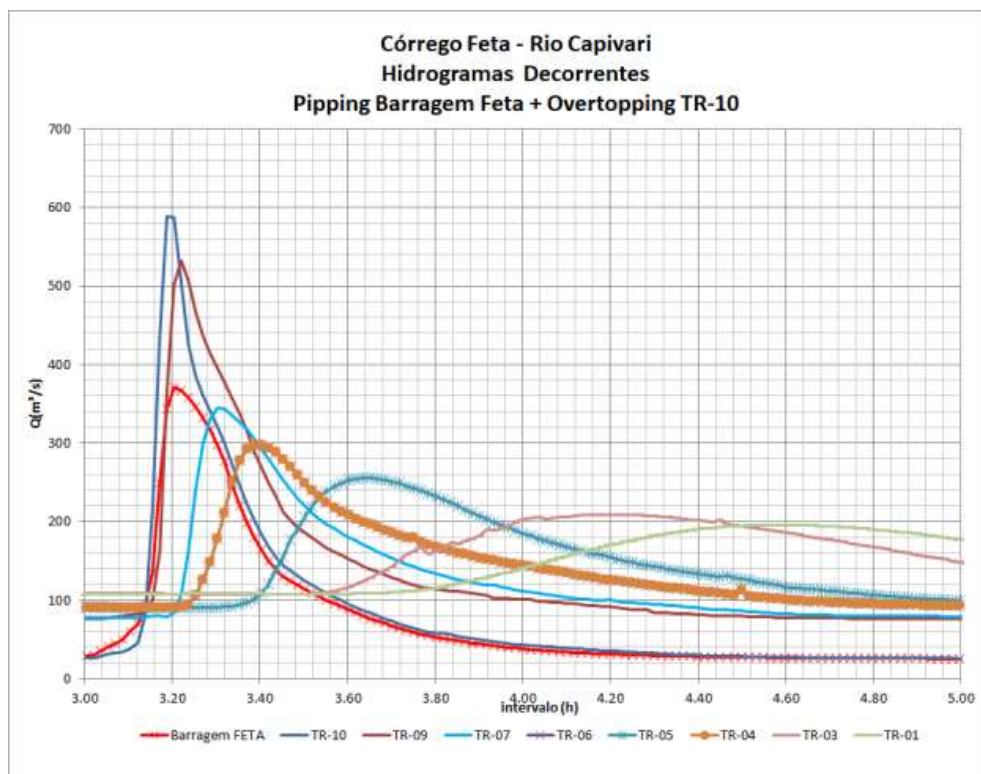
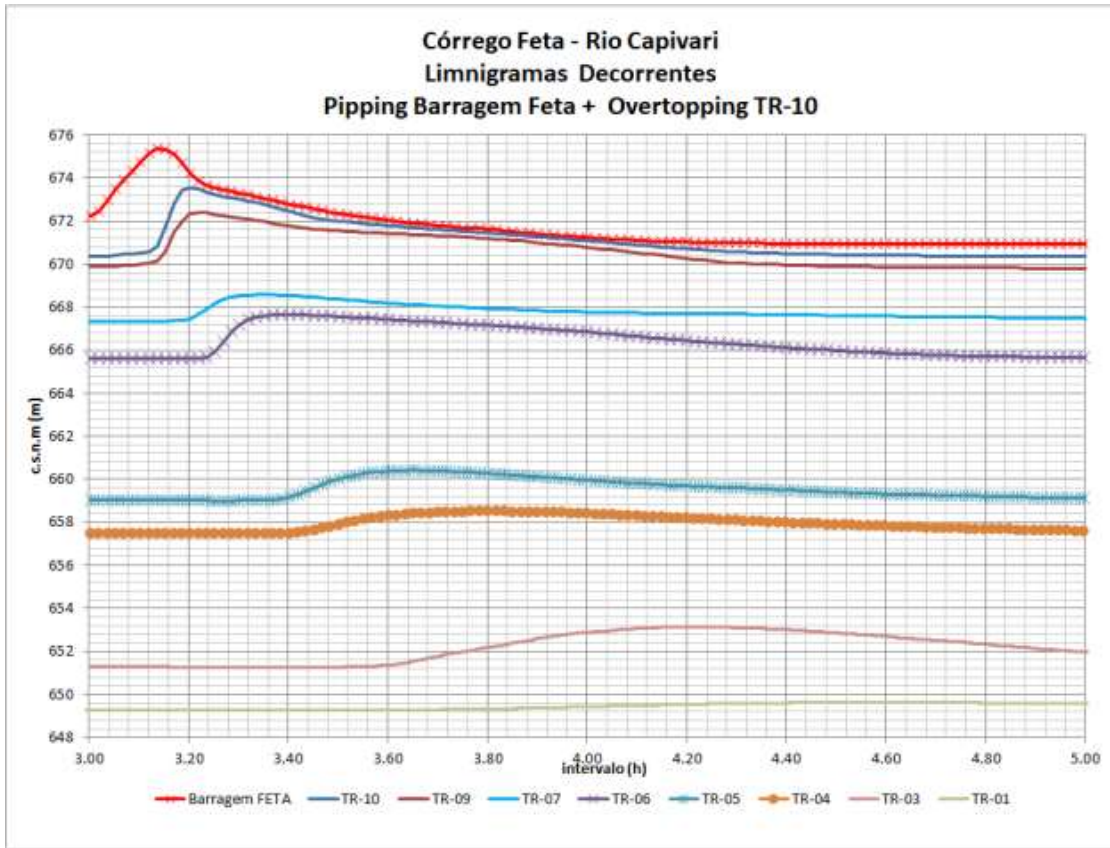
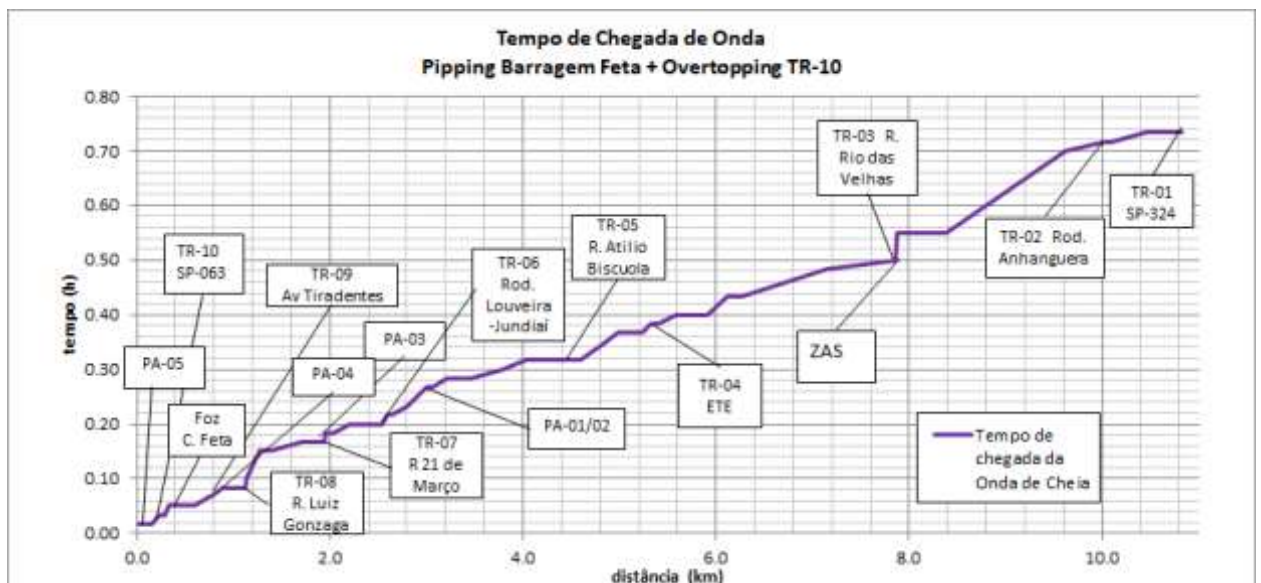


