

BARRAGEM PCH CAPIVARI

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM



Controle de Revisões

Revisão	Data	Descrição das Alterações	Elaborado	Verificado	Aprovado
C	10/02/2026	Terceira Revisão	Fabio Dyck Jean S.	-	Nelson F.

Distribuição de Cópias:

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

 JCS ENGENHARIA	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 2 de 62

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de atender as solicitações da Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração da ANEEL, bem como a Lei 12.334 “Política Nacional de Segurança de Barragens” de 20 de setembro de 2010, o Consórcio Cebranorte / Urbano, juntamente com a equipe técnica da JCS Engenharia elaborou o presente relatório a fim de atender as exigências do agente fiscalizador e as atuais leis federais vigentes.

Além dos procedimentos rotineiros de avaliação, conservação e manutenção da PCH de forma geral, procuramos sistematizar e complementar o trabalho que já vem sendo realizado a fim de garantir a segurança do empreendimento objetivando também a manutenção da qualidade da energia gerada.

2. INFORMAÇÕES GERAIS

2.1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.

Nome: CONSORCIO CERBRANORTE - URBANO

Endereço: Estrada Geral Alto São Martinho S/N, Bairro interior

Cidade: São Martinho - SC

Fone: (47)9215-7349

Diretor: JAIME FRANZNER

CNPJ: 15.205.077/0001-75

2.2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.

Local e acesso.

Cidade..... São Martinho /SC.

Local da Obra..... Alto São Martinho

Distância da Cidade de São Martinho até a Obra..... 10 Quilômetros.

Localização:

Casa de Máquinas 28°06'54"S 48°58'17"W

Barragem 28° 06' 28"S 48° 57' 35"W

Empresa..... CONSORCIO CERBRANORTE - URBANO

Projeto..... PCH Capivari

Localização: Margem direita: São Bonifácio

Margem esquerda: São Martinho

Bacia 8

Sub-bacia 84

Estado..... Santa Catarina

Área de drenagem..... 448,0 km²

Área alagada (N.A. normal)..... 24,711 hectares

Vazão firme 95% 5,84 m³/s

Potência instalada PCH..... 18,00 MW (3 x 6.555 kW)

Potência instalada das MCH 0,720 MW

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

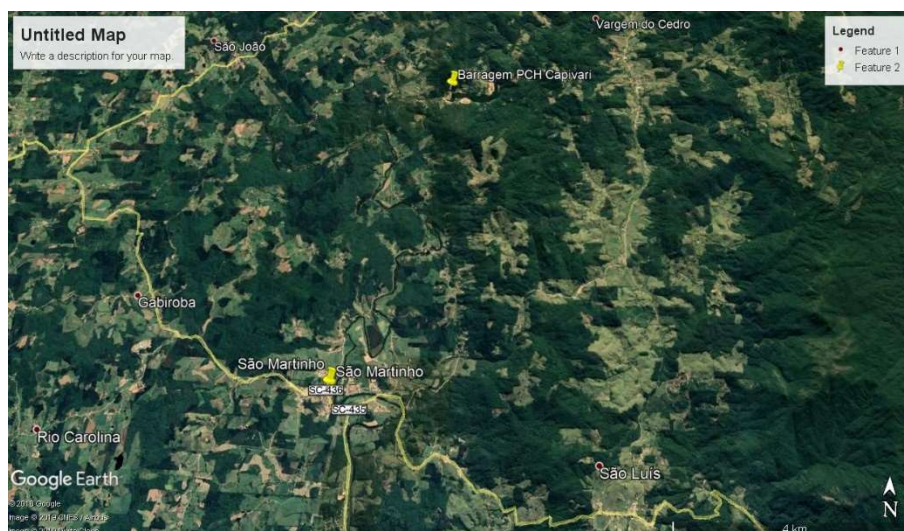
Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000

- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

Potência instalada TOTAL..... 18,720 kW
Energia média PCH..... 11,42 MWmed
Fator de capacidade médio PCH..... 0,60.
Vazão turbinada total PCH..... 17,61 m³/s
Vazão turbinada das MCH 2,4 m³/s
Barragem a Montante.....PCH Volta Grande
Barragem a Jusante.....Não Aplicável

2.3. MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO:

Conforme Mapa abaixo, o acesso a Barragem PCH Capivari é através do município de São Martinho – SC, seguindo pela estrada Alto São Martinho no sentido do Município de São Bonifácio -SC, por aproximadamente 10,5km.



2.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO.

O arranjo proposto para a PCH Capivari é composto pelas seguintes estruturas:

- **Barragem**

O vertedouro da PCH Capivari é do tipo Canal Lateral com soleira livre e construído em concreto, e está apoiada sobre a rocha existente no local do barramento. Será realizadas cortinas de injeção para reduzir a sub pressão que poderá se originar de eventuais fissuras existentes no maciço rochoso, com 3,00 m de lâmina d'água uma vazão unitária de 1034 m³/s em 45,00 m de soleira. A passagem da TR-10.000 instantânea de 1034 m³/s.

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

A Barragem é constituída de enrocamento com núcleo de argila, e filtros e transições entre camas.

A Fundação da Barragem é em Granito, o qual foi tratado com injeções em cimento e regularização em concreto.

O reservatório na EL 195,00 m formou um lago “espelho d’água” com um total de 24,711 hectares de área alagada, sendo este valor atualizado após a topografia do projeto Executivo. No entorno do lago foi prevista uma faixa de APP de 100 metros medidos horizontalmente.

- **Tomada d’ água**

Construída em concreto estrutural armado, encaixada no maciço rochoso na lateral esquerda do reservatório com soleira na elevação 187,60 m, está equipada com 01 unidades de comporta tipo Vagão a qual terá dimensões de 2,60 m largura x 2,60 m de altura, tendo como função, controlar a abertura e fechamento do Túnel de adução. A entrada será protegida com uma grade Fina, confeccionada em barras de aço com abertura de 75 mm posicionada a 80°, e tem secção livre na área de escoamento de 3,60 m de largura e 13,13 m de altura.

- **Túnel de Adução**

Está posicionado na margem esquerda do rio, escavado em rocha c/ revestimento em concreto projetado, com secção arco-retângulo, e base de 4,00 m, sendo 2,00 m a altura do retângulo, 2,00 m altura do arco, a área da secção de 14,64 m², e volume de escavação de 18.666,00 m³ com uma extensão de aproximadamente 1275,00 m. Foram realizados reforços com tirantes e revestimentos com concreto em parte do comprimento, como também no emboque e desemboque.

- **Chaminé de Equilíbrio**

Tem a função de equilibrar as pressões no túnel e na tubulação forçada nas rejeições de carga das máquinas, com seção Retangular, com 5,50 m largura x 6,00 m comprimento, com altura máxima 27,83 m, com cota da base na 180,65 m, e construída em concreto armado.

- **Tubulação forçada**

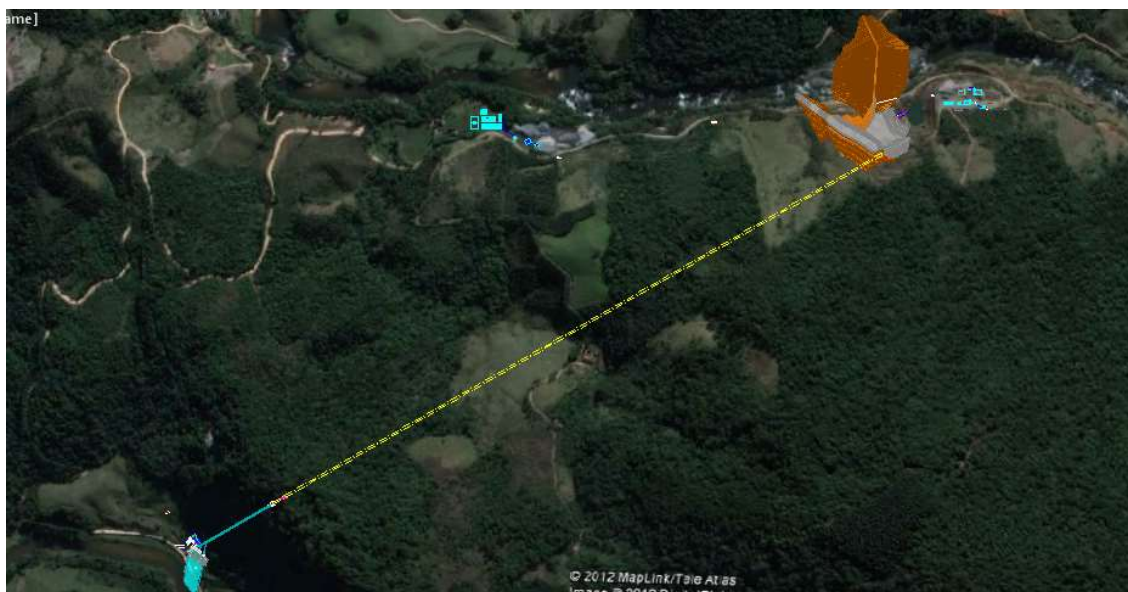
Tem início na chaminé de equilíbrio, o ramal principal com diâmetro de 2,70 m e comprimento de 170,48 m, ramal secundário de 2,00 m e comprimento de 7,97 m, até encontrar as turbinas instaladas na casa de máquinas, sendo para a turbina 01 de 1,20 m de diâmetro e 11,34 m de comprimento, para a turbina 02 de 1,20 m de diâmetro e 11,61 m, para a turbina 03 de 1,20 m e 24,43 m de comprimento. A tubulação é de aço, sendo enterrada no a partir da cota 62,00 m, será toda apoiada em berços de concreto, sendo que no local das curvas foram construídos blocos de concreto para suportar os esforços oriundos das mudanças de direção;

- **Casa de Máquinas**

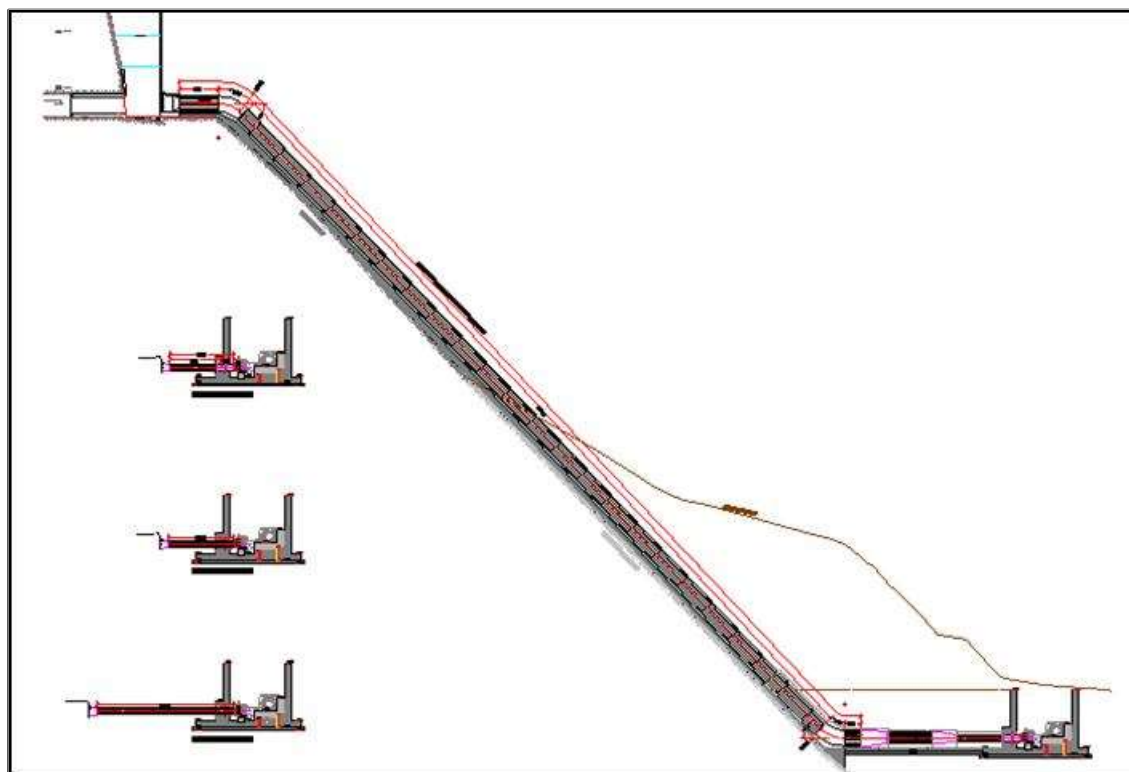
Está situada a aproximadamente 9,5km a jusante da barragem, aproveitando uma queda bruta de 126,00 m, resultando em uma potência instalada total de 18,00 MW (3 x 6.555 kW), na saída dos geradores, subdivididas em três unidades.

- **Subestação e Linha de Transmissão**

Para a transmissão da energia será construída uma subestação de 22.000 kVA, e uma linha em 34,5 kv com 28,8 km de extensão até a conexão na subestação Verde vale no município de São Ludgero.



Arranjo
geral da PCH Capivari



Perfil

hidráulico da PCH Capivari

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

3. IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DO ENTORNO DAS INSTALAÇÕES.

Toda a área do entorno das instalações pertence ao Concorcio Cebranorte/ Urbano. A área é constantemente monitorada pela empresa. As únicas edificações existentes nessa área são as estruturas que compõem a PCH. A circulação de veículos e pessoas é restrita a funcionários da empresa ou empresas terceirizadas de prestação serviço.

3.1. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.

Diretor do empreendimento:..... JAIME FRANZNER

Contatos:..... Fone: (47)3084-1997

..... Email: jean@jcsengenharia.com

Responsável técnico pelo Barramento: Eng. RALF LETHOLA

Contatos:..... Fone: (47)3084-1997

..... Email: jean@jcsengenharia.com

3.2. REGRA OPERACIONAL DO RESERVATÓRIO.

A usina irá operar em regime fio d'água, com isso a regra operacional do reservatório será: a vazão turbinada será somente a vazão MLT, o exedente será descartado através do vertedouro.

3.3. DECLARAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO À CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL.

A declaração da classificação da barragem poderá ser visualizada no ANEXO-II do capítulo 6 deste relatório.

3.4. FORMULÁRIO TÉCNICO DA BARRAGEM.

Consortorio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

 JCS ENGENHARIA	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 9 de 62

O formulário técnico da barragem poderá ser visualizado no ANEXO-IV do capítulo 6 deste relatório.

3.5. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO

3.5.1. Projetos (Básico E/Ou Executivo)

O projeto executivo poderá ser visualizado no CD em anexo a este relatório.

3.5.2. Projeto Como Construído (As Built)

A obra encontra-se concluída, possuindo toda documentação técnica de projetos executados, bem como ensaios de material realizados durante sua execução.

3.6. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica dedicada para a realização do presente relatório é composta pelos seguintes profissionais:

Eng. Jean Carlo Stahelin - Gestão

Eng. Ralf Lehtola – Estudos Geotécnicos e Relatórios de Inspeção

Eng. Mario Antonio Blum – Estudo Hidráulicos

Eng. Fábio Dyck – Relatórios de Construção e Acompanhamento de Obra

4. CLASSIFICAÇÃO DO RISCO

Atendendo ao ofício circular nº 006/2016-SFG/ANEEL no que se refere a Resolução Normativa nº 696/2015 Segurança de Barragens (usinas em construção e com início de operação comercial em 2016), está sendo encaminhado as informações inerentes as características de risco e dano potencial do empreendimento, em conformidade com o disposto do Anexo II:

ANEXO II

CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS

NOME DA BARRAGEM	PCH CAPIVARI
NOME DO EMPREENDEDOR	CONSÓRCIO CEBRANORTE GERAÇÃO S.A E URBANO AGROINDUSTRIAL LTDA.
DATA:	22/03/2016

II.1 – Categoria de Risco

II.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características técnicas (CT)	17
2	Estudo de conservação (EC)	0
3	Plano de segurança de barragens (PS)	0
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		17

Conforme com o item normativo, atendendo a verificação e classificação de CRI, o empreendimento é de **baixa** categoria de risco.

II.2 – Dano Potencial Associado

Conforme o item normativo o Dano Potencial Associado em avaliações foi de 04 pontos, classificando assim a estrutura como de **baixo** potencial.

Resultado final da avaliação:

CATEGORIA DE RISCO: BAIXO

DANO POTENCIAL ASSOCIADO: BAIXO

Consortio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

4.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Para a estrutura da PCH CAPIVARI adotou-se as pontuações conforme a matriz de classificação quanto a categoria de riscos:

4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (CT)

a) Altura

A altura da barragem da PCH Capivari é de 26,00 metros, portanto, a pontuação a ser adotada é de 1,00.

b) Comprimento

O comprimento da barragem é de 232,00 metros, portanto, a pontuação a ser adotada é de 3,00.

c) Tipo de barragem quanto ao material da construção

O material da barragem é Terra homogênea / Enrocamento / Terra Enrocamento, portanto, a pontuação a ser adotada é 3,00.

d) Tipo de fundação

A fundação da barragem da PCH Capivari é em rocha sã, portanto, a pontuação a ser adotada é de 1,00.

e) Idade da barragem

A barragem por ser construída recentemente, possui idade superior a 5 anos, portanto, a pontuação a ser adotada é de 3,00.

f) Vazão de projeto

A vazão de projeto para o vertedouro é milenar, portanto, a pontuação a ser adotada é de 5,00.

g) Casa de força

A casa de força não tem associação com a barragem, sendo assim, a pontuação adotada foi 0,00.

4.3. ESTADO DE CONSERVAÇÃO

h) Confiabilidade das Estruturas Extravasoras

As estruturas civis e hidroeletrônicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro desobstruídos, portanto a pontuação a ser adotada é de 0,00.

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 12 de 62

i) Confiabilidade das Estruturas de Adução

Estruturas civis e dispositivos hidroeletromecânicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento, portanto, a pontuação a ser adotada é 0,00.

j) Percolação

Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem, portanto, a pontuação a ser adotada é 0,00.

k) Deformações e Recalques

Os recalques e deformações nas estruturas são inexistentes, sendo assim, a pontuação adotada é de 0,00.

l) Deterioração dos taludes / Parâmetros

A deterioração dos taludes são inexistentes, sendo assim, a pontuação adotada é de 0,00.

m) Eclusa

A PCH Capivari não possui eclusas, portanto, a pontuação adotada é de 0,00

4.4. PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – OS

n) Existência de documentação de projeto

Existe o projeto executivo e o “como construído” da usina, sendo assim, a pontuação será de 0,00.

o) Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem

Possui estrutura organizacional com responsável técnico pela segurança da barragem, portanto, a pontuação será 0,00.

p) Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento

Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento, portanto, a pontuação será de 0,00.

q) Regra operacional dos dispositivos de descarga de barragem

O vertedouro é do tipo soleira livre, portanto, a pontuação será 0,00.

r) Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

A PCH Capivari emiti relatórios com regularidade, a pontuação será de 0,00.

$$\sum (CRI) = CT + EC + PS = 17 \text{ pontos}$$

4.5. DANO POTENCIAL ASSOCIADO – DPA

a) Volume total do reservatório

Com um volume aproximado de 2.127.130,00 m³, o reservatório é considerado pequeno ($\leq 5.000.000 \text{ m}^3$) e a pontuação adotada é de 1,00.

b) Potencial de perdas de vidas humanas

O potencial de perdas de vidas é inexistente, não existem pessoas permanentes ou residentes ou temporárias transitando na área afetada a jusante da usina, sendo assim, a pontuação será de 0,00.

c) Impacto ambiental

A área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais, sendo assim o impacto seria SIGNIFICATIVO, tendo pontuação de 3,00.

d) Impacto sócio-econômico

Não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem, sendo assim, é INEXISTENTE, obtendo pontuação 0,00.

