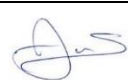



## **PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO ROTINEIRA DE BARRAGENS – EIXO LESTE**

### QUADRO DE CODIFICAÇÃO DO RELATÓRIO

<b>Código do Documento:</b>	2206-PCD-2101-01-20-001-R01			
<b>Título do Relatório:</b>	Procedimento de Inspeção Rotineira de Barragens – Eixo Leste			
<b>Aprovação Inicial por:</b>	Jivaldo Vieira Santos			
<b>Data da Aprovação Inicial:</b>	02/04/2018			
<b>Controle de Revisões</b>				
Revisão n°:	Natureza	Aprovação		
		Data	Nome	Rubrica
01	Revisão	31/07/2018	Jivaldo Vieira Santos	
00	Emissão inicial	02/04/2018	Jivaldo Vieira Santos	



<b>Título:</b> Procedimento de Inspeção Rotineira de Barragens – Eixo Leste																				<b>N.º:</b> 2206-PCD-2101-01-20-001-R01										<b>Folha:</b> 1/1				
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	--	--	--	--

FI/Re	0	1	2	3	4	FI/Re	0	1	2	3	4	FI/Re	0	1	2	3	4	FI/Re	0	1	2	3	4	FI/Re	0	1	2	3	4	
1	X	X				47						93						139						185						231
2	X					48						94						140						186						232
3	X					49						95						141						187						233
4	X					50						96						142						188						234
5	X					51						97						143						189						235
6	X					52						98						144						190						236
7	X	X				53						99						145						191						237
8	X	X				54						100						146						192						238
9	X	X				55						101						147						193						239
10	X	X				56						102						148						194						240
11	X	X				57						103						149						195						241
12	X	X				58						104						150						196						242
13		X				59						105						151						197						243
14		X				60						106						152						198						244
15		X				61						107						153						199						245
16		X				62						108						154						200						246
17		X				63						109						155						201						247
18		X				64						110						156						202						248
19		X				65						111						157						203						249
20		X				66						112						158						204						250
21		X				67						113						159						205						251
22		X				68						114						160						206						252
23		X				69						115						161						207						253
24		X				70						116						162						208						254
25		X				71						117						163						209						255
26		X				72						118						164						210						256
27		X				73						119						165						211						257
28		X				74						120						166						212						258
29		X				75						121						167						213						259
30		X				76						122						168						214						260
31		X				77						123						169						215						261
32		X				78						124						170						216						262
33		X				79						125						171						217						263
34		X				80						126						172						218						264
35						81						127						173						219						265
36						82						128						174						220						266
37						83						129						175						221						267
38						84						130						176						222						268
39						85						131						177						223						269
40						86						132						178						224						270
41						87						133						179						225						271
42						88						134						180						226						272
43						89						135						181						227						273
44						90						136						182						228						274
45						91						137						183						229						275
46						92						138						184						230						276

01	31/07/2018	Ornaldo Sérgio Freitas	J	Jivaldo Vieira Santos	Revisão
00	02/04/2018	Raphael Henrique C. Davi	J	Jivaldo Vieira Santos	Emissão Inicial
Rev.	Data	Por	Em.	Aprov.	Descrição das revisões

<b>TIPO DE EMISSÃO</b>		
(A) Preliminar	(E) Para Construção	(I) de Trabalho
(B) Para Aprovação	(F) Conforme Comprado	(J) Pré-Operação
(C) Para Conhecimento	(G) Conforme Construído	( )
(D) Para Cotação	(H) Cancelado	( )

CONSÓRCIO OPERADOR								
Data	Elaborado	Visto	Data	Verificado	Visto	Data	Aprovado	Visto
30/07/2018	Raphael Henrique C. Davi		30/07/2018	Ornaldo Freitas		30/07/2018	Jivaldo Vieira Santos	
Identificação: 2206-PCD-2101-01-20-001-R01			Contrato Administrativo 29/2017-MI					Revisão
Procedimento de Inspeção Rotineira de Barragens – Eixo Leste				Ministério da Integração Nacional				01