Figura 5.7 – Línigramas resultantes – Cenário 2



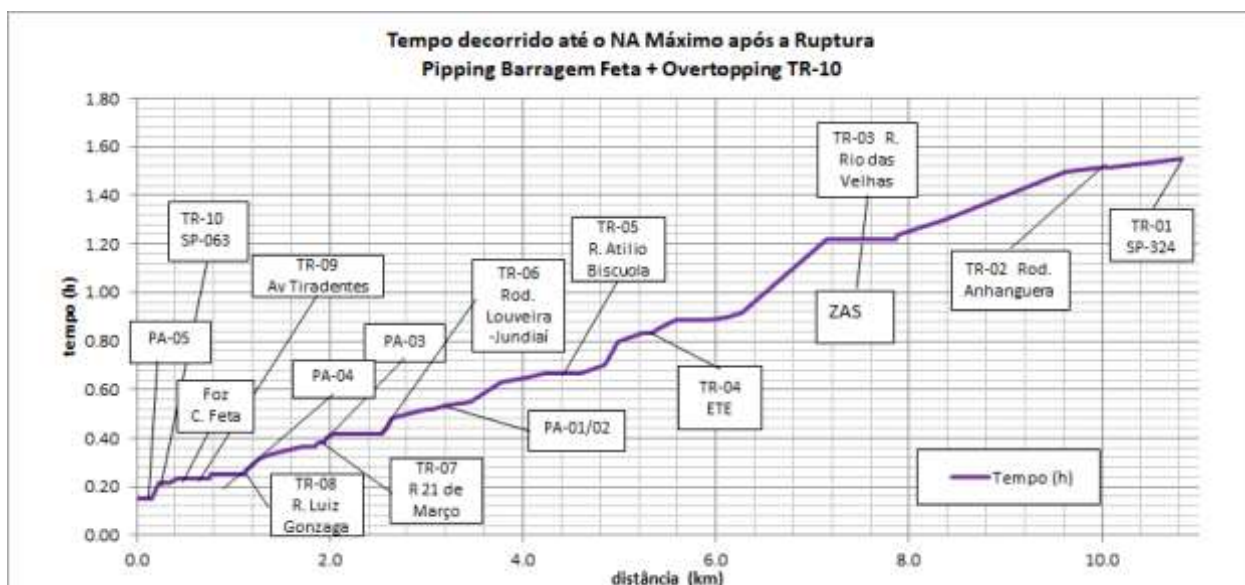
O Gráfico da Figura 5.8 apresenta o tempo (em horas) decorrido a partir do instante do rompimento da Barragem, até a chegada da onda nos diversos locais de interesse. Esta forma de representar os tempos possibilita identificar a Zona de Auto Salvamento (ZAS) e a Zona Secundária de Salvamento (ZSS).

Figura 5.8 – Córrego Fetá– Tempo decorrido até a chegada da onda.