Totalizando assim como 04 a pontuação da PCH Capivari para dano potencial associado.

4.6. CONCLUSÃO

Após a elaboração do presente documento, a barragem da PCH Capivari pertence, de acordo com o ANEXO I da Resolução Normativa nº 696/2015, por possuir Categoria de risco Baixo e Dano Potencial Associado Baixo, classificada como “CLASSE C”.

Para as inspeções de segurança, de acordo com o Art. 10, as inspeções de segurança regular, deverão ser realizadas sempre que houver alteração do nível de segurança, a periodicidade limite será de 2 anos.

Para o plano de ação de emergência, de acordo com o Art. 13 no 1º parágrafo, serão somente necessários para plano de ação de emergência, barragens classificadas como “CLASSE A” ou

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 14 de 62

“CLASSE B”. Todavia de acordo com o 2º parágrafo, a ANEEL pode exigir sempre que considerar necessário independente da classificação mediante fundamentação técnica.

Para revisão periódica de segurança, conforme o Art. 17, em seu paragrafo único, para novas usinas a RPS deverá ocorrer até o quinto ano desde o primeiro enchimento do reservatório, independente da classificação.

Em resumo, como a PCH Capivari têm idade inferior a 5 anos, será realizada uma inspeção até o 5º ano de operação. Após esta inspeção, fica condicionado de acordo com o Art. 17, a RPS será feita no período de 10 anos de acordo com a Classe da usina.

5. SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS CIVIS

5.1. PROGRAMA PERIÓDICO PARA AÇÕES DE EMERGÊNCIA – PAE

A ocorrência de um fenômeno natural, geológico e/ou estrutural pode ou não gerar perdas e danos, afetando a estrutura da PCH como um todo, inclusive com o registro de acidentes e de grandes prejuízos econômicos.

5.2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- Acidente = fato já ocorrido, onde foram registradas consequências sociais e econômicas (perdas e danos).
- Evento = fato já ocorrido, onde não foram registradas consequências sociais e econômicas relacionadas diretamente a ele.
- Risco = Possibilidade de ocorrência de um acidente.

5.3. RISCO ESTRUTURAL / GEOLÓGICO

As situações de risco geológico podem ser identificadas e representadas na forma de risco atual ou de risco potencial.

Em relação aos processos geológicos causadores de risco, as informações mais importantes devem estar contidas em mapas de implantação geral, fotografias tomadas em diversas épocas, além de sondagens diretas do subsolo, relatório de obras civis executadas no passado e relatórios periódicos realizados.

Em relação às estruturas em concreto o Programa Periódico de Inspeção e Monitoramento, contempla todas as etapas de ações necessárias para garantir a estabilidade e funcionalidade da PCH.

5.4. LEVANTAMENTO DE DADOS

Durante a fase de levantamento de dados é importante organizar, em banco de dados digitais, os que já foram coletados, juntamente com os primeiros resultados de sua interpretação, de modo a permitir o acesso rápido às informações e, dessa forma, garantirem uma discussão permanente sobre os critérios de identificação do risco estrutural e/ou geológico.

A estrutura, o acesso e a saída deste banco de dados deve ser o mais simples possível, de preferência sob a forma de planilhas, de modo a viabilizar a sua consulta pôr parte de não especialistas.

5.5. TRABALHO DE CAMPO

Os trabalhos de campo se iniciam com um levantamento expedito da área de estudo, visando:

- Ambientar a equipe técnica com os materiais e condições geológicas presentes na área;
- Avaliar a qualidade das informações obtidas com a interpretação das fotografias e cartas topográficas;
- Explicar os objetivos dos trabalhos aos funcionários, visando a melhor operacionalidade dos trabalhos de campo e compatibilização de interesses.

5.6. TRABALHO DE ESCRITÓRIO

O resultado da etapa inicial de campo é a preparação de um mapa geológico-geotécnico expedito, no qual devem estar delimitadas as unidades com características homogêneas no que se refere ao potencial de ocorrência dos processos geológicos.

De posse do esboço deste mapa, define-se a escala de trabalho necessária à representação cartográfica dos processos geológicos causadores de risco e dos limites das áreas sujeitas às consequências destes processos.

5.6.1. Representação das Informações

Representação das informações diretamente relacionadas ao risco, que podem ser sintetizadas da seguinte maneira:

- Reunião das informações sobre as áreas afetadas no passado por processos geológicos que tenham causado danos: descrevem-se as características dos materiais geológicos envolvidos, a extensão dos prejuízos acumulados e as medidas técnicas tomadas para redução das consequências dos acidentes. No caso de registro de ocorrência de mais de um processo geológico na área em estudo, estes devem ser discriminados e classificados corretamente;

- Reunião das informações sobre os pontos, setores e/ou áreas sujeitos à ocorrência dos mesmos processos geológicos no presente e no futuro: descrevem-se o tipo de processo e o potencial de destruição imposto por ele, incluindo a localização geográfica, as características geométricas das feições geológico-geotécnicas, o número e a identificação das propriedades e pessoas ameaçadas;
- Definição de um grau de risco de acidentes em cada ponto, setor ou área de risco;
- Indicação de eventuais investigações complementares e de medidas adicionais para reduzir o risco: descrevem-se detalhadamente os estudos necessários ao adequado entendimento dos mecanismos de evolução dos processos geológicos ou recomenda-se uma solução mais apropriada para a redução das consequências de possíveis acidentes;

Na tabela seguinte, são apresentados os processos geológicos causadores de risco, associando-se às feições ou características normalmente relacionadas à sua ocorrência, as quais correspondem a aspectos elementares a serem observados durante os trabalhos de campo.



Processos	Principais Condições Predisponentes	Exemplos de intervenções desencadeadoras	Algumas feições de campo indicativas	Exemplos de danos possíveis
Escoregamentos	Encostas com inclinação elevada, depósito de tálus e coluviões, concentração do escoamento d'água de superfície e de subsuperfície, pluviometria média anual elevada	Eliminação da cobertura vegetal, cortes instabilizantes, aterro construído sem controle, transbordamento de água de canal adutor	Trincas no terreno, degraus de abatimento, árvores e muros inclinados ou tombados.	Rompimento de canal adutor, tubulações, desestabilização de blocos, obstrução de canal adutor
Inundações e alagamentos	Alta densidade de drenagem da bacia, capacidade de escoamento ultrapassada, assoreamento	Eliminação da cobertura vegetal, estrangulamento da drenagem (impactos a montante)	Marcas de inundação em árvores, barrancos e construções, áreas úmidas ou com acúmulo de água mesmo sem chuvas, sedimentos atuais cobrindo o terreno original, solapamento de margens	Acúmulo de grande quantidade de resíduos, esforços adicionais nas paredes do canal adutor, parada da operação da PCH, extra vazamento do canal adutor
Erosão hídrica	Solos arenosos e siltosos pouco coesivos, inclinações acentuadas dos terrenos, concentração do escoamento d'água de superfície, chuvas intensas	Eliminação da cobertura vegetal, lançamento concentrado e não dissipado de águas de chuva, cortes e aterros não protegidos, caminhos e trilhas que concentram escoamento	Área de solo nu, solos sem horizontes superficiais, feições erosivas lineares (sulcos, ravinas), depósito de sedimentos à meia encosta, assoreamento de fundo de vales	Impactos diversos nos recursos hídricos
Subsidência por adensamento	Solo amolecido por infiltração de água		Inclinação e desnivelamento das estruturas e do terreno, trincas no terreno	Inutilização de construções devido a recalques ou rupturas, rompimento de canal adutor, vazamentos
Colapso de solos	Presença de solos que apresentam recalques importantes quando saturados e submetidos a sobrecargas	Obras que provocam a saturação dos solos de fundação, rompimento e/ou vazamentos	Idem acima, afundamentos e formação de cavidades	Idem acima
Expansão de terrenos	Presença de rochas e solos que apresentam aumento de volume ao serem desconfinados e sob a ação da umidade, presença de argilominerais expansíveis	Cortes que eliminam camadas superficiais protetoras ou desconfinam o material, cortes que permitem a ação das intempéries.	Ondulações e trincas em pisos, trincas em paredes, material desagregando nas superfícies de cortes, rupturas em taludes muito suaves	Instabilização de taludes, de fundações e de cavidades subterrâneas, ruptura de pavimentos

Tabela 1- Processos geológicos causadores de risco mais frequentes no Brasil.

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000

- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

5.7. REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

A representação cartográfica do risco geológico é uma etapa de escritório que deve respeitar o volume e a qualidade das informações coletadas nas fases de pesquisa bibliográfica, levantamento de dados e mapeamento de campo. Uma característica fundamental desta fase é buscar atender as exigências do pleno funcionamento da PCH.

A distribuição do risco geológico pode ser representada de duas maneiras:

- Cadastramento de Risco – no qual são plotados os pontos notáveis sujeitos a risco, com indicação do grau de risco, acompanhado da adequada documentação sobre processos geológicos e possíveis danos, representados em croquis esquemáticos e fotografias locais;
- Zoneamento de Risco – no qual são delimitadas as zonas homogêneas em relação ao grau de risco geológico, estabelecendo tantas classes de áreas de risco quanto necessárias, levando-se em consideração a qualidade e a quantidade das informações coletadas.

5.8. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS:

- Alto risco;
- Risco moderado;
- Risco;
- Risco inexistente.

5.9. PREVENÇÃO DE ACIDENTES GEOLÓGICOS

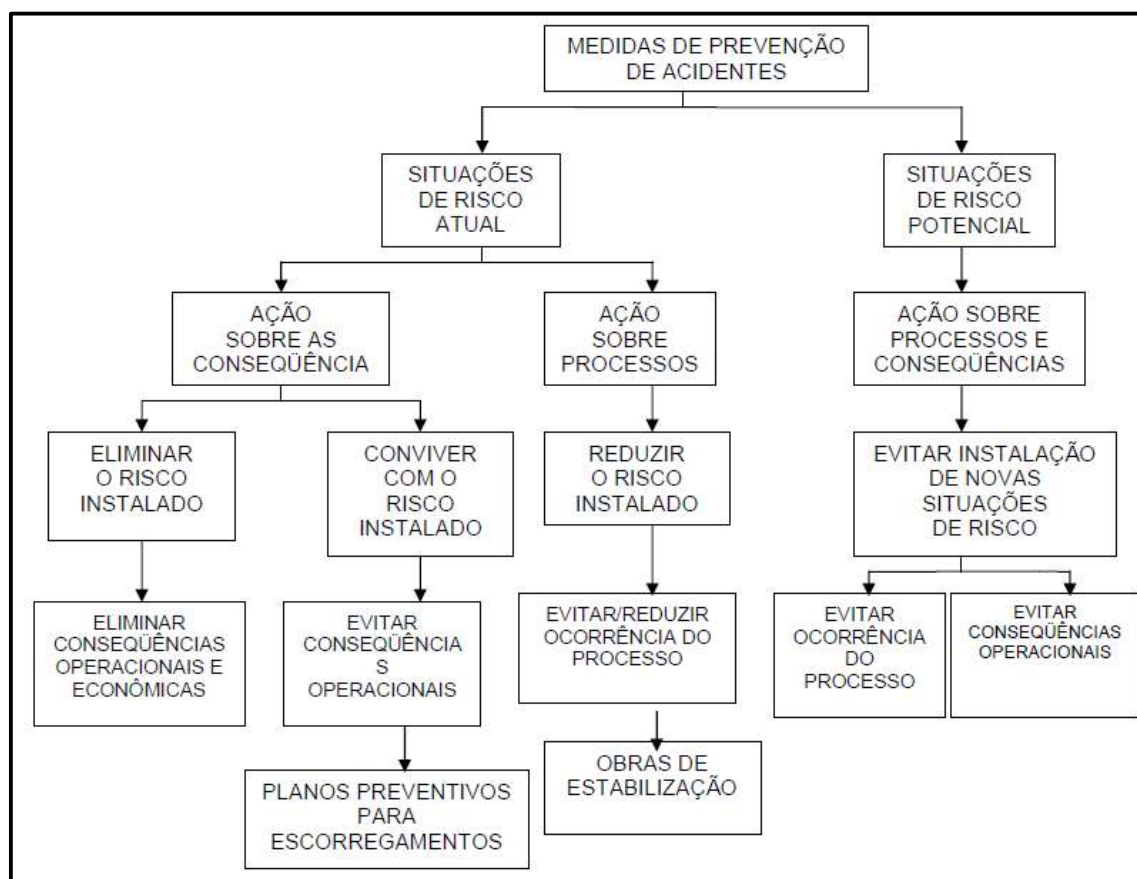
A possibilidade de prever a ocorrência de acidentes geológicos a partir da identificação e análise das áreas de risco permite que sejam adotadas medidas de prevenção de acidentes.

O modelo para a redução dos riscos deve envolver profissionais de Engenharia, pois os mesmos são indispensáveis em todas as etapas do modelo, não devendo se restringir apenas à identificação e análise dos riscos.

A formulação e a proposição de medidas de prevenção de acidentes devem ser efetuadas logo em seguida à cartografia dos riscos geológicos (indicação dos locais ameaçados, quantificação e estabelecimento de prioridades).

A prevenção de acidentes geológicos deve considerar os seguintes objetivos:

- Eliminar e/ou reduzir os riscos já instalados;
- Evitar a instalação de novas áreas de risco;
- Conviver com os riscos atuais.



Fluxograma 1 - Medidas de prevenção de acidentes geológicos associados a escorregamentos

5.10. PLANOS PREVENTIVOS

Os planos preventivos podem ser desenvolvidos em 04 fases: elaboração, implantação, operação e acompanhamento/avaliação.

5.10.1. Fase de Elaboração

É constituída pela reunião das informações técnico-científicas indispensáveis à formulação do plano de prevenção, englobando:

- Estudo dos condicionantes do processo;
- Definição do modelo;
- Identificação das áreas de risco;
- Análise do risco (graus de risco e priorização);
- Definição do período de operação do plano preventivo;
- Definição dos critérios técnicos de deflagração de ações preventivas;
- Estabelecimento do sistema de acompanhamento de parâmetros técnicos;
- Definição do conjunto de ações e medidas preventivas a ser implantados;
- Definição de ações correspondentes a atendimentos de emergências.

5.10.2. Fase de Implantação

Caracteriza-se pela definição do sistema operacional dos planos preventivos, correspondendo às seguintes atividades:

- Estabelecimento dos procedimentos operacionais;
- Definição de atribuições e responsabilidades;
- Definição do sistema de comunicação;
- Definição do sistema de informação e da participação da equipe operacional;
- Treinamento e divulgação.

5.10.3. Fase de Operação de emergência e Acompanhamento

Engloba a operação e o acompanhamento técnico dos planos preventivos, caracterizando-se pela efetivação das ações preestabelecidas. O momento adequado para a implantação de cada ação preventiva é determinado pelo contínuo acompanhamento e pela análise dos parâmetros técnicos, anteriormente definidos em função das características particulares de cada processo geológico.

As condições de emergência em potencial devem ser identificadas e listadas, juntamente com os parâmetros e restrições de operação recomendada.

As instruções devem detalhar a capacidade de vazão das estruturas e o correspondente nível d'água, listarem as áreas de risco a jusante e as vazões pelas quais elas serão afetadas e

fornecer detalhes com relação aos sistemas de advertência, bem como, aos sistemas de energia primária e de segurança.

Devem ser estabelecidos procedimentos para o controle da descarga no caso de se desenvolver uma fissura ou brecha em potencial, e qualquer esvaziamento de emergência do reservatório.

Os procedimentos e considerações gerais devem ser resumidos tais como qualquer instrução especial para a operação do vertedouro e sobre o esvaziamento do reservatório. Esses procedimentos deverão incluir limitações no enchimento ou no esvaziamento do reservatório e as implicações quanto ao aumento do fluxo à jusante (erosões possíveis, danos ao meio ambiente, danos a edificações, etc).

5.10.4. A fase de avaliação

É composta pela identificação de eventuais falhas na fundamentação técnica, na estrutura ou no sistema operacional. Assim, a avaliação permite definir a necessidade de ajustes e aprimoramentos que venham a sanar eventuais problemas no plano preventivo.

5.11. PLANEJAMENTO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Para que os resultados dos atendimentos de emergência sejam satisfatórios, é necessário que haja um planejamento das atividades a serem desenvolvidas. Desta forma, o planejamento para situações de emergência deve englobar procedimentos que favoreçam a realização das atividades técnicas necessárias que, em última instância, visam tornar mínima a possibilidade de ampliação das conseqüências técnicas e econômicas.

Quanto a ocorrências de acidentes geológicos, os aspectos que devem ser considerados no planejamento de situações de emergência:

- Implantar medidas preventivas (fundamentadas em dados técnicos), visando evitar que as conseqüências do acidente se ampliem, caso novas manifestações geológicas ocorram;
- Informar as equipes operacionais correta e adequadamente, quanto à possibilidade de novas ocorrências;
- Estruturar de maneira adequada as equipes envolvidas nos trabalhos de emergência.
- A falta de atenção quanto a este aspecto pode prejudicar acentuadamente a obtenção de resultados satisfatórios;



- Considerar, adequadamente, os aspectos técnicos necessários às operações de recuperação da área sinistrada, de maneira a garantir um trabalho rápido e eficiente;
- Identificar as causas, buscando um laudo técnico elaborado por profissional experiente.

5.12. ETAPAS DOS ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS

As principais atividades a serem desenvolvidas em atendimentos emergenciais, quando da ocorrência de acidentes, podem ser agrupadas nas seguintes etapas:

1ª. Etapa – Comunicação: na ocorrência de acidentes com vítimas, providenciar assistência do Corpo de Bombeiros e/ou Ambulância. Qualquer incidente deverá ser comunicado a administração da PCH, para providências cabíveis.