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>6</b>
<b>3. INSPEÇÕES VISUAIS ROTINEIRAS .....</b>	<b>7</b>
<b>4. METODOLOGIA PARA A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS.....</b>	<b>12</b>
<b>5. TRATAMENTO E ENCAMINHAMENTO DAS INFORMAÇÕES .....</b>	<b>13</b>
5.1 INSTRUÇÕES DE TRABALHO .....	16
5.1.1 Introdução .....	16
5.1.2. Tipo de instrução de trabalho .....	16
5.1.2.1 Aplicação .....	16
5.1.2.2 Finalidade .....	16
5.1.2.3 Informações Gerais .....	16
5.1.2.4 Aspectos de Segurança .....	16
5.1.2.5 Condições e Providências Necessárias .....	17
5.1.2.6 Recursos Necessários.....	17
5.1.3 Tipo de instruções de trabalhos .....	17
<b>6. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS .....</b>	<b>17</b>
6.1 INTRODUÇÃO .....	17
6.2 IDENTIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS, QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO .....	18
6.2.1 Introdução .....	18
6.2.2 Critérios de Análise.....	18
6.2.3 Principais anomalias de barragem .....	19
6.3 AÇÕES DE EMERGÊNCIA .....	26
6.3.1 Introdução .....	26
6.3.2 Classificação das principais anomalias quanto ao seu nível de alerta .....	26
6.3.3 Alerta verde .....	28
6.3.4 Alerta Amarelo .....	28
6.3.5 Alerta laranja.....	28
6.3.6 Alerta vermelho.....	29
6.3.7 Procedimentos Corretivos Emergenciais .....	30
<b>7. RECURSOS HUMANOS.....</b>	<b>34</b>
<b>8. VEICULO, EQUIPAMENTOS, FERRAMENTAS E MATERIAIS .....</b>	<b>34</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## INTRODUÇÃO

A inspeção rotineira de barragens está concebida no boletim de Medição e Instrumentação de Barragem no Brasil, do Comitê Brasileiro de Barragens de 1996, sob o seguinte texto: “Conduzida por pessoal de inspeção da Barragem, consiste em inspeção visual efetuada quando de suas visitas rotineiras ao local, inclusive para a execução de tarefas diversas ligadas à área de operação.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), as barragens são as estruturas responsáveis por represar um determinado curso de água, e os reservatórios, ainda segundo a ANA, são os responsáveis pelo acúmulo de água decorrente da construção das barragens.

### 1. OBJETIVO

Este procedimento visa apresentar as diretrizes a serem executadas no trabalho de Inspeção Visual Rotineira, realizado nas barragens do Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

### 2. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

As barragens que compõem o projeto PISF no eixo leste, estão listadas no Quadro 2.1 apresentado a seguir:

BARRAGENS	WBS
Barragem Areias	2104
Barragem Braúnas	2105
Barragem Mandantes	2106
Barragem Salgueiro	2107
Barragem Muquém	2108
Barragem Cacimba Nova	2109
Barragem Bagres	2110
Barragem Copiti	2111
Barragem Moxotó	2112
Reservatório Barreiros	2113
Barragem de Campos	2114
Barragem Barro Branco	2115

**Quadro 2.1: Apresentação e indicação das barragens do PISF (Eixo Leste).**

### 3. INSPEÇÕES VISUAIS ROTINEIRAS

Por definição as inspeções visuais rotineiras, são aquelas que devem ser executadas por equipes qualificadas em segurança de barragens, como parte regular de suas atividades locais de operação e manutenção. A frequência dessas inspeções deve ser semanal ou mensal, definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado, e podendo ser mais reduzida em função de restrições sazonais. Este tipo de inspeção não gera relatório específico, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas ou uma evolução das mesmas.

As inspeções visuais rotineiras complementam o trabalho de medição e auscultação, verificando o estado geral das barragens e indicando possíveis anomalias. O Quadro 3.1 abaixo apresenta os itens a serem verificados nas atividades de inspeção visual nas barragens do PISF. A periodicidade definida é para uma situação normal das barragens, podendo ser diminuída por situações sazonais ou de emergência da barragem, que deverá ser definida pelo Coordenador de segurança de barragem.