Com base nos picos dos límnigramas mostrados na Figura 16, foi elaborada a Figura 5.9, que mostra os tempos decorridos desde a ruptura da barragem para os níveis d'água atingirem o seu valor máximo.

Figura 5.9 – Córrego Fetá– Tempo decorrido até o nível d'água máximo – Cenário 1 (crítico)



5.1.9. SITUAÇÃO NA ÁREA URBANA DE LOUVEIRA

Tendo em vista a Figura 5.8, o tempo de percurso da onda de cheia, desde o eixo da Barragem de Feta até seção da travessia da avenida Tiradentes (TR-09), a travessia da rua 21 de Março (TR-07), a travessia da rua Atilio Biscuola (TR-05) e a travessia de acesso a ETE (TR-04) é de 4, 10, 19 e 23 minutos respectivamente.

Portanto, a travessia da avenida Tiradentes (TR-09), a travessia da rua 21 de Março (TR-07), a travessia da rua Atilio Biscuola (TR-05), a travessia de acesso a ETE (TR-04) e a região central da cidade de Louveira encontram-se dentro da ZAS – Zona de Auto Salvamento.

Como a cidade de Louveira se encontra na ZAS – Zona de Auto-salvamento, deve-se apresentar uma estimativa da elevação do nível d'água resultante do rompimento na região central deste município, o que pode auxiliar as equipes da Defesa Civil, do Corpo de Bombeiros e da Prefeitura a se mobilizarem para as devidas providências. A Tabela 5.5 apresenta este nível d'água.

Tabela 5.5 - Nível d'água no rio Capivari resultante do rompimento hipotético no trecho do bairro Jardim Niero (Cenário 1).

Cenário	Vazões (m³/s)		Níveis d'água (m)		ΔH (m)
	Qinicial (Antes da Ruptura)	Qmáx (Após a Ruptura)	Antes da Ruptura	Após da Ruptura	
Crítico	88	360	665,75	667,99	2,24

5.1.10. MAPAS DE INUNDAÇÃO

Os desenhos 5176.PF.A1.004 e 5176.PF.A1.005 mostram as Manchas de Inundação geradas no modelo HEC-RAS:

- Mapa de Inundação no Município de Louveira - 5176.PF.A1.004;
- Mapa de Inundação no Município de Vinhedo - 5176.PF.A1.005;

Como resultado, na improvável hipótese de ruptura da Barragem de Feta, uma das consequências seria a necessidade de recomposição da proteção destes taludes destas pontes/ travessias.

5.1.11. CONCLUSÕES

Conforme observado, os efeitos do rompimento da Barragem de Fetá foram apresentados ao longo do rio Capivari desde a barragem Feta até a rodovia SP-324.

Como se pode observar no desenho 5176.PF.A1.005 na região da ZAS constam edificações, galpões industriais e infraestrutura urbana e grande adensamento populacional.

Portanto, as cidades de Louveira e Vinhedo encontram-se dentro da ZAS – Zona de Auto Salvamento.

O tempo de percurso da onda de rompimento hipotético, desde o eixo da Barragem de Feta até seção da travessia da avenida Tiradentes (TR-09), a travessia da rua 21 de Março (TR-07), a travessia da rua Atilio Biscuola (TR-05) e a travessia de acesso a ETE (TR-04) é de 4, 10, 19 e 23 minutos respectivamente

É de suma importância que, na eventualidade de uma Emergência, a equipe de operação da Barragem Feta comunique imediatamente a Defesa Civil para as devidas providencia de emergência.

5.2. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HIDROLÓGICO-HIDRÁULICA DA BARRAGEM, CONFORME INSTRUÇÃO TÉCNICA DPO Nº 11, DE 30 DE MAIO DE 2017.

5.2.1. DESCRIÇÃO DOS ÓRGÃO RESPONSÁVEIS PELO ESCOAMENTO DAS CHEIAS.

O Sistema extravasor da Barragem de Feta é descrito em detalhes no Volume I do PSB, sendo que o texto apresentado a seguir é um extrato do apresentado anteriormente no referido volume. Ele é composto de um canal de aproximação com 35m de largura, escavado na cota 671,0m, com 140m de comprimento de um vertedouro de soleira espessa com cota da soleira 672,5m, dotado de quatro comportas de 5m de largura e 4m de altura. A cota de coroamento do vertedouro é a mesma da barragem, cota 677,5m. A jusante do vertedouro foi projetado um canal de restituição, com uma largura média de 35m e 190m de comprimento. Ele foi concebido considerando trechos em rampa e degraus, iniciando-se na cota 670,50m tendo-se em seu final na cota 669,0m. Ao final deste canal tem-se a rodovia Romildo Prado, SP 063.

Para transpor a referida rodovia foi previsto a execução de dois túneis liner de 2,60m de diâmetro interno, complementando a capacidade de vazão de duas galerias existentes com duas células de 3,0m de base e 3,7m de altura e cota de piso 668,9m

De acordo com a INSTRUÇÃO DPO Nº 002, de 30/07/2007 do DAEE, órgão responsável pela fiscalização e outorga de obras hidráulicas no Estado de São Paulo, em seus critérios gerais para projetos de obras hidráulicas sujeitas a outorga estabelece que no caso da Barragem do córrego Feta deve-se projetar o vertedouro para atender a uma vazão milenar, com uma borda livre mínima de 0,5m.

Seguindo este critério, o vertedouro da Barragem do Córrego Fetá foi dimensionado para escoar uma vazão milenar que, calculada pelo método do Soil Conservation Service amortecida no reservatório.