2ª. Etapa – Diagnóstico: em geral, realizado sob a forma de um croqui, baseada principalmente em observações de campo, complementada com informes e relatos de testemunhas, se houverem, contendo a localização, a extensão, danos causados, área atingida, verificar as estruturas envolvidas e/ou afetadas etc.

3ª. Etapa – Proposições técnicas: a formulação de propostas deve estar fundamentada nos resultados da etapa anterior, especialmente quanto à natureza e à velocidade de implantação das medidas corretivas (quais providências imediatas).

4ª. Etapa – Estruturação das equipes: é importante que as equipes de trabalho sejam estruturadas em grupos que devem responder por tarefas específicas. Os principais grupos de trabalho necessários para o bom desempenho das atividades são:

- vistorias de campo e acompanhamento técnico (no qual se incluem profissionais de Engenharia);
- desobstrução de vias de acesso;
- recomposição das linhas de energia.

5ª. Etapa – Recuperação da área afetada: em geral inicia-se imediatamente após a fase de atendimento emergencial, corresponde à realização de estudos técnicos em nível de detalhe suficiente para recuperar a área sinistrada.

5.13. INFORMAÇÕES E TREINAMENTO

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 24 de 62

A adoção das medidas de prevenção de acidentes somente apresenta resultados satisfatórios com a efetivação de ações de informações e treinamento.

A elaboração e distribuição de manuais técnicos (destinados às equipes operacionais) são mecanismos de comprovada eficiência, aplicando-se também cursos práticos aos envolvidos na operação da PCH.

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 25 de 62

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a implantação do Programa Periódico de Inspeção e Monitoramento das Estruturas Civas o nível de segurança tende a ser satisfatório, pois toda situação potencial de risco passa a ser cadastrada e monitorada de forma continuada e permanente, possibilitando aos técnicos envolvidos na operacionalização da PCH, a tomada de decisão, quanto aos procedimentos a serem adotados.

7. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS CIVIS

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE COMO CONSTRUÍDO E SEGURANÇA DA BARRAGEM

O presente Relatório de Inspeção Técnica (RIT), visa apresentar os registros da inspeção técnica realizada em 24/01/2018, na barragem de enrocamento com núcleo argiloso da PCH Capivari, de propriedade da Urbano Agroindustrial Ltda., e tem como objetivo principal o acompanhamento do desempenho da barragem de enrocamento durante a fase de operação da Usina, de acordo com o Manual de Monitoramento e Inspeções Visuais – CAP-PE-BA-MA-001, que contém os conceitos e princípios ligados à instrumentação, segurança e integridade física desta estrutura, em conformidade com as disposições da Lei 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.

No âmbito das observações da inspeção realizada, não foram detectados até a presente data, problemas que representassem riscos à segurança da estrutura da barragem de enrocamento da PCH Capivari. Entretanto, foram observadas algumas anomalias cujas implicações ou evoluções poderão eventualmente vir a comprometer sua funcionalidade e/ou durabilidade.

A preocupação relacionada com a Segurança de Barragens, não implica em admitir que somente sejam de interesse aspectos relacionados com fatos e acidentes graves, que comprometam a integridade das estruturas principais de barramento, mas sim e principalmente, com fatos de menor repercussão aparente que determinem medidas corretivas simples, as quais se não forem executadas adequadamente e no tempo certo, possam eventualmente vir a resultar em providências futuras mais complexas e onerosas, e que possam também colocar em risco a segurança e integridade humana e do meio ambiente.

Este documento também apresenta os aspectos relativos à instrumentação da barragem de enrocamento com núcleo argiloso, incluindo os valores esperados para as medidas da instrumentação instalada com base nos estudos de estabilidade constantes na memória de cálculo CAP-PE-BA-MC-001, e também com base no monitoramento da instrumentação de obras correlatas.

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 27 de 62

Pelo exposto neste relatório de inspeção e de comportamento, a barragem de enrocamento com núcleo argiloso da PCH Capivari encontra-se em perfeitas condições de estabilidade em conformidade com os Critérios de Projeto.

8. INSPEÇÃO GERAL DA BARRAGEM DE ENROCAMENTO

Trata-se a seguir das inspeções de rotina que devem ser executadas, por equipes qualificadas em segurança de barragens, com frequência semanal a mensal, ou conforme indicado, como parte regular das suas atividades locais de operação e manutenção. Cita-se como referência o Guia Básico de Segurança de Barragens, publicado pelo CBDB (Comitê Brasileiro de Barragens). Estas inspeções não geram necessariamente relatórios específicos, mas eventuais anomalias detectadas devem ser formalmente registradas.

No período de operação da Usina, recomenda-se a execução de inspeções periódicas por equipes técnicas do PROPRIETÁRIO, com frequência semestral ou anual, e inspeções formais por equipe multidisciplinar independente. Recomenda-se que a primeira destas inspeções formais seja realizada após o primeiro ano de operação da Usina e as subsequentes no mínimo a cada 5 anos, conforme descrito no Guia supra citado, sendo que para cada inspeção realizada deverá ser emitido um relatório de inspeção técnica e de análise do comportamento das estruturas principais de barramento.

A inspeção geral periódica das estruturas principais de barramento, tem por objetivo fazer uma constatação minuciosa de todo e qualquer evento que possa comprometer a configuração externa dos maciços e evidenciar indícios de comportamentos anômalos, permitindo diagnosticar medidas que corrijam seus efeitos. Esta inspeção inclui, entre outros, o levantamento e observação dos maciços e suas ombreiras quanto a deformações, surgimento de eventuais trincas, aparecimento de pontos de erosão nos taludes, ocorrência de surgências de água, desagregação e deslocamento de blocos de rocha ou enrocamento, eficiência e limpeza dos sistemas de drenagem e erosões diversas que demonstrem qualquer mudança sensível de comportamento ou que possam eventualmente vir a ocasionar.

As trincas que forem observadas deverão ser mapeadas em plantas e acompanhadas com a determinação de sua extensão, aberturas e profundidade. No caso de se registrar a constância de resultados destas medições, poder-se-á concluir que os fenômenos de acomodação se estabilizaram, podendo-se então adotar medidas corretivas de seu preenchimento com material adequado. Trincas paralelas aos taludes ou de forma

semicircular revelam a possibilidade de instabilidade dos mesmos e deverão receber atenção especial.

Estas atividades de inspeção geral deverão ser realizadas com frequência semanal no período construtivo e no primeiro ano de operação da Usina e semanal (nos períodos chuvosos) a quinzenal (nos períodos secos) nos anos subsequentes.

Nestas condições, são apresentadas a seguir as diretrizes básicas para a inspeção dos maciços:

8.1. RECALQUES

Os maciços de terra e enrocamento e as áreas adjacentes de jusante devem ser observadas, para o registro de qualquer evidência de deslocamento anormal.

8.2. DEFORMAÇÃO DOS TALUDES

Os taludes dos maciços devem ser examinados para verificação do seu alinhamento ou discrepâncias em superfícies originalmente planas e uniformes, variações anormais de alinhamento e cotas de crista ou de bermas com relação às originais, evidências de deformações ou movimentos nos pés dos taludes ou de região adjacente a eles, e trincas superficiais com indícios de movimentação nestes locais.

8.3. SURGÊNCIAS D'ÁGUA

As superfícies de jusante da barragem e das suas ombreiras, bem como taludes e pés de maciços escavados, deverão ser examinadas para a verificação de evidências de surgências d'água existentes ou anteriores.

As causas de surgências deverão ser investigadas assim como deverá ser avaliado o risco da mesma para a segurança da estabilidade dos taludes de montante e de jusante da barragem.

Deverá ser ainda observada, no caso de taludes de solo, a presença de formigueiros, a existência de pequenos túneis escavados por animais, bem como o crescimento de arbustos nos taludes, que poderiam evidenciar zonas mais úmidas e caminhos preferenciais de percolação.

Todo arbusto e/ou vegetação de médio porte que porventura se desenvolva nos taludes e áreas adjacentes das ombreiras deverão ser removidos.

8.4. EROSÃO NOS TALUDES

As obras de proteção e tratamento dos taludes deverão ser inspecionadas, verificando-se a ocorrência de erosões ou desarranjos de blocos de enrocamento, sendo indicada medida corretiva quando necessário.

8.5. SISTEMAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Os dispositivos de drenagem superficial: sarjetas, canaletas, descidas de água, dissipadores de energia, entre outros, deverão ser inspecionados quanto à sua integridade e limpeza. Deve-se proceder uma constatação minuciosa de todo e qualquer evento que possa comprometer o comportamento das estruturas de concreto da drenagem, tais como ocorrências de deslocamentos excessivos, fissuras e/ou trincas. No caso do surgimento de fissuras ou trincas nas estruturas de drenagem, deverão ser providenciados os reparos dessas o mais breve possível, de forma a se evitar a evolução da deterioração.

É de fundamental importância que esses sistemas estejam sempre limpos e desobstruídos. Qualquer obstrução deve ser comunicada à equipe de O&M da Usina para que seja prontamente providenciada a sua limpeza.

8.6. INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM NÚCLEO ARGILOSO

Para o monitoramento da barragem de enrocamento com núcleo argiloso, está prevista pelo Projeto Executivo, a instalação de marcos superficiais (MS) para obtenção dos deslocamentos das superfícies dos taludes, piezômetros tipo Casagrande (PZ) e medidores de nível d'água (MN), para obtenção de valores de subpressão no maciço compactado e fundações.

O projeto da instrumentação está apresentado nos desenhos CAP-PE-BA-DE-030 e CAP-PE-BA-DE-031.

As leituras dos instrumentos deverão ser realizadas por equipe de técnicos experientes na área de monitoramento.

Em conformidade com as condições dos estudos de estabilidade constantes na memória de cálculo CAP-PE-BA-MC-001, foram estabelecidos valores de Projeto para as leituras da instrumentação que poderão ser atingidos durante a fase de enchimento do reservatório ou durante a operação da Usina. Caso as leituras indicarem valores que ultrapassem os valores de Projeto abaixo listados, a Projetista deverá ser informada sobre essa ocorrência, para que seja possível verificar as eventuais consequências sobre a segurança da barragem de enrocamento e as devidas ações a serem tomadas.

A seguir serão relacionados os seguintes instrumentos com sua locação e os valores de referência para suas leituras:

- Marcos superficiais
- Piezômetros
- Medidores de nível d'água

As locações e cotas de instalação dos instrumentos deverão ser atualizadas conforme Relatório Técnico da Instrumentação “como construído” a ser elaborado e emitido pela CONTRATADA, em conformidade com as especificações técnicas constantes no documento CAP-PE-BA-ET-030.

8.6.1. MARCOS SUPERFICIAIS

Os marcos superficiais instalados ao longo da crista e das superfícies dos taludes da barragem de enrocamento, tem como objetivo a medição dos deslocamentos dessas superfícies.

As leituras topográficas dos deslocamentos dos marcos superficiais deverão ser realizadas por equipamento de precisão, devendo ser apresentados os deslocamentos verticais (recalque e/ou elevação) e horizontais. Deverão ser utilizados equipamentos tipo Estação Total ou Teodolito Ótico Eletrônico, com capacidade de levantamentos planialtimétricos com:

- precisão angular: 2”
- precisão linear: $\pm (2\text{mm} + 1\text{ppm} \times D)$ sendo D=distância a ser medida
- alcance aproximado mínimo: 1,5m

É muito importante que o nível do reservatório sempre seja registrado no dia da leitura, durante o enchimento e durante a operação do reservatório.

Na Tabela 4.1 apresenta-se a frequência de leituras recomendada. Observa-se que sempre que houver uma alteração de comportamento brusca, as leituras deverão ser mais frequentes.

Tabela 9.1 - Frequência de Leituras dos Marcos Superficiais

Período	Frequência de Leitura
Final de Construção - Início do Enchimento	Quinzenal
Enchimento do Reservatório	2 vezes por semana
Primeiros 3 meses de Operação	Quinzenal
De 3 a 12 meses de Operação	Mensal
Após 1 ano de Operação	Mensal ou a cada 2 meses (após estabilização das medidas)

A previsão de recalques para a barragem de enrocamento foi baseada em experiências anteriores com barragens semelhantes. Segundo Humes (1986), no monitoramento de barragens de enrocamento com núcleo argiloso, pode-se esperar um recalque máximo na fase de alteamento de cerca de 1,5% da altura da barragem, na sua porção central. Para a fase de enchimento estima-se um acréscimo de 10% nos recalques. Na Tabela 4.2 é apresentada uma previsão dos deslocamentos verticais.

Tabela 9.2 – Valores de recalque esperados para barragem de enrocamento para o final do alteamento e para o final do enchimento, a montante e a jusante.

Cota (m)	Recalque (mm)			
	Alteamento		Enchimento	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante
172,55	0	-	0	-
174,55	0	0	0	0
176,55	21	0	23	0
178,55	62	20	69	22
180,55	85	59	94	64
182,55	90	75	99	82
184,55	76	69	84	76
186,55	44	42	48	46

Na Tabela 9.3 é apresentada a previsão dos deslocamentos horizontais esperados para os marcos superficiais durante a fase enchimento, baseados em experiências anteriores com barragens semelhantes. Estima-se um deslocamento horizontal da ordem de 0,15% da altura da barragem no seu topo.

Tabela 9.3 – Deslocamentos esperados para os marcos superficiais.

Marco Superficial	Cota (m)	Deslocamentos Horizontais (mm)	
		Enchimento	
		Montante	Jusante
MS-01	186,55	-	13
MS-02	186,55	-	15
MS-03	186,55	15	-

4.2 - PIEZÔMETROS TIPO CASAGRANDE E MEDIDORES DE NÍVEL D'ÁGUA

4.2.1 - Piezômetro Casagrande

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

O piezômetro Casagrande é composto por um tubo vertical, tendo na sua base um dispositivo filtrante que permite o fluxo de água de fora para dentro do tubo, com a altura de água no interior do tubo indicando a pressão intersticial na cota de instalação desse filtro. A medida da subpressão é considerada no centro do bulbo onde corresponde a sua cota de instalação. O topo do tubo é protegido dos agentes externos por um tubo mais espesso.

8.6.2. Medidor de Nível D'água

O medidor de nível d'água consiste de um tubo rígido (galvanizado ou PVC), instalado verticalmente em um furo de sondagem. São instrumentos utilizados para a observação da estrutura nas fases de enchimento e operação. Tem como finalidade acompanhar o comportamento do lençol freático em relação às variações sazonais. A determinação do nível d'água no interior do tubo é feita através de um pio elétrico, constituído de uma ponteira com os terminais positivo e negativo de um condutor elétrico conectado a um microamperímetro, que quando em contato com a água emite um sinal de alerta (pio). A profundidade é definida a partir do comprimento do pio entre o nível d'água e o topo do tubo.

8.6.3. Frequência de leituras e recomendações

As leituras dos piezômetros de tubo deverão seguir a seguinte frequência:

- Uma leitura mensal durante a fase de construção
- Uma leitura semanal durante o enchimento do reservatório
- Uma leitura quinzenal na fase de operação

Deverão ser anotados os níveis d'água do rio, de montante e jusante na ocasião de cada leitura. Observa-se que sempre que houver uma alteração de comportamento brusca, as leituras deverão ser mais frequentes.

8.6.4. Considerações

O Nível de Alerta foi obtido a partir do conceito de que o nível dos piezômetros pode alcançar a linha piezométrica considerada normal na análise de estabilidade da barragem de enrocamento (CCN - Caso de Carregamento Normal).

O Nível de Emergência foi obtido com a linha piezométrica correspondente ao caso de drenos inoperantes e níveis máximos utilizados na análise de estabilidade da barragem de enrocamento (CCL - Caso de Carregamento Limite).

Quando as leituras dos piezômetros atingirem os Níveis de Alerta, a Projetista deverá ser comunicada para avaliar as medidas que deverão ser tomadas de acordo com o Plano de Contingência.

Foram os seguintes parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade descritas na memória de cálculo CAP-PE-BA-MC-001 e apresentados nas Tabelas 9.4 e 9.5:

Tabela 9.4
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DOS MATERIAIS DE FUNDAÇÃO

Material	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	r_u (final de construção)
Solo residual	19	15	28	0,05

Tabela 9.5
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DOS MATERIAIS DE ATERRO

Materia l	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	r_u final de construção
Núcleo compactado	17	19	15	35	0,1
Espaldares de enrocamento	-	20	0	42	-

8.7. PLANO DE CONTINGÊNCIA

Caso as leituras dos instrumentos acusem alguma anomalia nas fundações ou estruturas da obra, deve ser feita a avaliação se o sistema de drenagem da fundação das estruturas

está respondendo conforme previsto nos Critérios de Projeto, e se há a necessidade de reperfuração ou instalação de novos drenos.

Atividades a serem consideradas no Plano de Contingência:

- Execução, nos locais e quantidades estimadas, de furos de drenagem adicionais necessários para se obter a resposta piezométrica considerada nas hipóteses de cálculo do Projeto Executivo;
- Avaliação da resposta da instrumentação após a execução da drenagem adicional;
- Caso a resposta dos instrumentos não seja satisfatória, avaliar a necessidade de rebaixamento do reservatório até a cota da soleira do vertedouro, reavaliando então a segurança das estruturas para esta cota de rebaixamento do reservatório;
- Convocar uma equipe multidisciplinar de profissionais especializados para avaliar as medidas corretivas cabíveis.

8.7.1. - Recomendações para a fase de enchimento do reservatório e de operação da Usina

- Disponibilidade de equipamentos para a execução de sondagens, furos de injeção ou drenagem, com diâmetro de 3" (75mm), no interior das galerias de drenagem ou externamente, consistindo em uma sonda rotativa e uma rotopercussiva adaptadas para perfuração em galerias;
- Disponibilidade de equipamentos para a realização de injeção de calda de cimento nas fundações;
- Disponibilidade de piezômetros tipo Casagrande e de medidores de vazão, para eventual complementação do sistema de auscultação das estruturas;
- Todas as estradas, caminhos, rampas de acesso e plataformas, necessários à circulação e transporte de pessoas e equipamentos nas proximidades da barragem, deverão estar concluídas e mantidas em bom estado de conservação.

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 37 de 62

PLANO DE ACOMPANHAMENTO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

INSPEÇÃO E INSTRUMENTOS

Este capítulo descreve datas, procedimentos e limites para realização de inspeções técnicas e leituras de instrumentos da PCH Capivari.

9. INSPEÇÃO GERAL DA BARRAGEM DE ENROCAMENTO

Trata-se a seguir das inspeções de rotina que devem ser executadas, por equipes qualificadas em segurança de barragens, com frequência semanal a mensal, ou conforme indicado, como parte regular das suas atividades locais de operação e manutenção. Cita-se como referência o Guia Básico de Segurança de Barragens, publicado pelo CBDB (Comitê Brasileiro de Barragens). Estas inspeções não geram necessariamente relatórios específicos, mas eventuais anomalias detectadas devem ser formalmente registradas.