INSPEÇÕES ROTINEIRAS		
<b><u>Barragens</u></b>		
ITENS OBSERVADOS	TIPO	PERIODICIDADE
<b><u>Talude de montante</u></b>		<b>(Situação Normal)</b>
Erosões	Visual	Mensal
Escorregamentos	Visual	Mensal
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	Visual	Mensal
Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	Visual	Mensal
Afundamentos e buracos	Visual	Mensal
Árvores e arbustos	Visual	Mensal
Erosão nos encontros das ombreiras	Visual	Mensal
Canaletas quebradas ou obstruídas	Visual	Mensal
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	Visual	Mensal
Sinais de movimento	Visual	Mensal
<b><u>Reservatório</u></b>		
Réguas danificadas ou faltando	Visual	Mensal
Construções em áreas de proteção	Visual	Mensal
Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.	Visual	Mensal
Indícios de má qualidade d'água	Visual	Mensal
Erosões	Visual	Mensal
Assoreamento	Visual	Mensal
<b><u>Reservatório</u></b>		
Desmoronamento das margens	Visual	Mensal
Existência de vegetação aquática excessiva	Visual	Mensal
Desmatamentos na área de proteção	Visual	Mensal
Presença de animais e peixes mortos	Visual	Mensal
Gado pastando	Visual	Mensal
<b><u>Coroamento</u></b>		<b>(Situação Normal)</b>

<b><u>Barragens</u></b>		
<b>ITENS OBSERVADOS</b>	<b>TIPO</b>	<b>PERIODICIDADE</b>
Erosões	Visual	Mensal
Rachaduras	Visual	Mensal
Falta de revestimento	Visual	Mensal
Falha no revestimento	Visual	Mensal
Afundamentos e buracos	Visual	Mensal
Árvores e arbustos	Visual	Mensal
Defeitos na drenagem	Visual	Mensal
Defeitos no meio-fio	Visual	Mensal
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	Visual	Mensal
Sinais de movimento	Visual	Mensal
Desalinhamento do meio-fio	Visual	Mensal
Ameaça de trasbordamento da barragem	Visual	Mensal
<b><u>Talude de jusante</u></b>		
Erosões	Visual	Mensal
Escorregamentos	Visual	Mensal
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	Visual	Mensal
Falha na proteção granular	Visual	Mensal
Falha na proteção vegetal	Visual	Mensal
Afundamentos e buracos	Visual	Mensal
Árvores e arbustos	Visual	Mensal
Erosão nos encontros das ombreiras	Visual	Mensal
Cavernas e buracos nas ombreiras	Visual	Mensal
Canaletas quebradas ou obstruídas	Visual	Mensal
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	Visual	Mensal
Sinais de movimento	Visual	Mensal
Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	Visual	Mensal
Carreamento de material na água dos drenos	Visual	Mensal
<b><u>Região à jusante da barragem</u></b>		
Construções irregulares próximas ao leito do rio	Visual	Mensal
Fuga d'água	Visual	Mensal
Erosão nas ombreiras	Visual	Mensal
Cavernas e buracos nas ombreiras	Visual	Mensal
Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	Visual	Mensal
<b><u>Instrumentação</u></b>		
Acesso precário aos instrumentos	Visual	Mensal
Piezômetros entupidos ou defeituosos	Visual	Mensal
Marcos de recalque defeituosos	Visual	Mensal
Medidores de vazão de percolação defeituosos	Visual	Mensal
Falta de instrumentação	Visual	Mensal
Falta de registro de leituras da instrumentação	Visual	Mensal