Com descrito acima, o sistema de extravasão da barragem é composto de um conjunto de estruturas sendo que o nível a água a montante do barramento depende deste conjunto de canais, vertedouro e em especial da transposição da SP-063.

Nas análises realizadas concluiu-se que seria necessário ampliar a capacidade de vazão da travessia existente sob a SP-063 que conta com uma galeria com duas células de 3,0m de base e 3,7m de altura e cota de piso 668,9m, acrescentando-se a travessia dois "Tunnel Liner", com diâmetro externo de 2,8m, revestido internamente por uma camada de concreto com 0,10m de espessura, ficando com um diâmetro útil de 2,6m e piso na cota 667,0m.

Também concluiu-se que seria necessário rebaixar um trecho do leito do Córrego Fetá a jusante da rodovia, em um trecho de 70 m, para a cota 667m após ao desemboque do túnel.

A execução dos túneis liner que transpõem a rodovia SP-063, em sua configuração final, dependem da ampliação da rodovia que passará de uma pista simples para uma pista dupla, o que exige um alargamento do seu leito carroçável e da base do aterro, sendo que a execução dos tuneis liner deve ser feita em conjunto com a ampliação da rodovia.

Desta forma, as verificações de segurança da barragem foram feitas considerando duas condições: considerando a capacidade atual da travessia, isto é a existência de duas galerias de 3,0m de base por 3,7m e uma condição já contando com a sua ampliação , quando são construídos os dois tuneis liner adicionais que tem diâmetro interno útil de 2,6m.

Nos dois casos , os cálculos para a obtenção das linhas d água, velocidades e demais grandezas para efetuar o dimensionamento das estruturas e canais ao longo de todo o trecho de estudo foram feitos através do modelo HEC RAS 4.1.0. cuja topologia é mostrada na Figura a seguir.

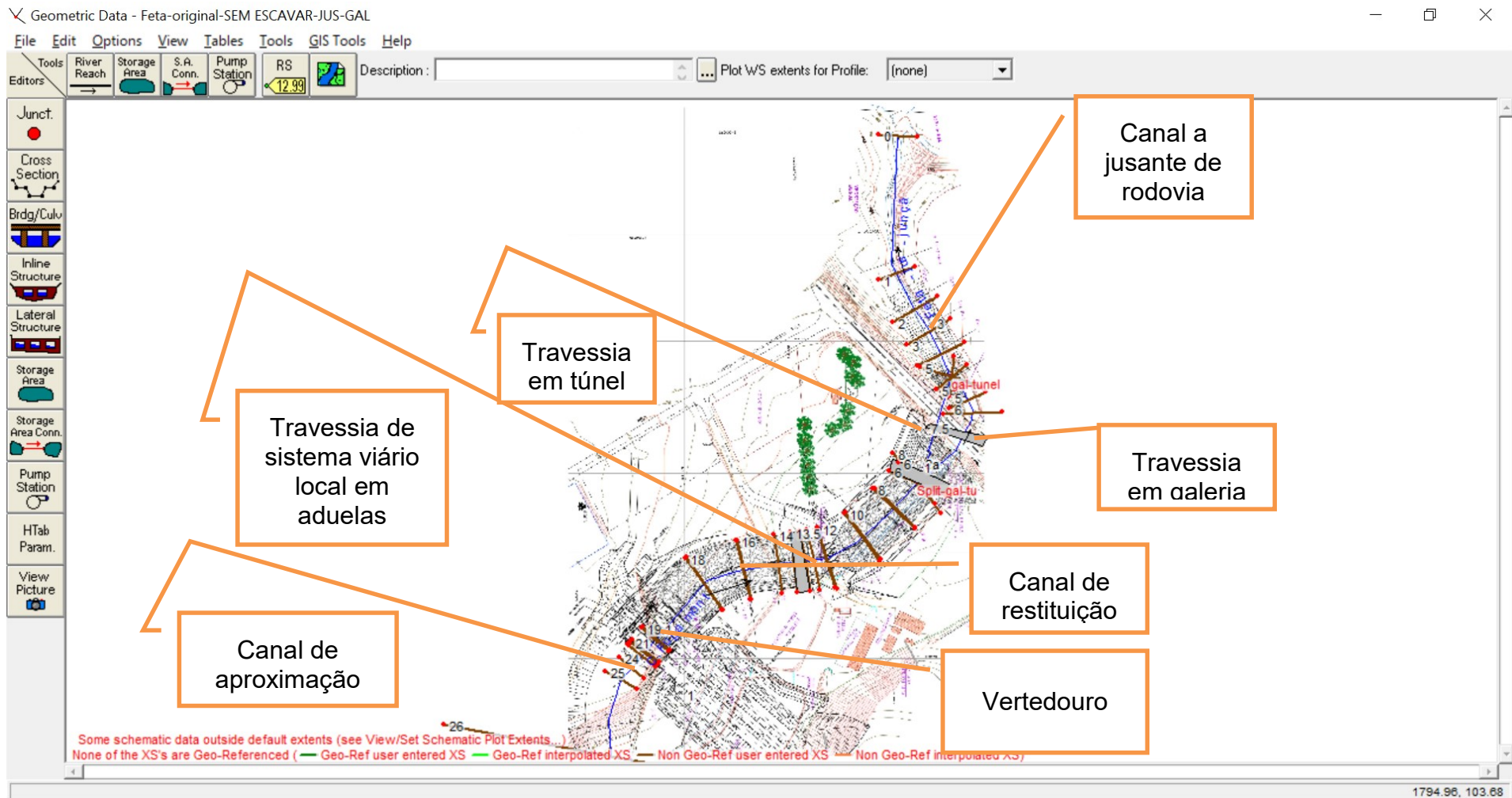


Figura 5.1 Topologia implantada no modelo HEC RAS.