No período de operação da Usina, recomenda-se a execução de inspeções periódicas por equipes técnicas do PROPRIETÁRIO, com frequência semestral ou anual, e inspeções formais por equipe multidisciplinar independente. Recomenda-se que a primeira destas inspeções formais seja realizada após o primeiro ano de operação da Usina e as subsequentes no mínimo a cada 5 anos, conforme descrito no Guia supra citado, sendo que para cada inspeção realizada deverá ser emitido um relatório de inspeção técnica e de análise do comportamento das estruturas principais de barramento.

A inspeção geral periódica das estruturas principais de barramento, tem por objetivo fazer uma constatação minuciosa de todo e qualquer evento que possa comprometer a configuração externa dos maciços e evidenciar indícios de comportamentos anômalos, permitindo diagnosticar medidas que corrijam seus efeitos. Esta inspeção inclui, entre outros, o levantamento e observação dos maciços e suas ombreiras quanto a deformações, surgimento de eventuais trincas, aparecimento de pontos de erosão nos taludes, ocorrência de surgências de água, desagregação e deslocamento de blocos de rocha ou enrocamento, eficiência e limpeza dos sistemas de drenagem e erosões diversas que demonstrem qualquer mudança sensível de comportamento ou que possam eventualmente vir a ocasionar.

As trincas que forem observadas deverão ser mapeadas em plantas e acompanhadas com a determinação de sua extensão, aberturas e profundidade. No caso de se registrar a constância de resultados destas medições, poder-se-á concluir que os fenômenos de acomodação se estabilizaram, podendo-se então adotar medidas corretivas de seu preenchimento com material adequado. Trincas paralelas aos taludes ou de forma

semicircular revelam a possibilidade de instabilidade dos mesmos e deverão receber atenção especial.

Estas atividades de inspeção geral deverão ser realizadas com frequência semanal no período construtivo e no primeiro ano de operação da Usina e semanal (nos períodos chuvosos) a quinzenal (nos períodos secos) nos anos subsequentes.

Nestas condições, são apresentadas a seguir as diretrizes básicas para a inspeção dos maciços:

1.1 – RECALQUES

Os maciços de terra e enrocamento e as áreas adjacentes de jusante devem ser observadas, para o registro de qualquer evidência de deslocamento anormal.

- DEFORMAÇÃO DOS TALUDES

Os taludes dos maciços devem ser examinados para verificação do seu alinhamento ou discrepâncias em superfícies originalmente planas e uniformes, variações anormais de alinhamento e cotas de crista ou de bermas com relação às originais, evidências de deformações ou movimentos nos pés dos taludes ou de região adjacente a eles, e trincas superficiais com indícios de movimentação nestes locais.

- SURGÊNCIAS D'ÁGUA

As superfícies de jusante da barragem e das suas ombreiras, bem como taludes e pés de maciços escavados, deverão ser examinadas para a verificação de evidências de surgências d'água existentes ou anteriores.

As causas de surgências deverão ser investigadas assim como deverá ser avaliado o risco da mesma para a segurança da estabilidade dos taludes de montante e de jusante da barragem.

Deverá ser ainda observada, no caso de taludes de solo, a presença de formigueiros, a existência de pequenos túneis escavados por animais, bem como o crescimento de arbustos nos taludes, que poderiam evidenciar zonas mais úmidas e caminhos preferenciais de percolação.

Todo arbusto e/ou vegetação de médio porte que porventura se desenvolva nos taludes e áreas adjacentes das ombreiras deverão ser removidos.

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

- EROSÃO NOS TALUDES

As obras de proteção e tratamento dos taludes deverão ser inspecionadas, verificando-se a ocorrência de erosões ou desarranjos de blocos de enrocamento, sendo indicada medida corretiva quando necessário.

- SISTEMAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Os dispositivos de drenagem superficial: sarjetas, canaletas, descidas de água, dissipadores de energia, entre outros, deverão ser inspecionados quanto à sua integridade e limpeza. Deve-se proceder uma constatação minuciosa de todo e qualquer evento que possa comprometer o comportamento das estruturas de concreto da drenagem, tais como ocorrências de deslocamentos excessivos, fissuras e/ou trincas. No caso do surgimento de fissuras ou trincas nas estruturas de drenagem, deverão ser providenciados os reparos dessas o mais breve possível, de forma a se evitar a evolução da deterioração.

É de fundamental importância que esses sistemas estejam sempre limpos e desobstruídos. Qualquer obstrução deve ser comunicada à equipe de O&M da Usina para que seja prontamente providenciada a sua limpeza.

10. LIMITES PARA INSTRUMENTOS DE CONTROLE

10.1. MARCOS SUPERFICIAIS

Os marcos superficiais instalados ao longo da crista e das superfícies dos taludes da barragem de enrocamento, tem como objetivo a medição dos deslocamentos dessas superfícies.

As leituras topográficas dos deslocamentos dos marcos superficiais deverão ser realizadas por equipamento de precisão, devendo ser apresentados os deslocamentos verticais (recalque e/ou elevação) e horizontais. Deverão ser utilizados equipamentos tipo Estação Total ou Teodolito Ótico Eletrônico, com capacidade de levantamentos planialtimétricos com:

- precisão angular: 2"
- precisão linear: $\pm (2\text{mm} + 1\text{ppm} \times D)$ sendo D=distância a ser medida
- alcance aproximado mínimo: 1,5m

É muito importante que o nível do reservatório sempre seja registrado no dia da leitura, durante o enchimento e durante a operação do reservatório.

Na Tabela 2.1 apresenta-se a frequência de leituras recomendada. Observa-se que sempre que houver uma alteração de comportamento brusca, as leituras deverão ser mais frequentes.

Tabela 2.1 - Frequência de Leituras dos Marcos Superficiais

Período	Frequência de Leitura
Final de Construção - Início do Enchimento	Quinzenal
Enchimento do Reservatório	2 vezes por semana
Primeiros 3 meses de Operação	Quinzenal
De 3 a 12 meses de Operação	Mensal
Após 1 ano de Operação	Mensal ou a cada 2 meses (após estabilização das medidas)

A previsão de recalques para a barragem de enrocamento foi baseada em experiências anteriores com barragens semelhantes. Segundo Humes (1986), no monitoramento de barragens de enrocamento com núcleo argiloso, pode-se esperar um recalque máximo na fase de alteamento de cerca de 1,5% da altura da barragem, na sua porção central. Para a fase de enchimento estima-se um acréscimo de 10% nos recalques. Na Tabela 4.2 é apresentada uma previsão dos deslocamentos verticais.

Tabela 2.2 – Valores de recalque esperados para barragem de enrocamento para o final do alteamento e para o final do enchimento, a montante e a jusante.

Cota (m)	Recalque (mm)			
	Alteamento		Enchimento	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante
172,55	0	-	0	-
174,55	0	0	0	0
176,55	21	0	23	0
178,55	62	20	69	22
180,55	85	59	94	64
182,55	90	75	99	82
184,55	76	69	84	76
186,55	44	42	48	46

Na Tabela 2.3 é apresentada a previsão dos deslocamentos horizontais esperados para os marcos superficiais durante a fase enchimento, baseados em experiências anteriores com barragens semelhantes. Estima-se um deslocamento horizontal da ordem de 0,15% da altura da barragem no seu topo.

Tabela 2.3 – Deslocamentos esperados para os marcos superficiais.

Marco Superficial	Cota (m)	Deslocamentos Horizontais (mm)	
		Enchimento	
		Montante	Jusante
MS-01	186,55	-	13

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

MS-02	186,55	-	15
MS-03	186,55	15	-

10.2. - PIEZÔMETROS TIPO CASAGRANDE E MEDIDORES DE NÍVEL D'ÁGUA

2.2.1 - Piezômetro Casagrande

O piezômetro Casagrande é composto por um tubo vertical, tendo na sua base um dispositivo filtrante que permite o fluxo de água de fora para dentro do tubo, com a altura de água no interior do tubo indicando a pressão intersticial na cota de instalação desse filtro. A medida da subpressão é considerada no centro do bulbo onde corresponde a sua cota de instalação. O topo do tubo é protegido dos agentes externos por um tubo mais espesso.

2.2.2 - Medidor de Nível D'água

O medidor de nível d'água consiste de um tubo rígido (galvanizado ou PVC), instalado verticalmente em um furo de sondagem. São instrumentos utilizados para a observação da estrutura nas fases de enchimento e operação. Tem como finalidade acompanhar o comportamento do lençol freático em relação às variações sazonais. A determinação do nível d'água no interior do tubo é feita através de um pio elétrico, constituído de uma ponteira com os terminais positivo e negativo de um condutor elétrico conectado a um microamperímetro, que quando em contato com a água emite um sinal de alerta (pio). A profundidade é definida a partir do comprimento do pio entre o nível d'água e o topo do tubo.

2.2.3 – Frequência de leituras e recomendações

As leituras dos piezômetros de tubo deverão seguir a seguinte frequência:

- Uma leitura mensal durante a fase de construção
- Uma leitura semanal durante o enchimento do reservatório
- Uma leitura quinzenal na fase de operação



Deverão ser anotados os níveis d'água do rio, de montante e jusante na ocasião de cada leitura. Observa-se que sempre que houver uma alteração de comportamento brusca, as leituras deverão ser mais frequentes.

2.2.4 – Considerações

O Nível de Alerta foi obtido a partir do conceito de que o nível dos piezômetros pode alcançar a linha piezométrica considerada normal na análise de estabilidade da barragem de enrocamento (CCN - Caso de Carregamento Normal).

O Nível de Emergência foi obtido com a linha piezométrica correspondente ao caso de drenos inoperantes e níveis máximos utilizados na análise de estabilidade da barragem de enrocamento (CCL - Caso de Carregamento Limite).

Quando as leituras dos piezômetros atingirem os Níveis de Alerta, a Projetista deverá ser comunicada para avaliar as medidas que deverão ser tomadas de acordo com o Plano de Contingência.

Foram os seguintes parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade descritas na memória de cálculo CAP-PE-BA-MC-001 e apresentados nas Tabelas 2.4 e 2.5:

Tabela 2.4
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DOS MATERIAIS DE FUNDAÇÃO

Material	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (^o)	r_u (final de construção)
Solo residual	19	15	28	0,05

Tabela 2.5
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DOS MATERIAIS DE ATERRO

Material	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (^o)	r_u final de construção
Núcleo compactado	17	19	15	35	0,1
Espaldares de enrocamento	-	20	0	42	-

10.3. - PLANO DE CONTINGÊNCIA

Caso as leituras dos instrumentos acusem alguma anomalia nas fundações ou estruturas da obra, deve ser feita a avaliação se o sistema de drenagem da fundação das estruturas está respondendo conforme previsto nos Critérios de Projeto, e se há a necessidade de reperfuração ou instalação de novos drenos.

Atividades a serem consideradas no Plano de Contingência:

- Execução, nos locais e quantidades estimadas, de furos de drenagem adicionais necessários para se obter a resposta piezométrica considerada nas hipóteses de cálculo do Projeto Executivo;
- Avaliação da resposta da instrumentação após a execução da drenagem adicional;
- Caso a resposta dos instrumentos não seja satisfatória, avaliar a necessidade de rebaixamento do reservatório até a cota da soleira do vertedouro, reavaliando então a segurança das estruturas para esta cota de rebaixamento do reservatório;
- Convocar uma equipe multidisciplinar de profissionais especializados para avaliar as medidas corretivas cabíveis.

RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA BARRAGEM

Este manual descreve todo o processo de operação e manutenção da barragem da PCH Capivari. Todas as informações de operação constantes neste manual estão de acordo com o projeto executivo civil, bem como as informações constantes nos Databooks dos fabricantes dos equipamentos.

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 46 de 62

11. MEDIÇÃO DE DESLOCAMENTOS DAS ESTRUTURAS ATRAVÉS DOS MARCOS SUPERFICIAIS:

A exemplo das medições já realizadas deverá ser prevista semestralmente a leitura dos marcos superficiais da barragem através da contratação de equipe de topografia com experiência e comprovadamente habilitada para esse tipo de serviço. As medições devem ser realizadas com estação total, partindo dos Marcos de referência que estão localizados na esquerda e direita hidráulica do barramento, visando todos os demais marcos superficiais instalados nos blocos que compõem a estrutura da barragem, com fechamento no marco instalado na margem oposta do marco de partida.

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 47 de 62

12. MEDIÇÃO DE VAZAMENTOS PROVENIENTES DA FUNDAÇÃO OU DO SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA DA BARRAGEM:

Deverá ser prevista a inspeção visual semanal de todos os drenos de fundação. Os dados coletados deverão ser anotados na planilha de cadastro dos drenos. Caso seja detectado carreamento de finos junto aos drenos, ou então alterações significativas ou progressivas de vazão, as mesmas deverão ser medidas através da leitura visual da régua no vertedor trapezoidal instalado nas saídas da galeria, bem como comunicadas imediatamente ao responsável pela operação e manutenção da usina.

13. RECOMENDAÇÕES GERAIS DE SEGURANÇA

Para garantir a segurança dos operadores, das equipes de manutenção e dos visitantes da usina, as seguintes condições deverão ser observadas:



Os operadores e visitantes da usina não poderão sob nenhuma hipótese ter acesso às partes energizadas, em qualquer nível de tensão. Todas as partes energizadas deverão estar protegidas com cercas e/ou trancadas a chave. A abertura de painéis, dos cubículos e quadros de força, bem como a entrada na subestação elevadora será exclusiva de equipes de manutenção qualificadas e indicadas pelos fabricantes dos equipamentos.



Apenas equipes autorizadas pelos fabricantes dos equipamentos e pela equipe técnica da usina deverão fazer intervenções de manutenção nos equipamentos da usina. Pessoas não autorizadas não deverão fazer nenhum tipo de manutenção em equipamentos, sejam elétricos ou mecânicos.



Superfícies sujeitas a altas temperaturas, como mancais, tubulações e motores elétricos não deverão ser tocadas. As temperaturas deverão ser verificadas por meio do sistema supervisorio ou de equipamentos de medição de temperatura.



Operadores e visitantes não poderão tocar ou se aproximar de qualquer contato elétrico exposto, energizado ou não. Mesmo equipamentos eletrônicos deverão ter seus bornes protegidos contra toques acidentais.



É expressamente proibido fumar nas dependências da usina. O ambiente da usina pode conter fluídos e gases inflamáveis e, portanto qualquer fagulha ou faísca pode causar explosão ou incêndio.



Utilize sempre EPI conforme o ambiente. Nas dependências da casa de máquinas será necessário protetor auditivo, óculos de segurança e luvas para manuseio de materiais. É recomendável ainda o uso de calçado de segurança e capacete para simples deslocamento ou na realização de trabalhos de qualquer natureza nas dependências da usina.



Mantenha sempre a mão telefones de emergência, tais como bombeiros, polícia, hospital, equipes de resgate. Mantenha uma lista com esses telefones em local visível. Ao final deste manual há uma tabela onde podem ser preenchidos, mantidos e consultados esses telefones.



Jamais toque em partes móveis ou girantes, há risco importante de ferimentos e amputações. Manutenções ou inspeções só deverão ser realizadas com os equipamentos parados.



Sempre mantenha em local de fácil acesso na usina cópia de todos os manuais e data books de equipamentos. Os mesmos deverão ser dispostos de forma organizada facilitando a consulta das equipes de manutenção e inspeção.



Em caso de tempestade ou chuva forte e constante, redobre a atenção no monitoramento das estruturas, relatando à equipe técnica qualquer anomalia registrada em equipamentos ou estruturas.



É completamente proibido nadar, praticar esportes ou navegar no lago e demais partes do circuito hidráulico da usina, mesmo a jusante da barragem. A usina dispõe de dispositivos automáticos que podem alagar áreas de forma instantânea ou mesmo sugar objetos e corpos que estiverem na água.



A área da usina é também uma área protegida ambientalmente. Participe ativamente de todos os programas ambientais promovidos e zele para sua implantação e funcionamento. Envie para reciclagem todos os resíduos produzidos, incluindo óleo substituído. Não é permitido pescar, caçar ou cortar árvores na área da usina.



Não manuseie produtos químicos, tais como óleo lubrificante, isolantes ou qualquer outro tipo de fluido ou gás. Apenas equipes de manutenção indicadas e/ou autorizadas pelo fabricante deverão manusear esses materiais.



Em caso de incêndio acione imediatamente as equipes de emergência. É importante que todos os operadores da usina conheçam as rotas de fuga e localização dos dispositivos de combate a incêndio, bem como deverão receber treinamento para manusear corretamente extintores de incêndio.



No final deste manual encontra-se uma tabela para anotação dos telefones de contato úteis. Mantenha a lista atualizada para que seja facilmente acessível em caso de necessidade.



Em caso de dúvida sobre qualquer procedimento, entre em contato com a equipe técnica que acionará os contatos dos responsáveis em cada caso, sejam eles fabricantes ou projetistas. Sempre em caso de dúvida: pergunte. Nunca tome decisões sozinho.

14. SITUAÇÕES DE PERIGO

14.1. PRODUTOS INFLAMÁVEIS

Antes de efetuar operações de solda, manutenção ou usinagem com esmeril, retire todos os materiais inflamáveis, além disso, certifique-se que o local seja bem ventilado.



Quando manusear substância inflamável:

- Nunca fume
- Mantenha-se afastado de quaisquer tipos de chamas.

Nunca tente apagar chamas provenientes de combustão de líquidos com água. Para isso utilize:

- Extintor a base de Pó químico
- Extintor a base de Dióxido de carbono (CO₂)
- Extintores de espuma

A água, quando utilizada com o objetivo de apagar chamas, irá vaporizar-se instantaneamente em contato com a substância inflamável e ajudará a espalhar tal substância por uma grande área.

Neste caso chame o Corpo de Bombeiros.

No caso de incêndios de origem elétrica, a água pode causar curto circuito e dar origem a novas situações de risco. Para equipamentos elétricos só devem ser utilizados os extintores abaixo:

- Extintor a base de Pó químico
- Extintor a base de Dióxido de carbono (CO₂)

14.2. MANUSEIO DE ÓLEO, GRAXA E OUTRAS SUBSTÂNCIAS.

Durante o manuseio de óleo, graxa, ou outros produtos químicos, esteja atento a recomendações de segurança sobre o produto em questão.

Evite contato com a pele. Utilize luvas e roupas protetoras. O óleo hidráulico pode ser prejudicial à pele.



Se houver contato, limpe a área afetada com sabão e água limpa e passe um creme protetor. Nunca utilize solvente ou combustível para a limpeza da pele.

14.3. PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI'S)

O pessoal responsável pelas operações de montagem e manutenção deve estar usando equipamentos de proteção individual.