<b>Barragens</b>		
<b>ITENS OBSERVADOS</b>	<b>TIPO</b>	<b>PERIODICIDADE</b>
<b><u>Instrumentação</u></b>	<b><u>(Situação Normal)</u></b>	
Deficiência no poço de alívio	Visual	Mensal
Caixas de proteção danificadas	Visual	Mensal
Marcos superficiais danificados	Visual	Mensal
<b><u>Medidor de vazão</u></b>		
Ausência da placa medidora de vazão	Visual	Mensal
Corrosão da placa	Visual	Mensal
Defeitos no concreto	Visual	Mensal
Falta de escala de leitura de vazão	Visual	Mensal
Assoreamento da câmara de medição	Visual	Mensal
Erosão à jusante do medidor	Visual	Mensal
Canal de restituição obstruído		
Tubo de ligação de drenagem obstruído/danificado	Visual	Mensal
<b><u>Vertedouro – canal de aproximação</u></b>		
Árvores e arbustos	Visual	Mensal
Obstrução ou entulhos	Visual	Mensal
Desalinhamento dos taludes e muros laterais	Visual	Mensal
Erosões ou escorregamentos nos taludes	Visual	Mensal
Erosão na base dos canais escavados	Visual	Mensal
<b><u>Vertedouro – canal de restituição</u></b>		
Árvores e arbustos	Visual	Mensal
Obstrução ou entulhos	Visual	Mensal
Desalinhamento dos taludes e muros laterais	Visual	Mensal
Erosões ou escorregamentos nos taludes	Visual	Mensal
Erosão na base dos canais escavados	Visual	Mensal
Erosão na área à jusante (erosão regressiva)	Visual	Mensal
Construções irregulares (aterro, casa, cerca, estradas)	Visual	Mensal
<b><u>Vertedouro – estrutura de fixação da soleira</u></b>		
Rachaduras ou trincas no concreto	Visual	Mensal
Ferragem do concreto exposta	Visual	Mensal
Deterioração da superfície do concreto	Visual	Mensal
Descalçamento da estrutura	Visual	Mensal
Juntas danificadas	Visual	Mensal
Sinais de deslocamentos das estruturas	Visual	Mensal
<b><u>Vertedouro - rápido / bacia de amortecimento</u></b>		
Rachaduras ou trincas no concreto	Visual	Mensal
Ferragem do concreto exposta	Visual	Mensal
Deterioração da superfície do concreto	Visual	Mensal
Ocorrência de buracos na soleira	Visual	Mensal
Erosões	Visual	Mensal
Presença de entulhos na bacia	Visual	Mensal

<b>Barragens</b>		
<b>ITENS OBSERVADOS</b>	<b>TIPO</b>	<b>PERIODICIDADE</b>
<b><u>Vertedouro - rápido / bacia de amortecimento</u></b>		
Presença de vegetação na bacia	Visual	Mensal
Falha no enrocamento da proteção	Visual	Mensal
<b><u>Vertedouro – muros laterais</u></b>		
Erosão na fundação	Visual	Mensal
Erosão nos contatos dos muros	Visual	Mensal
Rachaduras no concreto	Visual	Mensal
Ferragem do concreto exposta	Visual	Mensal
Deterioração da superfície do concreto	Visual	Mensal
<b><u>Tomada d'água de uso difuso – torre de entrada</u></b>		
Assoreamento	Visual	Mensal
Obstrução e entulhos	Visual	Mensal
Tubulação danificada	Visual	Mensal
Registros defeituosos	Visual	Mensal
Falta de grade de proteção	Visual	Mensal
Falta de escada de acesso	Visual	Mensal
Defeitos na grade	Visual	Mensal
Pecas fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura)	Visual	Mensal
Ferragem exposta da torre	Visual	Mensal
Falta de guarda corpo na escada de acesso	Visual	Mensal
Deterioração do guarda corpo na escada de acesso	Visual	Mensal
Ferragem exposta na plataforma (passadiço)	Visual	Mensal
Falta de guarda corpo no passadiço/passarela	Visual	Mensal
Deterioração do guarda corpo no passadiço	Visual	Mensal
Deterioração do portão do abrigo de manobra	Visual	Mensal
Deterioração do tubo de aeração e “by-pass”	Visual	Mensal
Deterioração da instalação de controle	Visual	Mensal
Deterioração da grade e/ou tampa do passadiço	Visual	Mensal
<b><u>Tomada d'água de uso difuso – galeria</u></b>		
Surgências de água no concreto	Visual	Mensal
Precariedade de acesso	Visual	Mensal
Vazamento nos dispositivos de controle	Visual	Mensal
Surgências de água junto à galeria	Visual	Mensal
Presença de pedras e lixo dentro da galeria	Visual	Mensal
Defeitos no concreto	Visual	Mensal
<b><u>Tomada d'água de uso difuso – estrutura de saída</u></b>		
Defeitos nos dispositivos de controle	Visual	Mensal
Surgências de água no concreto	Visual	Mensal
Precariedade de acesso (árvores e arbustos)	Visual	Mensal
Construções irregulares	Visual	Mensal
Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas	Visual	Mensal