5.2.2. CONDIÇÃO ATUAL

No presente estágio da Barragem do Córrego Feta foi concedida a autorização para a operação do reservatório mantendo-se o nível d'água de montante na cota 673,4m , 1,0m acima da cota da soleira do vertedouro. Nestas condições, utilizando-se o software HEC -HMS foi feito o amortecimento das cheias no reservatório, considerado que acima da cota de referência o vertedouro (673,4m) todas as comportas do vertedouro seriam totalmente abertas. Diante os resultados deste amortecimento de cheias.

Tabela 5.1. Resultados do amortecimento de cheias no reservatório.

TR (anos)	Vazão Afluente (m ³ /s)	Volume armazenado (1000 m ³)	Nível d'água no reservatório (m)	Vazão Efluente (m ³ /s)
10	58,43	244	673,76	48,21
100	116,19	324,02	674,6	98,48
1000	184,69	406,74	675,44	159,16

Foram efetuados os cálculos de remanso para as vazões da tabela acima considerando somente a existência das duas galerias. Os resultados dos cálculos são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 5.2. Resultados dos cálculos de remanso. Nível d'água no reservatório.

TR (anos)	Vazão Efluente (m ³ /s)	Nível d'água no reservatório (m)	Elevação da Linha de Energia (m)
10	48,2	673,86	673,88
100	98,5	674,65	674,67
1000	159,2	676,42	676,43

Observações: Rugosidade de Manning adotadas nos cálculos de 0,035 para canal revestido com enrocamento e 0,018 para os trechos em concreto; para a vazão milenar o NA fica 1,08m abaixo da cota da crista da barragem, satisfazendo os critérios do DAEE e ANA de borda livre mínima de 0,5m.

5.2.3. CONFIGURAÇÃO FUTURA

Conforme descrito anteriormente é uma condição onde já terá sido ampliada a rodovia SP-063 para duas faixas e implantados os dois tuneis Liner de 2,6m de diâmetro interno.

Neste caso foi admitida a condição onde é permitida a operação do reservatório na cota correspondente ao NA máximo normal (675,5m). Utilizando-se o software HEC -HMS foi feito o amortecimento das cheias no reservatório, considerado que acima da cota de referência o vertedouro (675,4m) todas as comportas do vertedouro seriam totalmente abertas. Diante os resultados deste amortecimento de cheias.

Tabela 5.3. Resultados do amortecimento no reservatório.

TR (anos)	Vazão Afluente (m³/s)	Volume armazenado (1000 m³)	Nível d`água no reservatório (m)	Vazão Efluente (m³/s)
10	58,43	412,87	675,5	57,46
100	116,19	412,87	675,5	115,89
1000	184,69	427,16	675,64	175,24

Foram efetuados os cálculos de remanso para as vazões da tabela acima considerando a existência das duas galerias e dos dois túneis liner. Os resultados dos cálculos são mostrados na tabela e figura a seguir.

Tabela 5.4. Resultados dos cálculos de remanso. Nível d`água no reservatório.

TR (anos)	Vazão Efluente (m³/s)	Nível d`água no reservatório (m)	Elevação da Linha de Energia (m)
10	57,46	674,02	674,04
100	115,89	674,89	674,91
1000	175,24	675,63	675,65

Observações: Rugosidade de Manning adotadas nos cálculos de 0,035 para canal revestido com enrocamento e 0,018 para os trechos em concreto; para a vazão milenar o NA fica 1,85m abaixo da cota da crista da barragem, satisfazendo os critérios do DAEE e ANA de borda livre mínima de 0,5m.

5.3. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA, ATRAVÉS DE SONDAGENS, ESTUDOS DE PERMEABILIDADE E DETERMINAÇÃO DE FATORES DE SEGURANÇA (FS).

5.3.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo do PSB apresenta um resumo dos estudos de estabilidade dos taludes da barragem de terra de Fetá, situada no município de Louveira, realizados por ocasião do projeto.

Para as análises da estabilidade, foram consideradas as seções típicas denominadas seção A e seção B.

Na seção A a fundação da barragem é constituída por solos residuais e solos aluvionares, enquanto que na seção B a fundação é constituída por solos aluvionares, sendo predominantes as argilas moles e muito moles.

5.3.2. MÉTODO DE ANÁLISE

As análises de estabilidade foram realizadas utilizando o programa GEOSLOPE 2007.

Este programa permite a determinação do fator de segurança crítico para a estabilidade global por diversos tipos de métodos. O método utilizado nas análises foi o método de Bishop.

Para pesquisa do círculo crítico o programa dispõe de vários procedimentos. As análises foram efetuadas utilizando os procedimentos “autolocate” e “grid and radius” para comparação dos resultados obtidos, sendo apresentados no relatório somente os dados obtidos com o procedimento “grid and radius”.

Foram considerados as hipóteses de pressões neutras:

a-) no final de construção a geração de pressões neutras no aterro compactado foi considerada com variação de $Ru=0,1$ a $Ru=0,3$.

b-) No em rebaixamento rápido e no regime permanente de operação foram consideradas linhas piezométricas simulando as redes de fluxo destas solicitações.