É sempre obrigatória a utilização de capacete, botas, óculos, e roupas apropriadas para o trabalho de manutenção.



14.4. SERVIÇOS DE LIMPEZA

Limpe os equipamentos a serem utilizados e manipulados antes de iniciar o trabalho.

Selecione o produto ou método de limpeza de acordo com o material de cada peça/conjunto.

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 53 de 62

Evite que solventes e vapores entrem em contato com a pele. Utilize luvas protetoras e evite inalar tais vapores.

5. Peças substituídas

Peças sobressalentes substituídas, como as borrachas de vedações, podem conter substâncias tóxicas, portanto nunca as processe, pois poderão produzir vapores nocivos à saúde.

15. CUIDADOS DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Procure sempre descartar materiais evitando agressão ambiental, para tanto siga as seguintes recomendações:



- Óleos, graxas, fluidos, detergentes, solventes, filtros, estopas de limpeza, peças substituídas com desgaste, devem ser descartadas separadamente.
- Nunca jogue estes materiais no lixo comum. Separe um local adequado onde o lixo possa ser recolhido e enviado à uma central de processamento de reciclagem.
- Nunca deixe que óleos e outros fluidos penetrem no solo, pois podem contaminar o lençol freático.

16. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Materiais de Construção – L. A. Falcão Bauer - 1994
- Especificações de Serviços Rodoviários – Secretária de Transportes do Paraná – 1991
- Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto – Paulo Helene – 2000
- Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto – Vicente Custódio Moreira de Souza/ Thomaz Ripper – 1999
- Geologia de Engenharia – ABGE/ Fapesp – Fernando L. Prandini/ Lorenz Dobereiner/ Ricardo F. da Silva - 1998
- Mecânica dos Solos e suas aplicações – Homero Pinto Caputo – 1973
- III Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos – Acidentes em Barragens – Victor F.B Mello – 1966
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR- 6118/82
- Manual de Preenchimento de Fichas de Inspeção de Barragens – Ministério da Integração
- Nacional – Secretaria de Infra-estrutura hídrica
- Manual de Segurança e Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional
- Secretaria de Infra-estrutura hídrica
- Lei Ordinária nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 – Política Nacional de Segurança de Barragens
- Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas da ELETROBRAS – outubro/2003
- 8340/04-RL-FL-0004 – Engevix - Relatório de Projeto Básico – setembro/1998
- 8340/04-US-3G-16-0001 – Projeto Básico – Geologia – Barragem
- 8340/04-US-3G-16-0002 – Projeto Básico – Geologia – Casa de Força
- 8340/04-US-3G-16-0003 – Projeto Básico – Geologia – Localização das áreas de empréstimo
- 8340/04-US-3G-16-0004 – Projeto Básico – Geologia – Resultados dos ensaios realizados
- PECP-BA-01 R02 - ARRANJO GERAL – BARRAGEM
- PECP-BA-02 R01 - BARRAGEM – PLANTA
- PECP-BA-03 - BARRAGEM - PLANTA DO NÚCLEO
- PECP-BA-04 R02 - BARRAGEM - PERFIL LONGITUDINAL
- PECP-BA-05 R01 - BARRAGEM – SEÇÕES

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

- PECP-BA-06 R01 - BARRAGEM – SEÇÕES
- PECP-BA-07 R01 - BARRAGEM – SEÇÕES
- 04 - ARRANJO GERAL – Projeto Executivo
- 05 - ARRANJO GERAL DET 01 – Projeto Executivo
- 06 - ARRANJO GERAL DET 02 – Projeto Executivo
- MINERAG - Relatório de Estudos Geológico e Geotécnicos – Campanha de Sondagem de Conferência – dezembro/2012
- CAP-PE-BA-DE-001-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – PLANTA 1/6
- CAP-PE-BA-DE-002-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 2/6
- CAP-PE-BA-DE-003-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 3/6
- CAP-PE-BA-DE-004-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 4/6
- CAP-PE-BA-DE-005-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 5/6
- CAP-PE-BA-DE-006-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 6/6
- CAP-PE-BA-DE-010-0-BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–PLANTA 1/7
- CAP-PE-BA-DE-011-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 2/7
- CAP-PE-BA-DE-012-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 3/7
- CAP-PE-BA-DE-013-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 4/7
- CAP-PE-BA-DE-014-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 5/7
- CAP-PE-BA-DE-015-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 6/7
- CAP-PE-BA-DE-016-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–DETALHES 7/7
- CAP-PE-BA-DE-030-0-BARRAGEM-INSTRUMENTAÇÃO-PLANTA
- CAP-PE-BA-DE-031-0-BARRAGEM-INSTRUMENTAÇÃO-CORTES E
DETALHES
- CAP-PE-BA-MC-001-0 - Memória de Cálculo - Barragem de Enrocamento – Análise de Estabilidade
- CAP-PE-BA-ET-030-0 - Barragem - Especificação Técnica da Instrumentação
- CAP-PE-BA-MA-001-0 – Manual de Monitoramento e Inspeções Visuais

DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA

URGENTE

Situação: _____

Empreendedor: _____

Barragem: _____

Eu, _____, na condição de coordenador do Plano de Ação de Emergência (PAE) da **barragem** _____ e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração de Início de Emergência**, na **situação** de _____, para a **barragem** _____ a partir das _____ de ____/____/____, em função da ocorrência de: _____.

_____, _____ de _____ de _____

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

**DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA****URGENTE**

Situação: _____

Empreendedor: _____

Barragem: _____

Eu, _____, na condição de coordenador do Plano de Ação de Emergência (PAE) da **barragem** _____ e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração de Encerramento de Emergência**, na **situação** de _____, para a **barragem** _____ a partir das _____ de ____/____/_____, em função da recuperação das condições adequadas de segurança da barragem e eliminação do risco de ruptura.

Observação: _____

_____.

_____, _____ de _____ de _____

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do **Plano de Ação de Emergência (PAE)** da **barragem** _____ em ____/____/____.

Município: _____

Rio: _____

Bacia hidrográfica: _____

A partir das _____ de ____/____/____, será ativado o nível de resposta:

() Verde () Amarelo () Laranja () Vermelho

1) Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente para:

Empreendedor: _____

Entidade fiscalizadora: _____

Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de _____

Comissão Municipal de Defesa Civil do Município de _____

Barragens a montante: _____

Barragem a jusante: _____

2) Descrição da situação (causas, evolução)

A causa da declaração é _____
_____.

3) Medidas adotadas

As circunstâncias ocorridas exigem precaução e a colocação em ação das recomendações e atividades delineadas em sua cópia do **PAE** da **barragem** _____ e nos respectivos mapas de inundação.

Esta é uma mensagem de _____ do nível de segurança, feita por

Consorcio Cerbranorte – Urbano – PCH CAPIVARI

Estrada Geral Alto São Martinho, s/n Cidade: São Martinho – SC - CEP: 88.765-000
- (47) 3372-7500 – E-mail: pchcapivari@urbano.com.br

	PSB – PCH CAPIVARI	
		Página 60 de 62

_____, coordenador do PAE da **barragem**
_____.

Solicitamos confirmar seu recebimento ao Sr. _____,
pelo telefone (____)_____, e/ou pelo e-mail
_____.

Nós o manteremos atualizado da situação em caso de mudança do nível de segurança,
sua resolução ou piora. Nova comunicação será emitida novamente,
_____, para sua atualização.

Para outras informações, entre em contato com o Sr.
_____, pelo telefone (____)_____, e/ou
pelo _____ e-mail
_____.

(*cargo e RG*)

BARRAGEM PCH CAPIVARI

Inspeção Regular de Segurança de Barragem



Controle de Revisões

Revisão	Data	Descrição das Alterações	Elaborado	Verificado	Aprovado
00	01/02/2026	Primeira Revisão	Fabio Dyck Jean S. Nelson F. Ralf Letohla	-	Jean Stahelin

Aprovação Contratante:

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE COMO CONSTRUÍDO E SEGURANÇA DA BARRAGEM

1. OBJETIVOS

O presente Relatório de Inspeção Técnica (RIT), visa apresentar os registros da inspeção técnica realizada em 29/01/2026, na barragem de enrocamento com núcleo argiloso da PCH Capivari, de propriedade do Consórcio Cerbranorte - Urbano e tem como objetivo principal o acompanhamento do desempenho da barragem de enrocamento e demais estruturas Civas associadas, durante a fase de operação da Usina, de acordo com o Manual de Monitoramento e Inspeções Visuais – CAP-PE-BA-MA-001 e do PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - PSB, que contém os conceitos e princípios ligados à instrumentação, segurança e integridade física desta estrutura, em conformidade com as disposições da Lei 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.

A preocupação relacionada com a Segurança de Barragens, não implica em admitir que somente sejam de interesse aspectos relacionados com fatos e acidentes graves, que comprometam a integridade das estruturas principais de barramento, mas sim e principalmente, com fatos de menor repercussão aparente que determinem medidas corretivas simples, as quais se não forem executadas adequadamente e no tempo certo, possam eventualmente vir a resultar em providências futuras mais complexas e onerosas, e que possam também colocar em

A inspeção periódica é elemento indispensável na metodologia da manutenção preventiva. Quando bem executada, é instrumento essencial para a garantia de durabilidade da construção, sendo sua finalidade a de registrar danos e anomalias e de avaliar a importância que os mesmos possam ter do ponto de vista do comportamento e da segurança estrutural das obras civis.

São executadas pelas equipes locais de operação e manutenção, como parte regular de suas atividades. Não geram relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.

A inspeção periódica deve ser adequada ao tipo de estrutura, podendo mesmo variar, em termos de procedimentos a adotar e de requisitos mínimos necessários,

de peça para peça dentro de uma mesma estrutura (caso dos elementos estruturais mais vulneráveis).

A inspeção periódica instrumentada é o procedimento mínimo a ser levado a cabo para todas as estruturas englobadas no segundo grupo classificador da estratégia de manutenção, e consiste na consciente programação de uma série de observações de caráter expedito que, ao serem relatadas em formulários adequados à particularidade da obra e ao ambiente envolvente, permitirão, quando for o caso, a tomada imediata das providências necessárias. Estas inspeções, na sua generalidade, são feitas pôr pessoal especializado, que conhecem bem a estrutura, treinados e equipados, perfeitamente familiarizados com os formulários a preencher, bem como os instrumentos a utilizar (máquinas fotográficas, filmadoras, trena, lápis de cera, nível, fio de prumo, fissurômetro, marreta, ponteira, etc.).

Todos os danos e anomalias constatados neste tipo de inspeção devem ser registrados, sendo então as planilhas enviadas para o responsável pelo cadastro e acompanhamento da estrutura, que as analisará e tomará as providências cabíveis.

Periodicidade

A periodicidade das inspeções variará de acordo com a idade, a importância e a vulnerabilidade da estrutura, ou dos elementos desta, sendo adotada atualmente:

Mensalmente: inspeções periódicas através de avaliação visual e de preenchimento de planilha, quando da existência de anomalias;

Condicionadas: quando da ocorrência de chuvas intensas ou continuas, para avaliação de eventuais anomalias, que possam ser originadas pelas precipitações ocorridas;

Anualmente: as estruturas de concreto deverão ser inspecionadas por profissional especializado.

Níveis de Segurança

A análise da planilha de inspeção periódica poderá conduzir à caracterização de uma das seguintes situações:

Danos desprezíveis ou inexistência de danos – nenhuma atitude a tomar;

Pequenos danos – originam trabalhos de pequena monta, que poderão ser realizados por pessoal não especializado e, por outro lado, passam a condicionar as inspeções de rotina, ressaltando a observação das peças danificadas;

Danos importantes – originam trabalhos de maior envergadura, embora esses danos possam ocasionar sérios prejuízos à durabilidade e à segurança da estrutura, normalmente levam a trabalhos que podem ser executados por empresas de pequeno ou médio porte, sob a supervisão de um engenheiro com conhecimento em trabalhos de recuperação;

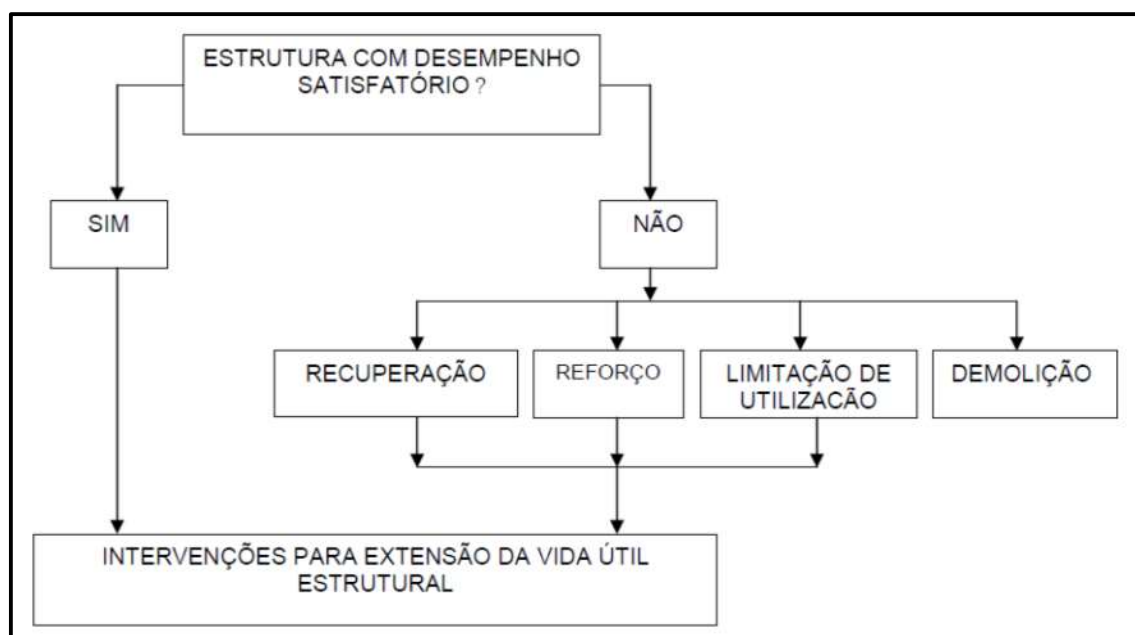
Danos emergenciais – são casos de grande perigo à segurança da obra, que darão origem à convocação de especialistas ao local para a realização de uma inspeção especial e tomada das providências necessárias;

Alarme – são os casos de ruína iminente, quando então deverão ser tomadas as medidas necessárias para o escoramento parcial ou total da estrutura, ou mesmo para a sua interdição, com imediata convocação de equipe técnica especializada.

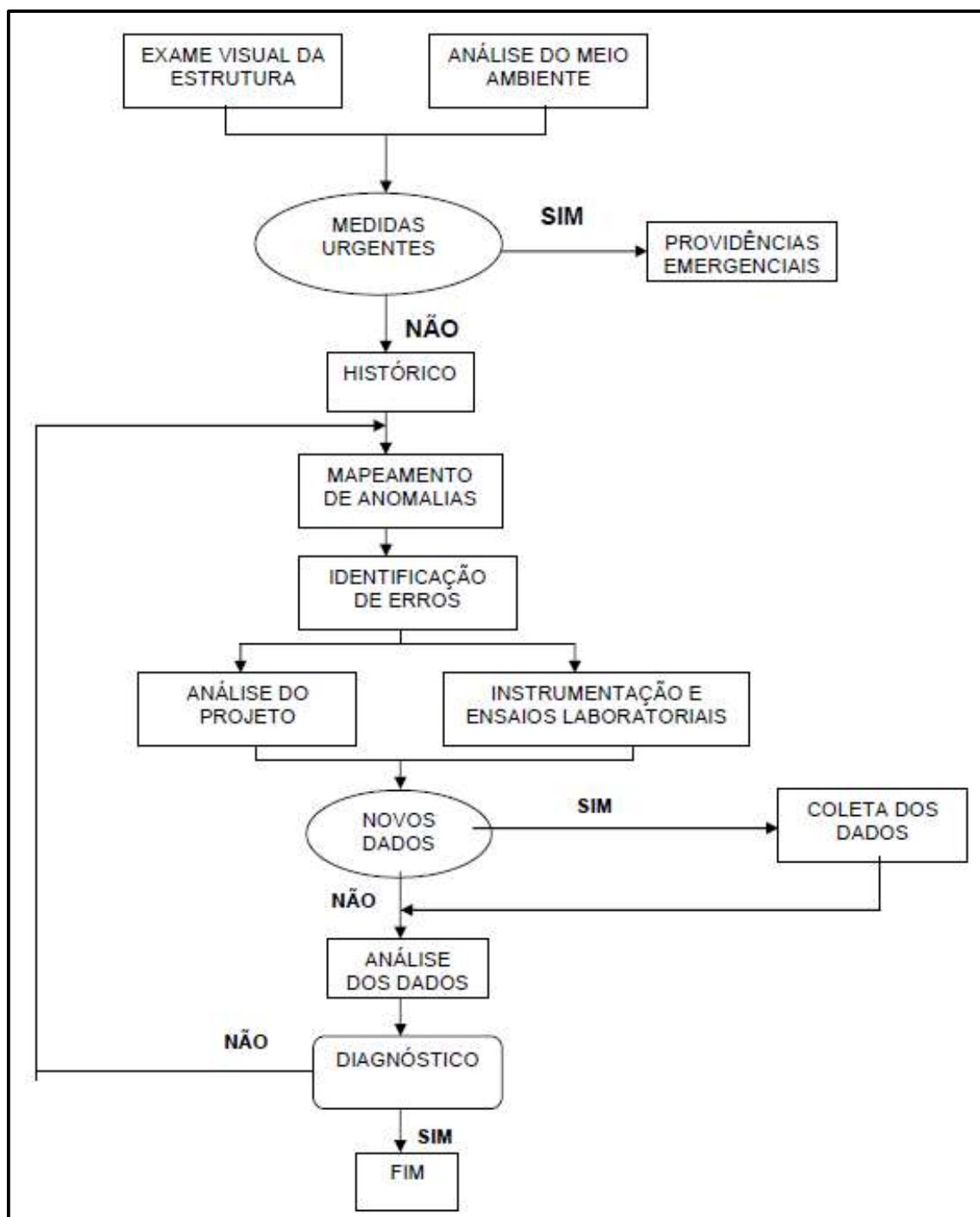
Base Mínima de Observação, Registro e Mensuração.