<b>Barragens</b>		
<b>ITENS OBSERVADOS</b>	<b>TIPO</b>	<b>PERIODICIDADE</b>
<b><u>Tomada d'água de uso difuso – estrutura de saída</u></b>		
Presença de pedras e lixo dentro da caixa de válvulas	Visual	Mensal
Defeitos no concreto	Visual	Mensal
Defeitos na cerca de proteção	Visual	Mensal
Erosão nos taludes do canal de restituição	Visual	Mensal

**Quadro 3.1: Parâmetros de observação nas inspeções realizadas nas barragens.**

#### **4. METODOLOGIA PARA A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS**

As inspeções rotineiras visuais serão executadas, de maneira rotineira em âmbito mensal. Os itens a serem inspecionados deverão seguir o citado no quadro 3.1 apresentado no item anterior. A metodologia para a execução destas atividades estão apresentadas abaixo:

- O engenheiro de campo se desloca até as barragens, uma por uma, para a realização das inspeções visuais de cada elemento em particular;
- O inspetor irá caminhar sobre os taludes e a crista em diferentes direções, de forma a observar todas as zonas da barragem. De um determinado ponto sobre a barragem, pequenos detalhes podem usualmente ser vistos a uma distância de 3 a 10m em qualquer direção, dependendo da rugosidade da superfície, vegetação ou outras condições;
- O inspetor deverá adotar um tipo de trajetória em sua caminhada (em zigue-zague ou paralela ao eixo longitudinal), mas que, tanto quanto possível, toda a superfície seja coberta visualmente;
- A intervalos regulares, enquanto se caminha pelos componentes da barragem, deve-se parar e olhar em todas as direções: observar a superfície a partir de diferentes perspectivas, o que pode revelar deficiências que de outra forma não poderiam ter sido observadas; verificar o alinhamento da superfície;
- As áreas de contato do aterro com as ombreiras devem ser inspecionadas com muito cuidado, em virtude dessas áreas serem mais suscetíveis à erosão superficial exibirem com mais frequência percolações nos contatos entre a barragem e a ombreira;
- Após a verificação de cada elemento, é preenchido um check-list anotando as observações levantadas e particularidades de uma eventual anomalia encontrada ou evolução de uma anomalia já existente;
- Durante as inspeções visuais, devem ser fotografadas todas as perspectivas das obras e, nomeadamente, situações que possam vir a necessitar de correção. Será feito os registros fotográficos das anomalias para o acompanhamento de sua evolução;
- Após a inspeção visual em campo, o engenheiro retorna até o escritório de trabalho com os dados levantados em campo e elabora o relatório acompanhamento das anomalias de cada barragem inspecionada;
- O relatório de acompanhamento poderá ser enviado ao coordenador de segurança de barragem, em caso de surgimento de novas anomalias ou agravamento da já existente, para seu conhecimento e tomada de decisão sobre as anomalias existentes

Para as anomalias que necessitem de uma intervenção mais urgente deverá ser feito relatórios encaminhando para coordenação onde a mesma dará o encaminhamento necessário, podendo ser uma solicitação de intervenção da equipe de manutenção mais urgente, podendo também ser uma intervenção programada ou até mesmo um monitoramento mais de perto da situação para avaliar sua evolução.

Todo relatório de encaminhamento, assim como o resultado de suas intervenções deverão fazer parte dos relatórios mensais de monitoramento, devendo os mesmos serem arquivados conforme indicado no PSB, em seu volume IV de registros e controle específico de cada barragem.