O parâmetro $Ru=u/\gamma h$, sendo:

u – pressão neutra;

γ – peso específico do solo;

h – altura do aterro.

A seguir, é apresentada a tabela com os parâmetros de resistência adotados nas análises efetuadas. Estes parâmetros foram baseados na bibliografia, bem como na experiência anterior com materiais similares.

Tabela 5.5 Parâmetros de Resistência Adotados

Solos	g (KN/m ³)	coesão (kPa)	f°
Areia	18	0	32
Aterro Natural	18	5	25
Qag1 (*)	16	10	0
Qag1 (**)	16	0	15
Qar3	17	0	28
Qag2 (*)	16	24	0
Qag2 (**)	16	0	20
Rocha	21	100	40
Aterro (Silte Arenoso)	18	7	25
Colúvio	18	5	25
Enrocamento	21	0,5	40
Aterro (Argila Siltosa)	18	10	27
Parede de diafragma	21	50	40

Psst 1	20	15	30
Psst2	20	43	37
Psag3	20	45	38

Sendo:

g - peso específico do solo

c - coesão do solo

ϕ - ângulo de atrito do solo

(*) – parâmetros de resistência total nas análises de final de construção

(**) – parâmetros de resistência efetivos nas análises de regime permanente e rebaixamento rápido

Qag e Qar – solos aluvionares argilosos e arenosos, respectivamente

Psst e Psag – solos de alteração siltosos e argilosos, respectivamente

5.3.3. ANÁLISES EFETUADAS

A) SEÇÃO A

Para a condição de final de construção são apresentadas a análises para a situação mais crítica de $R_u=0,3$, para o procedimento de pesquisa “grid and radius”.

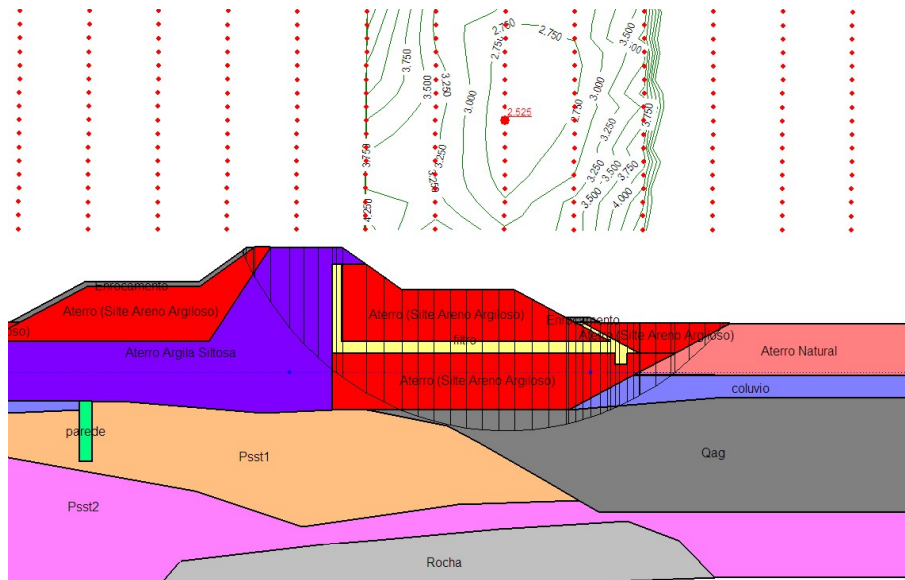


Figura 5.2 Talude de jusante

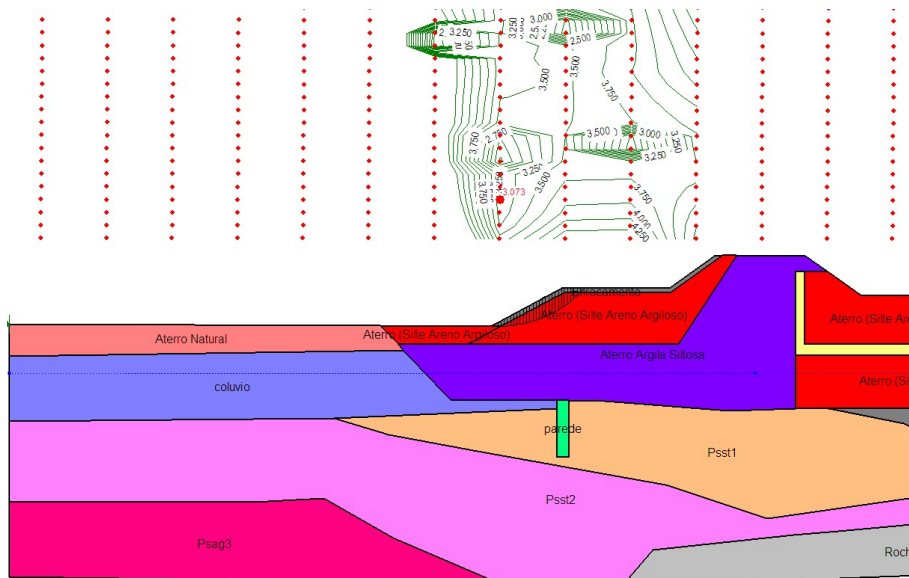


Figura 5.3 Talude de montante

A condição de rebaixamento rápido no talude de montante e de jusante são apresentadas nas Figuras 5.3 e 5.4 .