Os pontos críticos (mais sensíveis) da estrutura, assim como as anomalias mais comuns, como a seguir exposto, são os elementos que, em conjunto, devem compor a base mínima de observação, registro e mensuração em toda e qualquer inspeção que vise uma correta estratégia de manutenção estrutural;

2. FLUXOGRAMA GERAL DAS ATIVIDADES



Fluxograma Geral de Verificação



Fluxograma detalhado

3. INSPEÇÃO GERAL DA BARRAGEM DE ENROCAMENTO

Trata-se a seguir das inspeções de rotina que devem ser executadas, por equipes qualificadas em segurança de barragens, com frequência semanal a mensal, ou conforme indicado, como parte regular das suas atividades locais de operação e manutenção. Cita-se como referência o Guia Básico de Segurança de Barragens, publicado pelo CBDB (Comitê Brasileiro de Barragens). Estas inspeções não geram necessariamente relatórios específicos, mas eventuais anomalias detectadas devem ser formalmente registradas.

No período de operação da Usina, recomenda-se a execução de inspeções periódicas por equipes técnicas do PROPRIETÁRIO, com frequência semestral ou anual, e inspeções formais por equipe multidisciplinar independente. Recomenda-se que a primeira destas inspeções formais seja realizada após o primeiro ano de operação da Usina e as subsequentes no mínimo a cada 5 anos, conforme descrito no Guia supra citado, sendo que para cada inspeção realizada deverá ser emitido um relatório de inspeção técnica e de análise do comportamento das estruturas principais de barramento.

A inspeção geral periódica das estruturas principais de barramento, tem por objetivo fazer uma constatação minuciosa de todo e qualquer evento que possa comprometer a configuração externa dos maciços e evidenciar indícios de comportamentos anômalos, permitindo diagnosticar medidas que corrijam seus efeitos. Esta inspeção inclui, entre outros, o levantamento e observação dos maciços e suas ombreiras quanto a deformações, surgimento de eventuais trincas, aparecimento de pontos de erosão nos taludes, ocorrência de surgências de água, desagregação e deslocamento de blocos de rocha ou enrocamento, eficiência e limpeza dos sistemas de drenagem e erosões diversas que demonstrem qualquer mudança sensível de comportamento ou que possam eventualmente vir a ocasionar.

As trincas que forem observadas deverão ser mapeadas em plantas e acompanhadas com a determinação de sua extensão, aberturas e profundidade. No caso de se registrar a constância de resultados destas medições, poder-se-á concluir que os fenômenos de acomodação se estabilizaram, podendo-se então adotar medidas corretivas de seu preenchimento com material adequado. Trincas paralelas aos taludes ou de forma semicircular revelam a possibilidade de instabilidade dos mesmos e deverão receber atenção especial.

Estas atividades de inspeção geral deverão ser realizadas com frequência semanal no período construtivo e no primeiro ano de operação da Usina e semanal (nos períodos chuvosos) a quinzenal (nos períodos secos) nos anos subsequentes.

Nestas condições, são apresentadas a seguir as diretrizes básicas para a inspeção dos maciços:

3.1 – RECALQUES

Os maciços de terra e enrocamento e as áreas adjacentes de jusante devem ser observadas, para o registro de qualquer evidência de deslocamento anormal.

3.2- DEFORMAÇÃO DOS TALUDES

Os taludes dos maciços devem ser examinados para verificação do seu alinhamento ou discrepâncias em superfícies originalmente planas e uniformes, variações anormais de alinhamento e cotas de crista ou de bermas com relação às originais, evidências de deformações ou movimentos nos pés dos taludes ou de região adjacente a eles, e trincas superficiais com indícios de movimentação nestes locais.

3.3- SURGÊNCIAS D'ÁGUA

As superfícies de jusante da barragem e das suas ombreiras, bem como taludes e pés de maciços escavados, deverão ser examinadas para a verificação de evidências de surgências d'água existentes ou anteriores.

As causas de surgências deverão ser investigadas assim como deverá ser avaliado o risco da mesma para a segurança da estabilidade dos taludes de montante e de jusante da barragem.

Deverá ser ainda observada, no caso de taludes de solo, a presença de formigueiros, a existência de pequenos túneis escavados por animais, bem como o crescimento de arbustos nos taludes, que poderiam evidenciar zonas mais úmidas e caminhos preferenciais de percolação.

Todo arbusto e/ou vegetação de médio porte que porventura se desenvolva nos taludes e áreas adjacentes das ombreiras deverão ser removidos.

3.4- EROSÃO NOS TALUDES

As obras de proteção e tratamento dos taludes deverão ser inspecionadas, verificando-se a ocorrência de erosões ou desarranjos de blocos de enrocamento, sendo indicada medida corretiva quando necessário.

3.5- SISTEMAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Os dispositivos de drenagem superficial: sarjetas, canaletas, descidas de água, dissipadores de energia, entre outros, deverão ser inspecionados quanto à sua integridade e limpeza. Deve-se proceder uma constatação minuciosa de todo e qualquer evento que possa comprometer o comportamento das estruturas de concreto da drenagem, tais como ocorrências de deslocamentos excessivos, fissuras e/ou trincas. No caso do surgimento de fissuras ou trincas nas estruturas de drenagem, deverão ser providenciados os reparos dessas o mais breve possível, de forma a se evitar a evolução da deterioração.

É de fundamental importância que esses sistemas estejam sempre limpos e desobstruídos. Qualquer obstrução deve ser comunicada à equipe de O&M da Usina para que seja prontamente providenciada a sua limpeza.

4. INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM NÚCLEO ARGILOSO

Para o monitoramento da barragem de enrocamento com núcleo argiloso, está prevista pelo Projeto Executivo, a instalação de marcos superficiais (MS) para obtenção dos deslocamentos das superfícies dos taludes, piezômetros tipo

Casagrande (PZ) e medidores de nível d'água (MN), para obtenção de valores de subpressão no maciço compactado e fundações.

O projeto da instrumentação está apresentado nos desenhos CAP-PE-BA-DE-030 e CAP-PE-BA-DE-031.

As leituras dos instrumentos deverão ser realizadas por equipe de técnicos experientes na área de monitoramento.

Em conformidade com as condições dos estudos de estabilidade constantes na memória de cálculo CAP-PE-BA-MC-001, foram estabelecidos valores de Projeto para as leituras da instrumentação que poderão ser atingidos durante a fase de enchimento do reservatório ou durante a operação da Usina. Caso as leituras indicarem valores que ultrapassem os valores de Projeto abaixo listados, a Projetista deverá ser informada sobre essa ocorrência, para que seja possível verificar as eventuais consequências sobre a segurança da barragem de enrocamento e as devidas ações a serem tomadas.

A seguir serão relacionados os seguintes instrumentos com sua locação e os valores de referência para suas leituras:

- Marcos superficiais
- Piezômetros
- Medidores de nível d'água

As locações e cotas de instalação dos instrumentos deverão ser atualizadas conforme Relatório Técnico da Instrumentação “como construído” a ser elaborado e emitido pela CONTRATADA, em conformidade com as especificações técnicas constantes no documento CAP-PE-BA-ET-030.

4.1 MARCOS SUPERFICIAIS

Os marcos superficiais instalados ao longo da crista e das superfícies dos taludes da barragem de enrocamento, tem como objetivo a medição dos deslocamentos dessas superfícies.

As leituras topográficas dos deslocamentos dos marcos superficiais deverão ser realizadas por equipamento de precisão, devendo ser apresentados os deslocamentos verticais (recalque e/ou elevação) e horizontais. Deverão ser utilizados equipamentos tipo Estação Total ou Teodolito Ótico Eletrônico, com capacidade de levantamentos planialtimétricos com:

- precisão angular: 2"
- precisão linear: $\pm (2\text{mm} + 1\text{ppm} \times D)$ sendo D=distância a ser medida
- alcance aproximado mínimo: 1,5m

É muito importante que o nível do reservatório sempre seja registrado no dia da leitura, durante o enchimento e durante a operação do reservatório.

Na Tabela 4.1 apresenta-se a frequência de leituras recomendada. Observa-se que sempre que houver uma alteração de comportamento brusca, as leituras deverão ser mais frequentes.

Tabela 4.1 - Frequência de Leituras dos Marcos Superficiais

Período	Frequência de Leitura
Final de Construção - Início do Enchimento	Quinzenal
Enchimento do Reservatório	2 vezes por semana
Primeiros 3 meses de Operação	Quinzenal
De 3 a 12 meses de Operação	Mensal
Após 1 ano de Operação	Mensal ou a cada 2 meses (após estabilização das medidas)

A previsão de recalques para a barragem de enrocamento foi baseada em experiências anteriores com barragens semelhantes. Segundo Humes (1986), no monitoramento de barragens de enrocamento com núcleo argiloso, pode-se esperar um recalque máximo na fase de alteamento de cerca de 1,5% da altura da barragem, na sua porção central. Para a fase de enchimento estima-se um acréscimo de 10% nos recalques. Na Tabela 4.2 é apresentada uma previsão dos deslocamentos verticais.

Tabela 4.2 – Valores de recalque esperados para barragem de enrocamento para o final do alteamento e para o final do enchimento, a montante e a jusante.

Cota (m)	Recalque (mm)			
	Alteamento		Enchimento	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante
172,55	0	-	0	-
174,55	0	0	0	0
176,55	21	0	23	0
178,55	62	20	69	22
180,55	85	59	94	64
182,55	90	75	99	82
184,55	76	69	84	76
186,55	44	42	48	46

Na Tabela 4.3 é apresentada a previsão dos deslocamentos horizontais esperados para os marcos superficiais durante a fase enchimento, baseados em experiências anteriores com barragens semelhantes. Estima-se um deslocamento horizontal da ordem de 0,15% da altura da barragem no seu topo.

Tabela 4.3 – Deslocamentos esperados para os marcos superficiais.

Marco Superficial	Cota (m)	Deslocamentos Horizontais (mm)	
		Enchimento	
		Montante	Jusante
MS-01	186,55	-	13
MS-02	186,55	-	15
MS-03	186,55	15	-

4.2 - PIEZÔMETROS TIPO CASAGRANDE E MEDIDORES DE NÍVEL D'ÁGUA

4.2.1 - Piezômetro Casagrande

O piezômetro Casagrande é composto por um tubo vertical, tendo na sua base um dispositivo filtrante que permite o fluxo de água de fora para dentro do tubo,

com a altura de água no interior do tubo indicando a pressão intersticial na cota de instalação desse filtro. A medida da subpressão é considerada no centro do bulbo onde corresponde a sua cota de instalação. O topo do tubo é protegido dos agentes externos por um tubo mais espesso.

4.2.2 - Medidor de Nível D'água

O medidor de nível d'água consiste de um tubo rígido (galvanizado ou PVC), instalado verticalmente em um furo de sondagem. São instrumentos utilizados para a observação da estrutura nas fases de enchimento e operação. Tem como finalidade acompanhar o comportamento do lençol freático em relação às variações sazonais. A determinação do nível d'água no interior do tubo é feita através de um pio elétrico, constituído de uma ponteira com os terminais positivo e negativo de um condutor elétrico conectado a um microamperímetro, que quando em contato com a água emite um sinal de alerta (pio). A profundidade é definida a partir do comprimento do pio entre o nível d'água e o topo do tubo.

4.2.3 – Frequência de leituras e recomendações

As leituras dos piezômetros de tubo deverão seguir a seguinte frequência:

- Uma leitura mensal durante a fase de construção
- Uma leitura semanal durante o enchimento do reservatório
- Uma leitura quinzenal na fase de operação

Deverão ser anotados os níveis d'água do rio, de montante e jusante na ocasião de cada leitura. Observa-se que sempre que houver uma alteração de comportamento brusca, as leituras deverão ser mais frequentes.

4.2.4 – Considerações

O Nível de Alerta foi obtido a partir do conceito de que o nível dos piezômetros pode alcançar a linha piezométrica considerada normal na análise de estabilidade da barragem de enrocamento (CCN - Caso de Carregamento Normal).

O Nível de Emergência foi obtido com a linha piezométrica correspondente ao caso de drenos inoperantes e níveis máximos utilizados na análise de estabilidade da barragem de enrocamento (CCL - Caso de Carregamento Limite).

Quando as leituras dos piezômetros atingirem os Níveis de Alerta, a Projetista deverá ser comunicada para avaliar as medidas que deverão ser tomadas de acordo com o Plano de Contingência.

Foram os seguintes parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade descritas na memória de cálculo CAP-PE-BA-MC-001 e apresentados nas Tabelas 4.4 e 4.5:

Tabela 4.4
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DOS MATERIAIS DE FUNDAÇÃO

Material	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	r_u (final de construção)
Solo residual	19	15	28	0,05

Tabela 4.5
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DOS MATERIAIS DE ATERRO

Materia l	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	r_u final de construção
Núcleo compactado	17	19	15	35	0,1
Espaldares de enrocamento	-	20	0	42	-

4.2 Plano de contingência

Caso as leituras dos instrumentos acusem alguma anomalia nas fundações ou estruturas da obra, deve ser feita a avaliação se o sistema de drenagem da fundação

das estruturas está respondendo conforme previsto nos Critérios de Projeto, e se há a necessidade de reperfuração ou instalação de novos drenos.

Atividades a serem consideradas no Plano de Contingência:

- Execução, nos locais e quantidades estimadas, de furos de drenagem adicionais necessários para se obter a resposta piezométrica considerada nas hipóteses de cálculo do Projeto Executivo;
- Avaliação da resposta da instrumentação após a execução da drenagem adicional;
- Caso a resposta dos instrumentos não seja satisfatória, avaliar a necessidade de rebaixamento do reservatório até a cota da soleira do vertedouro, reavaliando então a segurança das estruturas para esta cota de rebaixamento do reservatório;
- Convocar uma equipe multidisciplinar de profissionais especializados para avaliar as medidas corretivas cabíveis.

4.4 - Recomendações para a fase de enchimento do reservatório e de operação da Usina

- Disponibilidade de equipamentos para a execução de sondagens, furos de injeção ou drenagem, com diâmetro de 3" (75mm), no interior das galerias de drenagem ou externamente, consistindo em uma sonda rotativa e uma rotopercussiva adaptadas para perfuração em galerias;
- Disponibilidade de equipamentos para a realização de injeção de calda de cimento nas fundações;
- Disponibilidade de piezômetros tipo Casagrande e de medidores de vazão, para eventual complementação do sistema de auscultação das estruturas;
- Todas as estradas, caminhos, rampas de acesso e plataformas, necessários à circulação e transporte de pessoas e equipamentos nas proximidades da barragem, deverão estar concluídas e mantidas em bom estado de conservação.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O monitoramento dos piezômetros durante o período de 23/02/2017 a 19/07/2017, conforme apresentado nas Figuras 2 a 6 indicam um comportamento normal e aquém dos limites de alerta dos instrumentos para o nível d'água do reservatório na el.180,00m.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento dos piezômetros uma vez que os valores de piezometria calculadas são diretamente correlacionadas com a segurança da barragem, conforme apresentado nas Figuras 8 e 9 da seção utilizada nas análises de estabilidade.

Cabe ressaltar que na Foto 11, o promontório em solo na ombreira esquerda da barragem de enrocamento com núcleo argiloso que se sobrepõe à parede direita da escavação rochosa do canal de dissipação do vertedouro, que sofreu erosão durante a operação do túnel de desvio do rio e que condicionou a implantação da berma de jusante da barragem de enrocamento. Recomenda-se o refazimento dos tratamentos de proteção através de concreto projetado com tela de aço e chumbadores

O monitoramento dos marcos superficiais apresentado na Figura 10, mostram que desde o enchimento do reservatório em 15/09/2016 até a data de 15/11/2017, os recalques medidos dos MS's instalados na crista da barragem de enrocamento com núcleo argiloso, estão todos aquém dos limites estabelecidos pelo Projeto Executivo, conforme apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3. Recomenda-se a continuidade do monitoramento dos deslocamentos dos MS's da crista da barragem com frequência trimestral.

O monitoramento do medidor de vazão MDV01, durante o período de 27/04/2017 a 11/12/2017, apresentou leituras de vazões variando entre 31 a 33 litros/s, consideradas normais para o porte da barragem de enrocamento com núcleo argiloso, recomendando-se a continuidade do monitoramento a ser realizado mensalmente ou quando for observado o aumento das vazões.

Portanto, pelo exposto neste relatório de inspeção e de comportamento, a barragem de enrocamento com núcleo argiloso da PCH Capivari encontra-se em perfeitas condições de estabilidade em conformidade com os Critérios de Projeto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas da Eletrobras, outubro/2003.

Humes, Ciro (1986). O Comportamento da Barragem Pedra do Cavalo durante o período Construtivo - VIII COBRAMSEF - Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações.

7. ANEXOS

7.1 Análise das Leituras Piezométricas

PCH Capivari

PIEZÔMETROS

Atingiu 0,5 m do nível de atenção

Atingiu o nível de atenção

Atingiu 0,5 m do nível de alerta

Atingiu o nível de alerta

BOLETIM

ALERTA

ATENÇÃO

NORMAL

DADOS DE INSTALAÇÃO

ESTRUTURA: BARRAGEM DE ENROCAMENTO

Nº DO INSTRUMENTO	CÓDIGO SSB	COORDENADA		DATA DE INSTALAÇÃO	COTA DE INSTALAÇÃO (m)	COTA DA BOCA DO TUBO (m)	DATA DA ÚLTIMA LEITURA	ÚLTIMA LEITURA (m)	COTA DO NÍVEL DE ATENÇÃO	COTA DO NÍVEL DE ALERTA (m)	ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DO FURO	ZONA DE INSTALAÇÃO MATERIAL	OBSERVAÇÃO
		N	E										
PIE-001	✓				161,80	186,55	19/07/17 00:00	173,94	178,00	182,00	Vertical	Crista	
PIE-002	✓				161,87	186,55	19/07/17 00:00	174,55	178,00	182,00	Vertical	Crista	
PIE-004	✓				161,55	186,55	19/07/17 00:00	173,87	178,00	182,00	Vertical	Crista	
PIE-005	✓				167,75	186,55	19/07/17 00:00	175,55	178,00	182,00	Vertical	Crista	
PIE-006	✓				161,75	186,55	19/07/17 00:00	174,25	178,00	182,00	Vertical	Crista	

Figura 1 – Piezômetros instalados na crista da barragem de enrocamento com núcleo argiloso na el.186,55m.