## **5. TRATAMENTO E ENCAMINHAMENTO DAS INFORMAÇÕES**

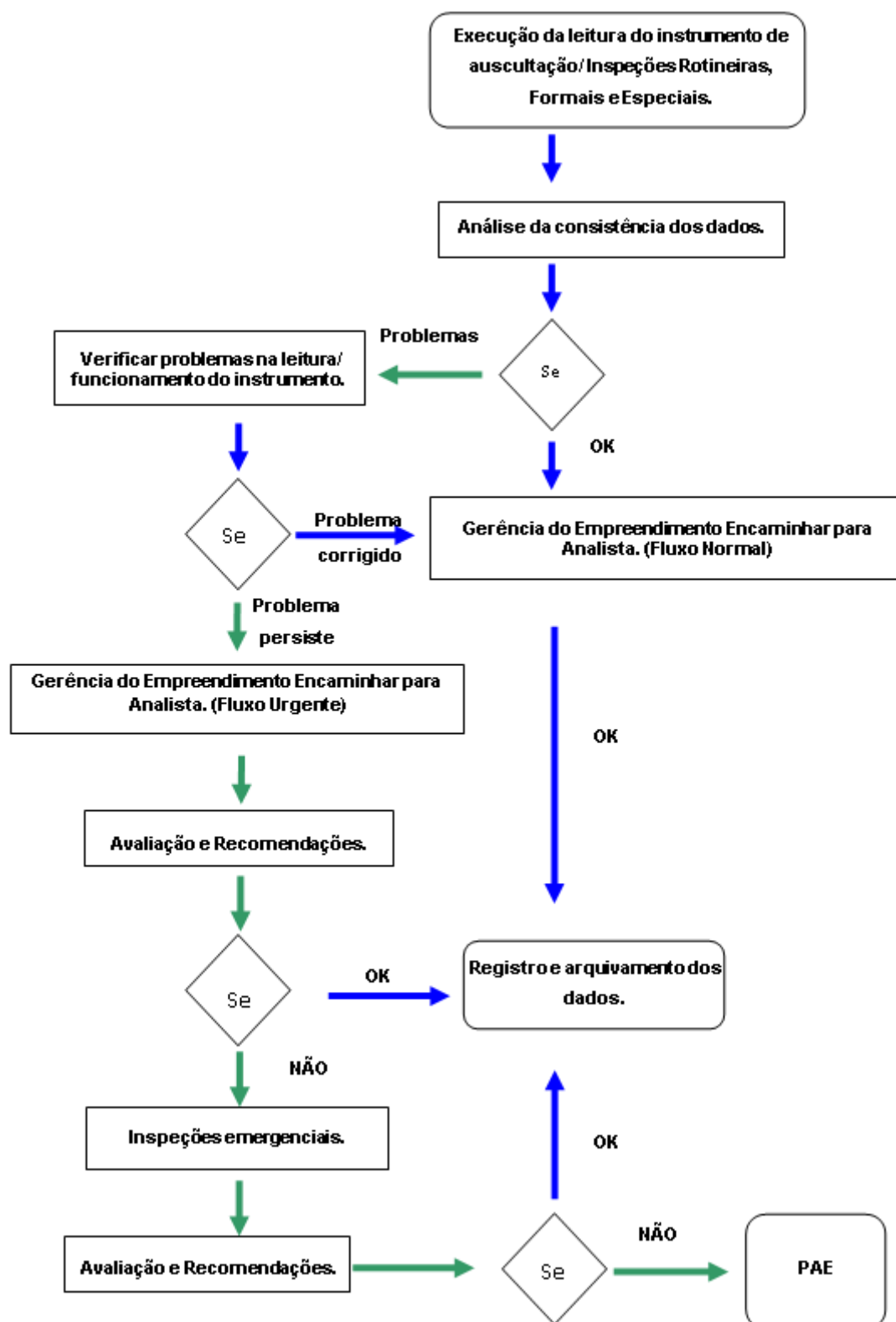
Para que o tratamento e encaminhamento das informações obtidas na análise da instrumentação, nas inspeções rotineiras e nas inspeções regulares sejam eficazes, as seguintes medidas devem ser tomadas:

- No caso de serem detectadas anomalias durante as inspeções rotineiras e regulares e na interpretação dos dados de instrumentação, os mesmos deverão ser analisados, avaliando os possíveis desdobramentos. Estes poderão ser informativos, instruções de recuperação, manutenção, ou necessidade de inspeções emergenciais.
- Averiguando a necessidade de inspeções especiais ou emergenciais, estas devem ser realizadas por profissionais especializados e/ou consultores. A partir das conclusões obtidas, os responsáveis pelo empreendimento, a Diretoria de Operações do MI, determinará medidas à gerência regional do empreendimento, para medidas corretivas. Caso estas medidas tomadas não sejam suficientes, poderá ser acionado o Plano de Ação Emergencial. O nível de acionamento deste plano (atenção, alerta e emergência) estará ligado à gravidade da ocorrência.