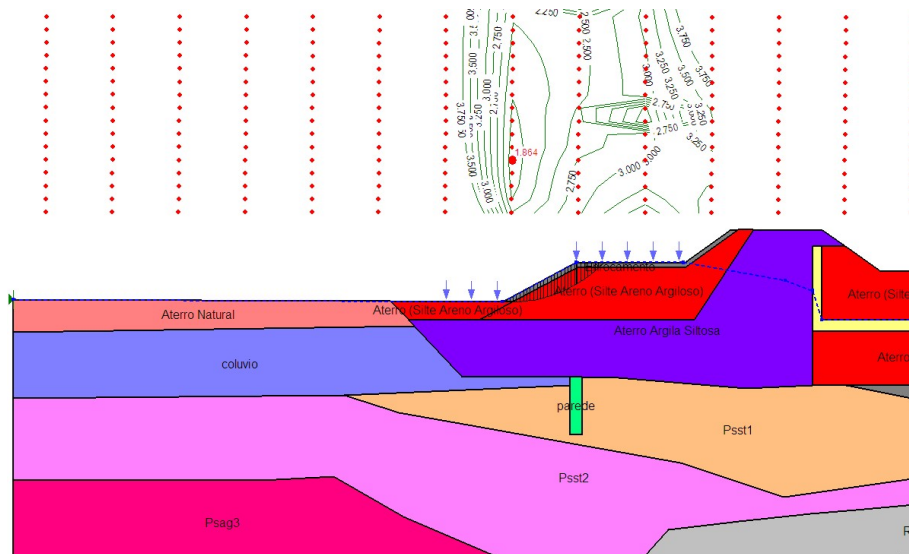


Figura 5.4 Rebaixamento rápido. Talude de montante

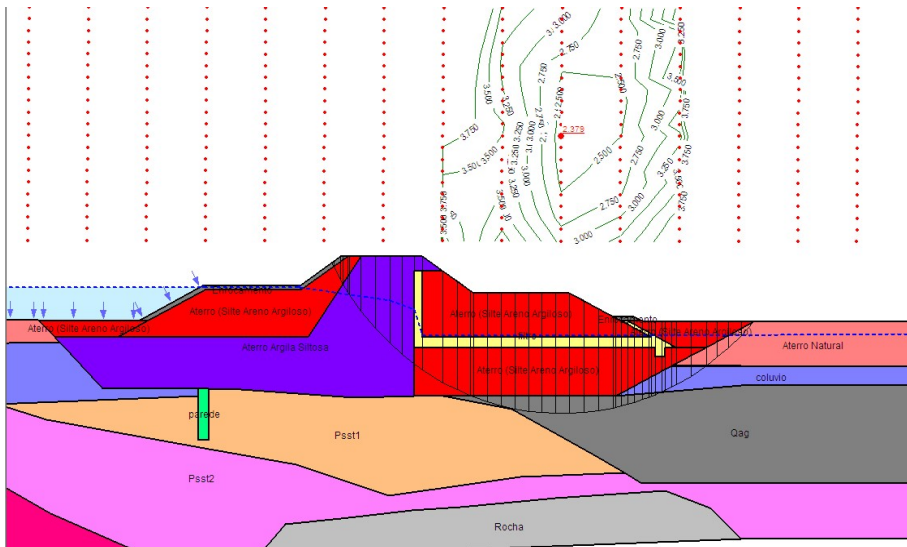


Figura 5.5 Talude de jusante. Regime permanente de operação.

SEÇÃO B

Para a condição de final de construção são apresentadas nas figuras a seguir as análises para a situação mais crítica com $Ru=0,3$, para o procedimento de pesquisa “grid and radius”.

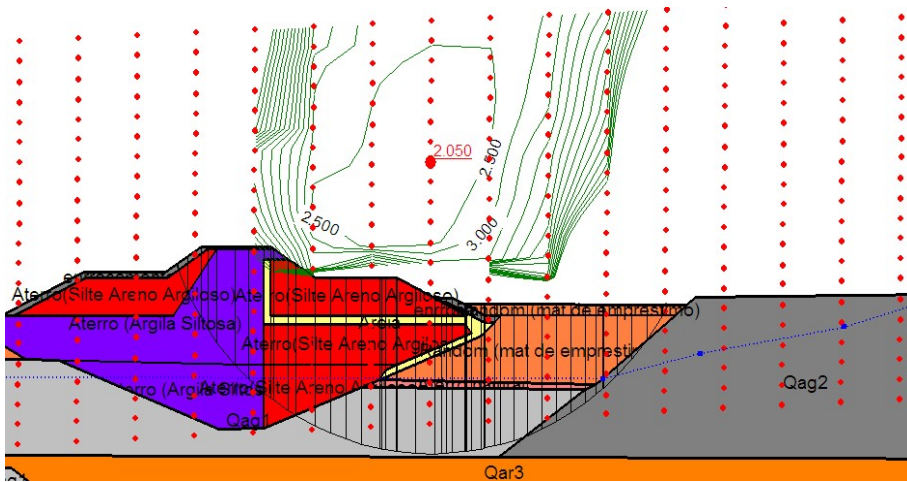


Figura 5.6 Talude de jusante.