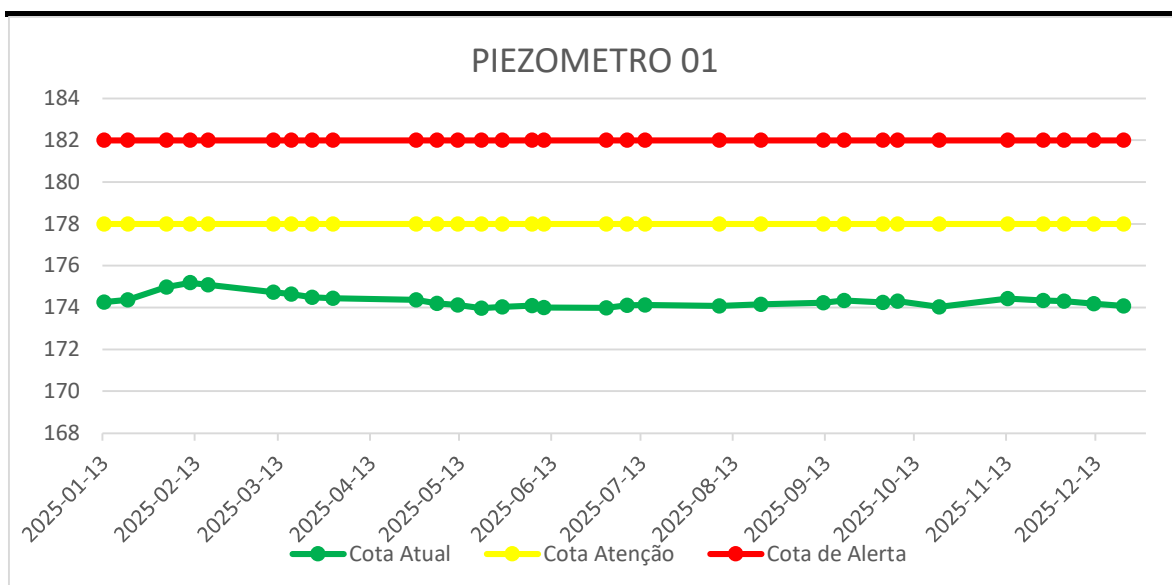


Figura 2 – Piezômetro PZ-01 - monitoramento no período de 13/01/2026 a 13/12/2025.

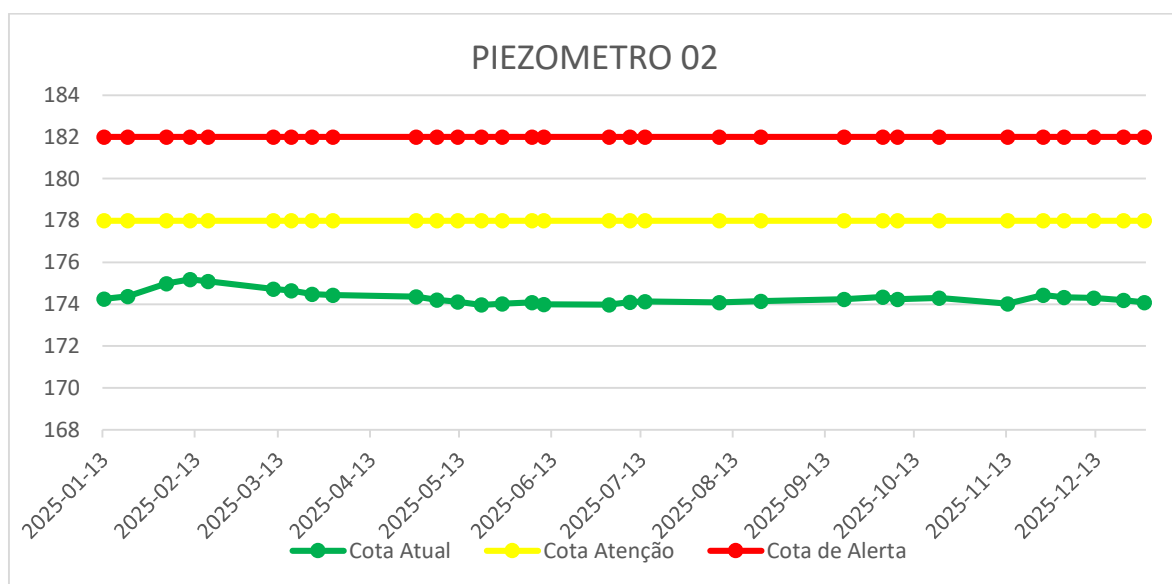


Figura 3 – Piezômetro PZ-02 - monitoramento no período de 13/01/2026 a 13/12/2025.

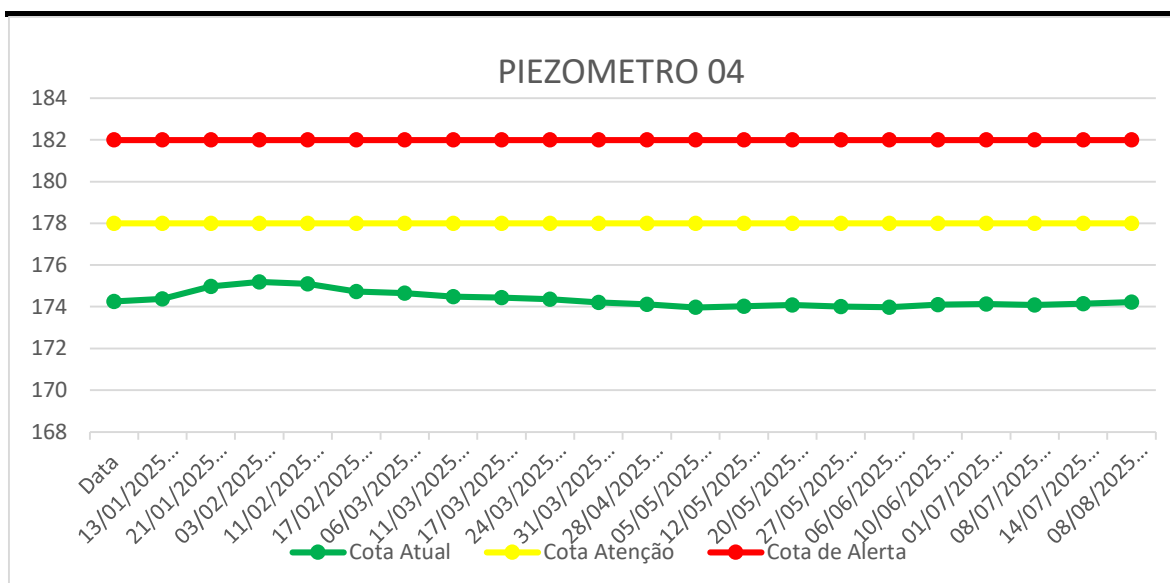


Figura 4 – Piezômetro PZ-04 - monitoramento no período de 13/01/2026 a 13/12/2025.

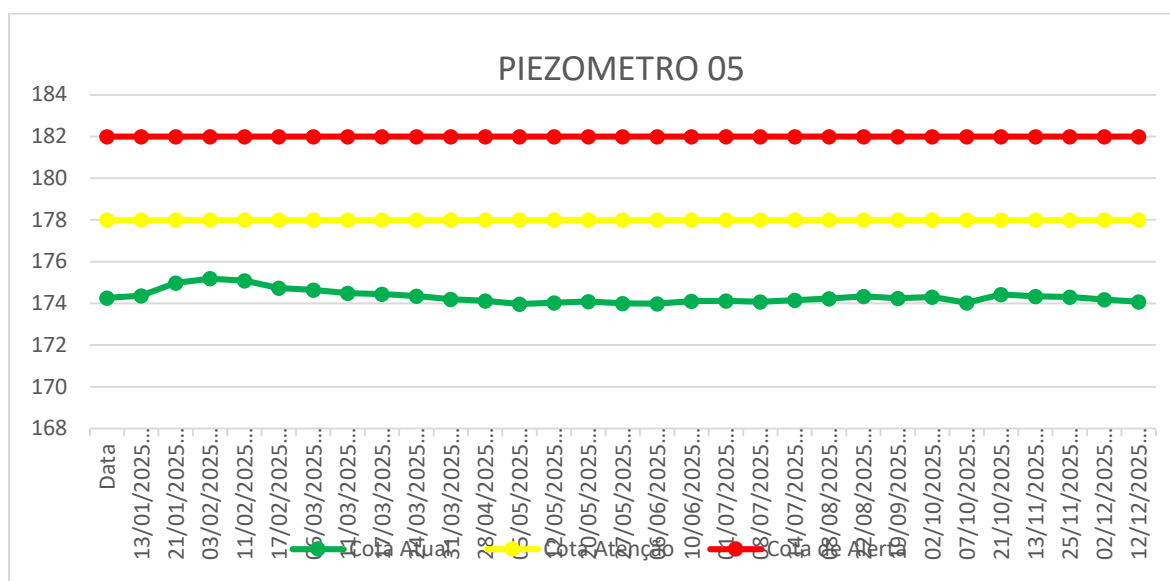


Figura 5 – Piezômetro PZ-05 - - monitoramento no período de 13/01/2026 a 13/12/2025.

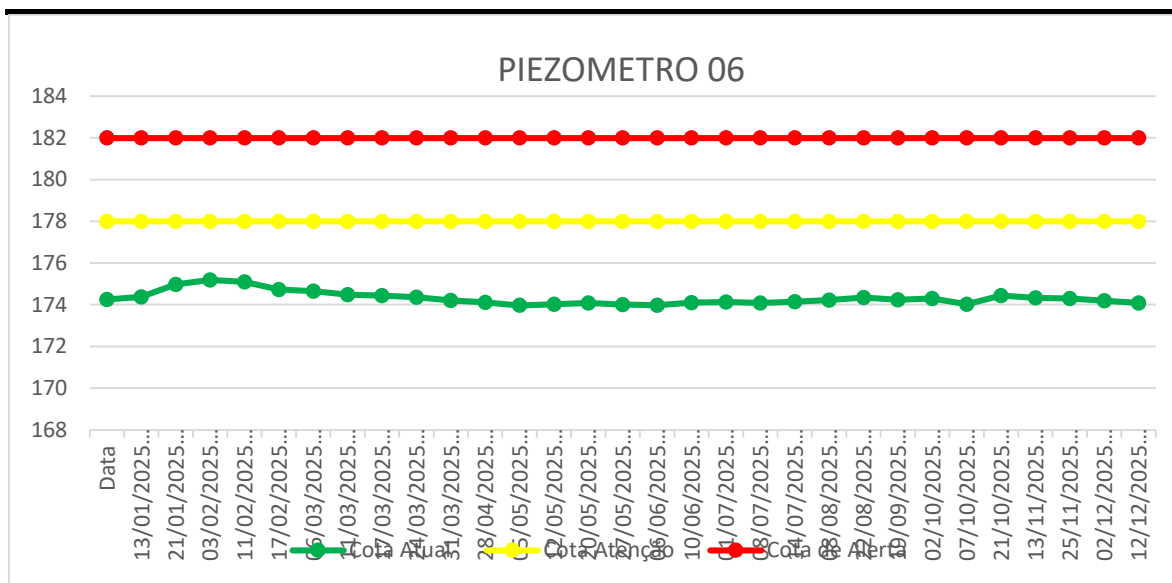


Figura 6 – Piezômetro PZ-06 - - monitoramento no período de 13/01/2026 a 13/12/2025.

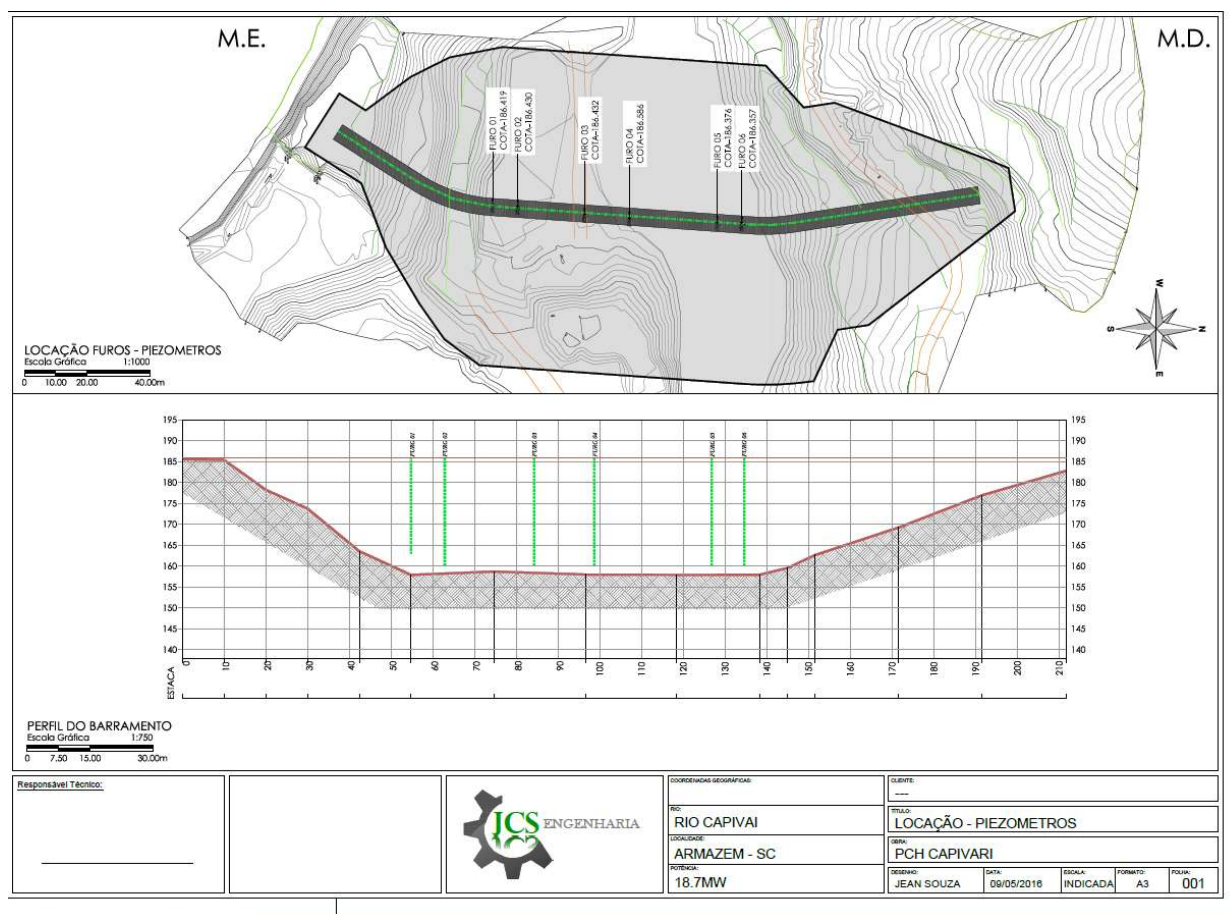


Figura 7 – Localização da instalação dos piezômetros Casagrande na crista da barragem de enrocamento com núcleo argiloso.

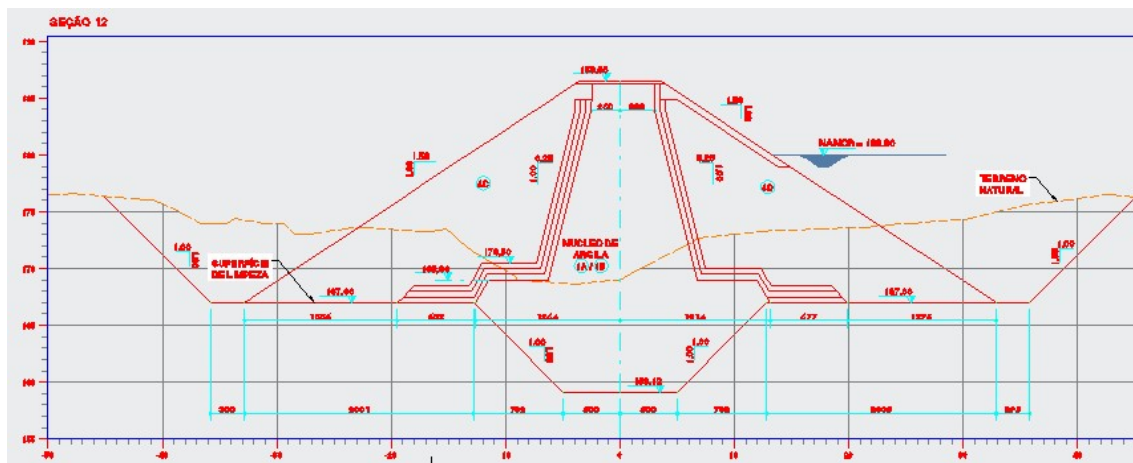


Figura 8 - Seção 6 (= seção 12 do “como construído”) utilizada para as análises de estabilidade.



Figura 9 - Seção 6 – Análise da estabilidade do talude de jusante na condição de carregamento de operação normal com fator de segurança $FS=1,971$.

7.2 ANÁLISE DOS MEDIDORES DE VAZÃO

MEDIDOR DE VAZÃO		
TAG	Data	Total M
MDV-0001	13/01/2025 17:27:09	42
MDV-0001	21/01/2025 14:41:31	42,7
MDV-0001	03/02/2025 18:19:15	44,5
MDV-0001	11/02/2025 17:50:52	42,8
MDV-0001	17/02/2025 15:57:08	42,2
MDV-0001	06/03/2025 16:22:02	41,5
MDV-0001	11/03/2025 14:40:59	43,3
MDV-0001	17/03/2025 10:25:46	41,9
MDV-0001	24/03/2025 16:52:59	42,6
MDV-0001	28/04/2025 15:23:30	42,5
MDV-0001	05/05/2025 17:06:52	41,8
MDV-0001	12/05/2025 17:17:06	42
MDV-0001	20/05/2025 16:09:45	41,2
MDV-0001	27/05/2025 16:52:38	41,1
MDV-0001	06/06/2025 19:46:29	41,3
MDV-0001	01/07/2025 23:29:08	41,9
MDV-0001	08/07/2025 16:50:24	41,6
MDV-0001	14/07/2025 21:03:39	41,1
MDV-0001	08/08/2025 15:02:19	42,2
MDV-0001	22/08/2025 16:58:44	41,3
MDV-0001	19/09/2025 14:36:21	41,6
MDV-0001	02/10/2025 15:33:40	41,7
MDV-0001	07/10/2025 17:56:57	41,9
MDV-0001	21/10/2025 16:49:28	41,9
MDV-0001	13/11/2025 13:00:00	41,4
MDV-0001	25/11/2025 08:00:00	41,6
MDV-0001	02/12/2025 13:25:00	41,8
MDV-0001	12/12/2025 13:25:00	41,6
MDV-0001	22/12/2025 08:25:00	41,1
MDV-0001	29/12/2025 09:00:00	42,4

Considerando-se as dimensões e características do barramento da PCH Capivari, os valores apresentados podem ser considerados normais, além de estarem com volume muito baixo de vazão, estes valores apresentam uma grande estabilidade ao longo do período.