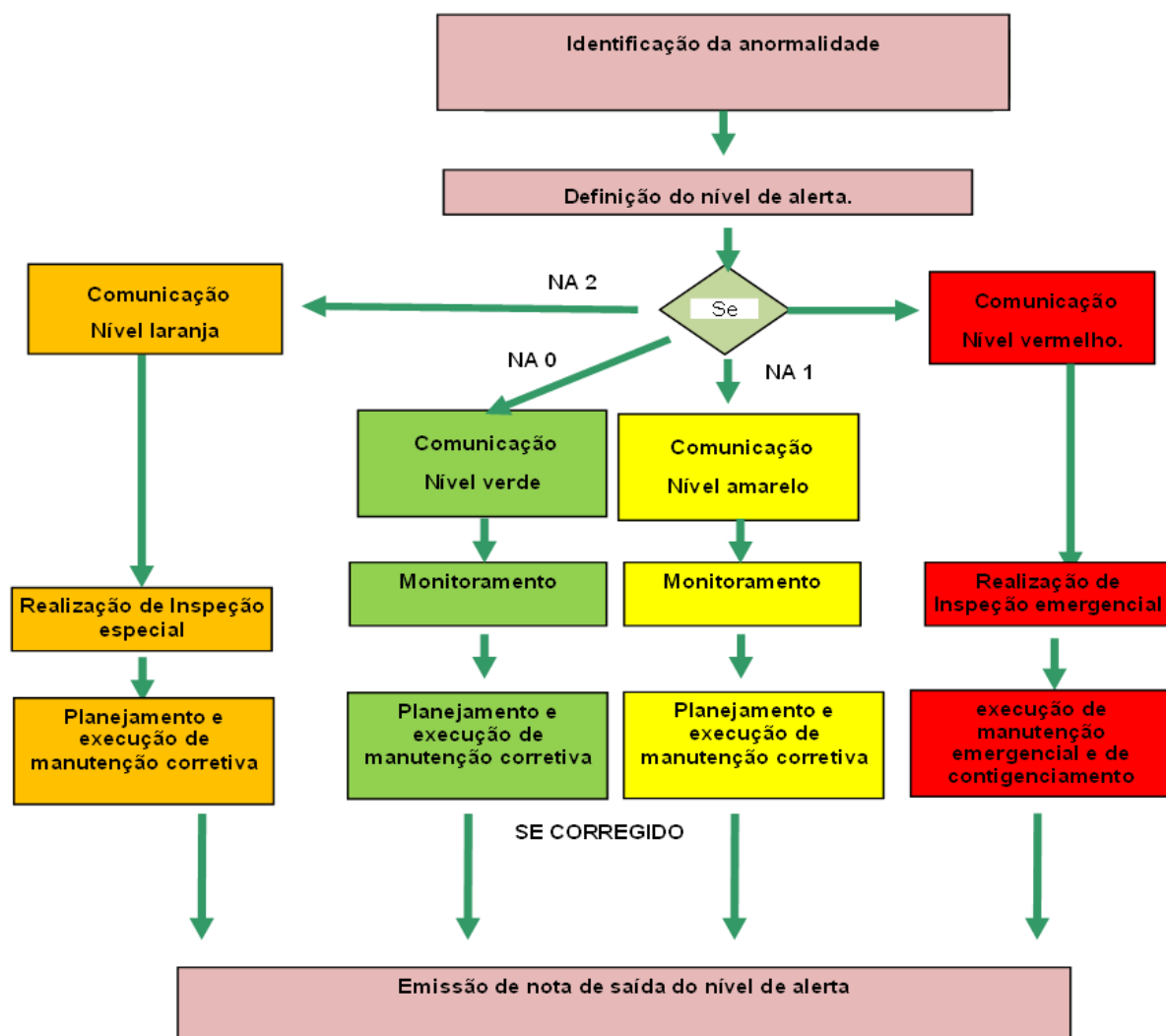
Nas páginas seguintes, apresentam-se os fluxogramas (Figura 5.1 e Figura 5.2) de decisão, tratamento e encaminhamento das informações.