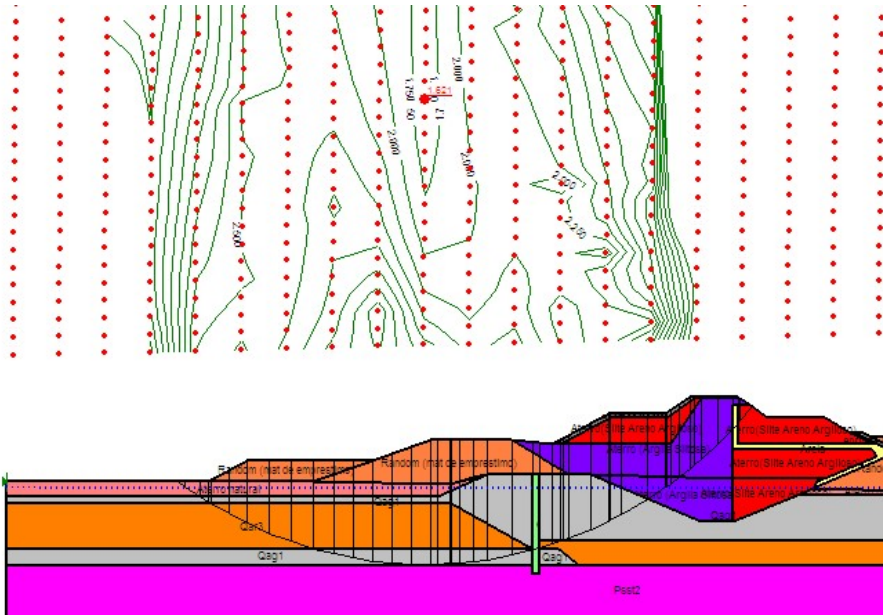


Figura 5.7 Talude de montante.

A condição de rebaixamento rápido no talude de montante e de jusante são apresentadas nas Figuras 5.8 e 5.9 .

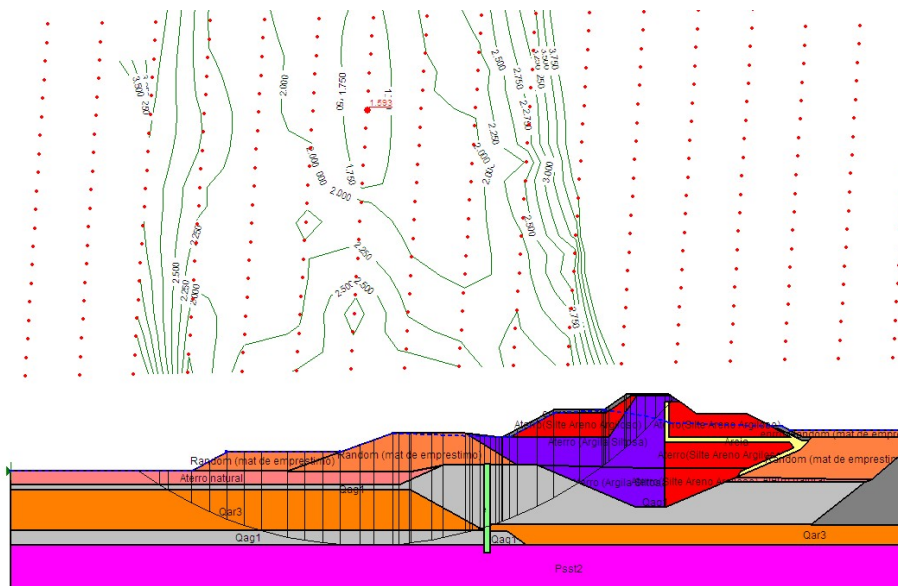


Figura 5.8 Rebaixamento rápido. Talude de montante.

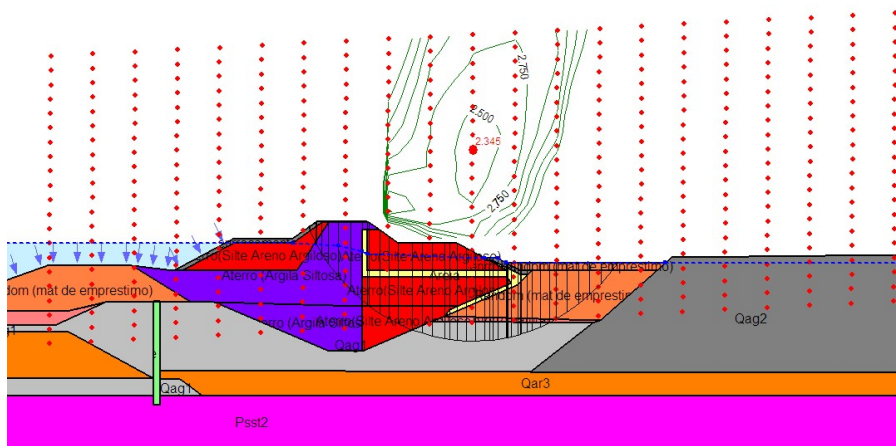


Figura 5.9 Talude de jusante. Regime permanente de operação.

5.3.4. CONCLUSÕES

A tabela a seguir resume os fatores de segurança mínimos obtidos para as várias análises efetuadas.

Tabela 5.3 Fatores de Segurança Mínimos Obtidos

Local	taludes	Final de construção	Rebaixamento rápido	Regime permanente
Seção A	jusante	2,53		2,38
	montante	3,07	1,86	
Seção B	jusante	2,05		2,35
	montante	1,62	1,59	
Critérios de projeto		>1,3	>1,1	>1,5

Esta tabela mostra que os valores dos fatores de segurança mínimos obtidos nas análises de estabilidade foram bem superiores aos valores mínimos usualmente requeridos nos critérios de projeto de barragens de terra.