7.3 Monitoramento dos marcos superficiais (MS)

LINEAR TOPOGRAFIA		Data: 20/01/2025		Hora: 21:46:40		Page 1 of 1		
PLANILHA DE DEFORMAÇÃO								
Cliente:	CONSÓRCIO CERBRANORTE URBANO							
Obra:	PCH CAPIVARI							
Trecho:	ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO REF. MÊS 01-2025							
Arquivo:								
Arquivo de Referência:		E:\ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO\ARQUIVO RAIZ.coo				Tolerância X:	0.025	m
Arquivo de Levantamento:		E:\ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO\01-2025\ACOMP. MOVIMENTAÇÃO MÊS 01-2025.irr				Tolerância Y:	0.025	m
						Tolerância Z:	0.025	m

PONTO	PONTOS DE REFERÊNCIA				PONTOS LEVANTADOS EM CAMPO			DIFERENÇAS CALCULADAS			SITUAÇÃO PARA TOLERÂNCIA			PONTO
	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	DX	DY	DZ	SITUAÇÃO X	SITUAÇÃO Y	
M1	700.521.5226.889.318.965	186.588	MARCO	700.521.5196.889.318.972	186.576	MARCO	0.006	-0.007	0.012	OK	OK	OK	M1	
M2	700.524.8816.889.297.116	186.446	MARCO	700.524.8826.889.297.119	186.432	MARCO	-0.001	-0.003	0.014	OK	OK	OK	M2	
M3	700.525.2516.889.279.047	186.483	MARCO	700.525.2436.889.279.049	186.483	MARCO	0.008	-0.002	0.000	OK	OK	OK	M3	
M4	700.524.8216.889.257.287	186.507	MARCO	700.524.8196.889.257.275	186.504	MARCO	0.001	0.012	0.003	OK	OK	OK	M4	
M5	700.523.6516.889.237.997	186.595	MARCO	700.523.6486.889.237.993	186.586	MARCO	0.003	0.004	0.009	OK	OK	OK	M5	
M6	700.522.4216.889.223.598	186.569	MARCO	700.522.4246.889.223.595	186.561	MARCO	-0.003	0.003	0.008	OK	OK	OK	M6	
M7	700.519.9036.889.202.341	186.538	MARCO	700.519.8996.889.202.332	186.514	MARCO	0.013	0.009	0.024	OK	OK	OK	M7	
M8	700.514.6816.889.179.602	186.458	MARCO	700.514.6846.889.179.598	186.440	MARCO	0.002	0.004	0.018	OK	OK	OK	M8	

ELVIO ANTUNES DE SOUZA.		Data: 27/01/2026		Hora: 19:23:22		Page 1 of 1	
PLANILHA DE DEFORMAÇÃO							
Cliente:	CONSÓRCIO CERBRANORTE URBANO						
Obra:	PCH CAPIVARI						
Trecho:	ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO Ref. MÊS 01-2026						
Arquivo:	E:\CLIENTES\PCH CAPIVARI\ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO\01-2026\ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO Ref. MÊS 01-2026.dff						
Arquivo de Referência:	E:\CLIENTES\PCH CAPIVARI\ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO\ARQUIVO RAIZ.coo					Tolerância X: 0.025	m
Arquivo de Levantamento:	E:\CLIENTES\PCH CAPIVARI\ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO\01-2026\ACOMP. MOVIMENTAÇÃO MÊS 01-2026.irr					Tolerância Y: 0.025	m
						Tolerância Z: 0.025	m

PONTOS DE REFERÊNCIA					PONTOS LEVANTADOS EM CAMPO			DIFERENÇAS CALCULADAS			SITUAÇÃO PARA TOLERÂNCIA			PONTO
PONTO	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	DX	DY	DZ	SITUAÇÃO X	SITUAÇÃO Y	
M1	700.521.5226.889.318.965	186.588	MARCO	700.521.5196.889.318.967	186.572	MARCO	0.006	-0.002	0.016	OK	OK	OK	M1	
M2	700.524.8816.889.297.116	186.446	MARCO	700.524.8836.889.297.114	186.428	MARCO	-0.002	0.002	0.018	OK	OK	OK	M2	
M3	700.525.2516.889.279.047	186.483	MARCO	700.525.2446.889.279.044	186.479	MARCO	0.007	0.003	0.004	OK	OK	OK	M3	
M4	700.524.8216.889.257.287	186.507	MARCO	700.524.8196.889.257.269	186.500	MARCO	0.001	0.018	0.007	OK	OK	OK	M4	
M5	700.523.6516.889.237.997	186.595	MARCO	700.523.6496.889.237.988	186.582	MARCO	0.003	0.008	0.013	OK	OK	OK	M5	
M6	700.522.4216.889.223.598	186.569	MARCO	700.522.4246.889.223.590	186.557	MARCO	-0.003	0.007	0.012	OK	OK	OK	M6	
M7	700.519.9036.889.202.341	186.538	MARCO	700.519.8996.889.202.328	186.530	MARCO	0.013	0.013	0.008	OK	OK	OK	M7	
M8	700.514.6816.889.179.602	186.458	MARCO	700.514.6836.889.179.594	186.456	MARCO	0.003	0.008	0.002	OK	OK	OK	M8	

LINEAR TOPOGRAFIA		Data: 24/04/2025		Hora: 14:35:35		Página 1 de 1		
PLANILHA DE DEFORMAÇÃO								
Cliente:	CONSÓRCIO CERBRANORTE URBANO							
Obra:	PCH CAPIVARI							
Trecho:	ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO REF. MÊS 04-2025							
Arquivo:								
Arquivo de Referência:		E:\2025\ARQUIVO RAIZ.coo				Tolerância X:	0.025	m
Arquivo de Levantamento:		E:\2025\Imês - 04-2025\ACOMP. MOVIMENTAÇÃO MÊS 04-2025.irr				Tolerância Y:	0.025	m
						Tolerância Z:	0.025	m

PONTOS DE REFERÊNCIA				PONTOS LEVANTADOS EM CAMPO			DIFERENÇAS CALCULADAS			SITUAÇÃO PARA TOLERÂNCIA					
PONTO	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	DX	DY	DZ	SITUAÇÃO X	SITUAÇÃO Y	SITUAÇÃO Z	PONTO
M1	700.521.5226.889.318.965	186.588	MARCO	700.521.5226.889.318.979	186.595	MARCO	0.000	-0.014	-0.007	OK	OK	OK	OK	M1	
M2	700.524.8816.889.297.116	186.446	MARCO	700.524.8846.889.297.117	186.452	MARCO	-0.003	-0.002	-0.006	OK	OK	OK	OK	M2	
M3	700.525.2516.889.279.047	186.483	MARCO	700.525.2496.889.279.042	186.498	MARCO	0.002	0.006	-0.015	OK	OK	OK	OK	M3	
M4	700.524.8216.889.257.287	186.507	MARCO	700.524.8226.889.257.277	186.522	MARCO	-0.003	0.009	-0.015	OK	OK	OK	OK	M4	
M5	700.523.6516.889.237.997	186.595	MARCO	700.523.6536.889.237.994	186.605	MARCO	-0.005	0.003	-0.010	OK	OK	OK	OK	M5	
M6	700.522.4216.889.223.598	186.569	MARCO	700.522.4296.889.223.586	186.587	MARCO	-0.008	0.012	-0.018	OK	OK	OK	OK	M6	
M7	700.519.9036.889.202.341	186.538	MARCO	700.519.9046.889.202.328	186.547	MARCO	-0.001	0.013	-0.009	OK	OK	OK	OK	M7	
M8	700.514.6816.889.179.602	186.458	MARCO	700.514.6936.889.179.585	186.460	MARCO	-0.006	0.018	-0.002	OK	OK	OK	OK	M8	

LINEAR TOPOGRAFIA
Data: 23/07/2025 Hora: 19:42:08
Página 1 de 1

PLANILHA DE DEFORMAÇÃO

Cliente: CONSÓRCIO CERBRANORTE URBANO
 Obra: PCH CAPIVARI
 Trecho: ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO REF. MÊS 07-2025
 Arquivo:

Arquivo de Referência: E:\2025\ARQUIVO RAIZ.coo Tolerância X: 0.025 m
 Arquivo de Levantamento: E:\2025\Mês - 07-2025\ACOMP. MOVIMENTAÇÃO MÊS 07-2025.irr Tolerância Y: 0.025 m
 Tolerância Z: 0.025 m

PONTO	PONTOS DE REFERÊNCIA				PONTOS LEVANTADOS EM CAMPO				DIFERENÇAS CALCULADAS			SITUAÇÃO PARA TOLERÂNCIA			PONTO
	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	DX	DY	DZ	SITUAÇÃO X	SITUAÇÃO Y	SITUAÇÃO Z	
M1	700.521.522	6.889.318.965	186.588	MARCO	700.521.521	6.889.318.963	186.587	MARCO	-0.006	0.003	0.002	OK	OK	OK	M1
M2	700.524.881	6.889.297.116	186.446	MARCO	700.524.893	6.889.297.111	186.439	MARCO	-0.012	0.004	0.007	OK	OK	OK	M2
M3	700.525.251	6.889.279.047	186.483	MARCO	700.525.250	6.889.279.045	186.484	MARCO	0.000	0.002	-0.001	OK	OK	OK	M3
M4	700.524.820	6.889.257.287	186.507	MARCO	700.524.826	6.889.257.279	186.506	MARCO	-0.008	0.008	0.001	OK	OK	OK	M4
M5	700.523.650	6.889.237.997	186.595	MARCO	700.523.659	6.889.237.994	186.586	MARCO	-0.009	0.002	0.009	OK	OK	OK	M5
M6	700.522.421	6.889.223.598	186.569	MARCO	700.522.440	6.889.223.592	186.558	MARCO	-0.019	0.006	0.011	OK	OK	OK	M6
M7	700.519.903	6.889.202.341	186.538	MARCO	700.519.906	6.889.202.339	186.527	MARCO	-0.005	0.003	0.011	OK	OK	OK	M7
M8	700.514.686	6.889.179.602	186.458	MARCO	700.514.696	6.889.179.602	186.445	MARCO	-0.013	0.000	0.013	OK	OK	OK	M8

LINEAR TOPOGRAFIA
Data: 23/10/2025 Hora: 14:47:32
Página 1 de 1

PLANILHA DE DEFORMAÇÃO

Cliente: CONSÓRCIO CERBRANORTE URBANO
 Obra: PCH CAPIVARI
 Trecho: ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO REF. MÊS 01-2025
 Arquivo:

Arquivo de Referência: E:\2025\ARQUIVO RAIZ.coo Tolerância X: 0.025 m
 Arquivo de Levantamento: E:\2025\Mês - 10-2025\ACOMP. MOVIMENTAÇÃO MÊS 10-2025.irr Tolerância Y: 0.025 m
 Tolerância Z: 0.025 m

PONTO	PONTOS DE REFERÊNCIA				PONTOS LEVANTADOS EM CAMPO				DIFERENÇAS CALCULADAS			SITUAÇÃO PARA TOLERÂNCIA			PONTO
	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	X	Y	Z	DESCRIÇÃO	DX	DY	DZ	SITUAÇÃO X	SITUAÇÃO Y	SITUAÇÃO Z	
M1	700.521.522	6.889.318.965	186.588	MARCO	700.521.521	6.889.318.983	186.593	MARCO	0.001	-0.018	-0.005	OK	OK	OK	M1
M2	700.524.881	6.889.297.116	186.446	MARCO	700.524.883	6.889.297.121	186.450	MARCO	-0.002	-0.005	-0.004	OK	OK	OK	M2
M3	700.525.251	6.889.279.047	186.483	MARCO	700.525.248	6.889.279.046	186.496	MARCO	0.003	0.002	-0.013	OK	OK	OK	M3
M4	700.524.820	6.889.257.287	186.507	MARCO	700.524.821	6.889.257.281	186.520	MARCO	-0.002	0.005	-0.013	OK	OK	OK	M4
M5	700.523.650	6.889.237.997	186.595	MARCO	700.523.654	6.889.237.998	186.603	MARCO	-0.004	-0.002	-0.008	OK	OK	OK	M5
M6	700.522.421	6.889.223.598	186.569	MARCO	700.522.429	6.889.223.590	186.585	MARCO	-0.007	0.008	-0.016	OK	OK	OK	M6
M7	700.519.903	6.889.202.341	186.538	MARCO	700.519.903	6.889.202.332	186.545	MARCO	0.000	0.009	-0.007	OK	OK	OK	M7
M8	700.514.686	6.889.179.602	186.458	MARCO	700.514.691	6.889.179.589	186.458	MARCO	-0.005	0.014	0.000	OK	OK	OK	M8

Todas as leituras realizadas estão dentro dos padrões e sem nenhum indicativo de movimentação.

8. Relatório Fotográfico Comentado



Foto 1 – Vista do talude de jusante da barragem de enrocamento com núcleo argiloso a partir da margem direita.



Foto 2 – Vista da crista da barragem de enrocamento com núcleo argiloso a partir da margem direita e com o nível d'água do reservatório na el.180,00m.



Foto 3 – Vista do reservatório a partir da crista da barragem de enrocamento com núcleo argiloso.



Foto 4 – Vista do vertedouro de soleira livre e tomada d'água na margem esquerda, com o NA do reservatório na el.178,00m.



Foto 5 – Vista da Escada de dissipação do vertedouro de soleira livre na margem esquerda. Foto com a estrutura recuperada e finalizada



Foto 6 – Detalhe dos tratamentos realizados no piso do canal de dissipação do vertedouro.



Foto 7 – Leitura do piezômetro Casagrande PZ-05 na crista da barragem de enrocamento com núcleo argiloso.



Foto 8 – Foto dos tratamentos realizados na margem esquerda do Canal de Dissipação.



Foto 9 – Vista dos tratamentos realizados abaixo da Soleira Vertente.



Foto 10 – Estrada de Acesso à tomada d'água da PCH Capivari.

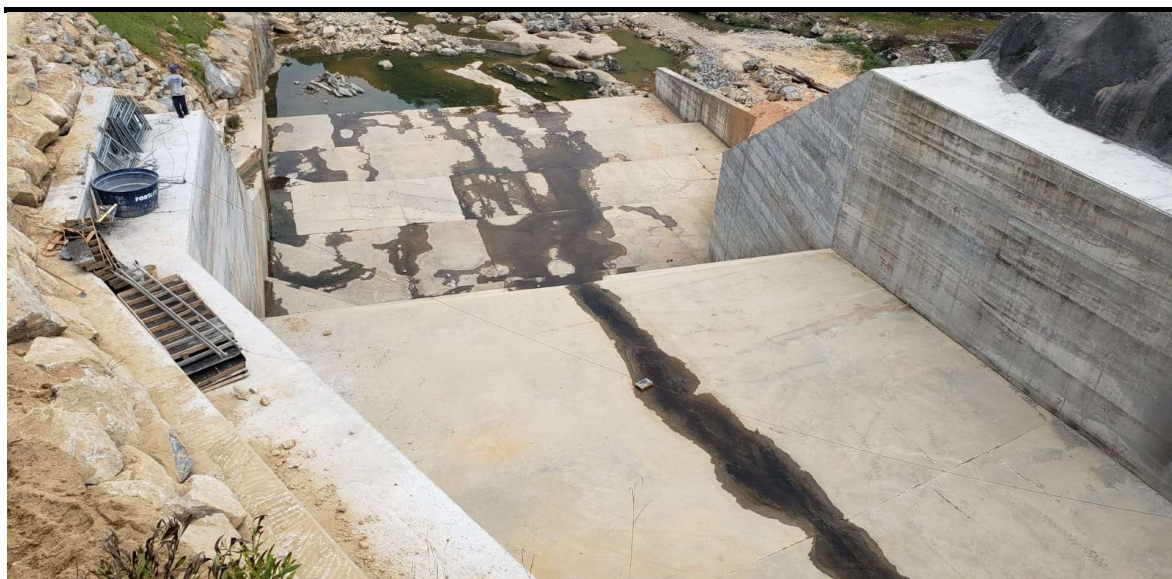


Foto 11 – Vista de Montante da Escada de Dissipação do Canal Lateral



Foto 12 – Vista do conduto forçado e da chaminé de equilíbrio que se interliga ao túnel de adução.



Foto 13 – Vista do canal de fuga das três unidades geradoras da casa de força.



Foto 14 – Vista da Ombreira Direita da Barragem.



Foto 14 – Vista geral da casa de força da PCH Capivari.

9. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas da ELETROBRAS – outubro/2003

8340/04-RL-FL-0004 – Engevix - Relatório de Projeto Básico – setembro/1998

8340/04-US-3G-16-0001 – Projeto Básico – Geologia – Barragem

8340/04-US-3G-16-0002 – Projeto Básico – Geologia – Casa de Força

8340/04-US-3G-16-0003 – Projeto Básico – Geologia – Localização das áreas de empréstimo

8340/04-US-3G-16-0004 – Projeto Básico – Geologia – Resultados dos ensaios realizados

PECP-BA-01 R02 - ARRANJO GERAL – BARRAGEM

PECP-BA-02 R01 - BARRAGEM – PLANTA

PECP-BA-03 - BARRAGEM - PLANTA DO NÚCLEO

PECP-BA-04 R02 - BARRAGEM - PERFIL LONGITUDINAL

PECP-BA-05 R01 - BARRAGEM – SEÇÕES

PECP-BA-06 R01 - BARRAGEM – SEÇÕES

PECP-BA-07 R01 - BARRAGEM – SEÇÕES

04 - ARRANJO GERAL – Projeto Executivo

05 - ARRANJO GERAL DET 01 – Projeto Executivo

06 - ARRANJO GERAL DET 02 – Projeto Executivo

MINERAG - Relatório de Estudos Geológico e Geotécnicos – Campanha de Sondagem de Conferência – dezembro/2012

CAP-PE-BA-DE-001-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – PLANTA 1/6

CAP-PE-BA-DE-002-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 2/6

CAP-PE-BA-DE-003-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 3/6

CAP-PE-BA-DE-004-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 4/6

CAP-PE-BA-DE-005-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 5/6

CAP-PE-BA-DE-006-0 - BARRAGEM - ESCAVAÇÃO – SEÇÕES 6/6

CAP-PE-BA-DE-010-0-BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–PLANTA 1/7

CAP-PE-BA-DE-011-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 2/7

CAP-PE-BA-DE-012-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 3/7

CAP-PE-BA-DE-013-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 4/7

CAP-PE-BA-DE-014-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 5/7

CAP-PE-BA-DE-015-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–SEÇÕES 6/7

CAP-PE-BA-DE-016-0–BARRAGEM-MACIÇO COMPACTADO–DETALHES 7/7

CAP-PE-BA-DE-030-0-BARRAGEM-INSTRUMENTAÇÃO-PLANTA

CAP-PE-BA-DE-031-0-BARRAGEM-INSTRUMENTAÇÃO-CORTES E
DETALHES

CAP-PE-BA-MC-001-0 - Memória de Cálculo - Barragem de Enrocamento – Análise de Estabilidade

CAP-PE-BA-ET-030-0 - Barragem - Especificação Técnica da Instrumentação

CAP-PE-BA-MA-001-0 – Manual de Monitoramento e Inspeções Visuais