**Figura 5.1 - Fluxograma – Fluxo de tratamento e encaminhamento das informações sobre a auscultação da barragem**



**Figura 5.2: Fluxograma – Fluxo de tratamento e encaminhamento das informações sobre as anomalias existentes**



## 5.1 INSTRUÇÕES DE TRABALHO

### 5.1.1 Introdução

As instruções de trabalhos são solicitações feitas pela Coordenação de Segurança de Barragem para sua própria equipe ou a equipe de manutenção, com objetivo de monitorar ou realizar tarefas específicas, como manutenções preventivas ou emergências necessárias para a manutenção da segurança da barragem.

Nas instruções de trabalho deverão estar contempladas as orientações para a realização das inspeções, das manutenções periódicas e para a execução das leituras dos instrumentos existentes, ou que deverão ser instalados nas estruturas civis dos empreendimentos.

A equipe de inspeção e manutenção deverá consultar o PSB, em seu volume III, onde trata dos planos e procedimentos de operação e manutenção de cada barragem, referente a este item do manual, previamente à realização do serviço, para tomar conhecimento das orientações a serem seguidas.

### 5.1.2. Tipo de instrução de trabalho

Igualmente aqui, é apresentada uma instrução de trabalho ilustrativa:

Consórcio Operador	IC - INSTRUÇÃO DE TRABALHO CIVIL	IC-IT-001
	Título: MEDIDOR DE VAZÃO TRIANGULAR INSTALAÇÃO	

#### 5.1.2.1 Aplicação

A presente instrução se aplica na instalação dos medidores de vazão triangulares de infiltração.

#### 5.1.2.2 Finalidade

A finalidade desta instrução é descrever o método executivo, mão de obra, materiais, ferramentas, equipamentos e acessórios a serem utilizados na instalação dos medidores de vazão triangulares de infiltração.

#### 5.1.2.3 Informações Gerais

Os medidores de vazão triangulares são instrumentos que se destinam à medida de vazões de infiltrações e, basicamente, são constituídos de uma chapa, instalada transversalmente em uma calha ou pequeno canal, pela qual podem ser realizadas leituras que são convertidas em vazão.

#### 5.1.2.4 Aspectos de Segurança

Os trabalhos devem ser executados dentro de condições de segurança pessoal adequada. É necessária a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI) como botina, capacete, e conforme indicação do local utilizar também proteção auricular, lanterna, etc.

#### **5.1.2.5 Condições e Providências Necessárias**

Para facilitar o acesso aos locais dos instrumentos a serem instalados, recomenda-se o acompanhamento de um técnico civil do quadro de operação, que deverá providenciar o acesso, bem como acender a iluminação das galerias e demais pontos.

#### **5.1.2.6 Recursos Necessários**

**Recursos Humanos:** para realização da instalação deste instrumento, pode ser usado o quadro de pessoal da barragem.

**Recursos Materiais:** mangueiras, Sikadur ou similar, água, placas cortadas na geometria descrita na instrução, régua graduada de aço inoxidável, pincel, tinta, ferramenta como punção, martelo, colher de pedreiro, balde, brocha, furadeira, broca extensão, bucha, trena, lanterna.

**Documentação:** planilha para anotações gerais, máquina fotográfica.

#### **5.1.3 Tipo de instruções de trabalhos**

Todos os trabalhos serão executados com base de uma instrução de trabalho, que terão a seguinte tipologia.

- Execução de medição da instrumentação da barragem;
- Elaboração de relatórios de rotina;
- Elaboração de relatórios de Inspeção Regular;
- Solicitação de recuperação das estruturas de terraplenagem, civil ou mecânica;

### **6. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS**

#### **6.1 INTRODUÇÃO**

O Plano de Ação Emergencial está dividido em duas frentes em paralelo, para quando do seu acionamento.

A primeira frente trata das ações de comunicação e notificação que serão implementadas quando do estado de emergência existente. Este procedimento irá acionar todo sistema de apoio institucional e de proteção à vida pelas diversas instituições envolvidas.

A segunda frente trata das ações corretivas das anomalias para os diferentes tipos de ocorrências e níveis de alerta, com o foco nas ações de operação e manutenção do sistema que venham a solucionar as anomalias e minimizar os impactos da mesma, visando sempre a proteção da estrutura existente, de vidas e do meio ambiente.

## 6.2 IDENTIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS, QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

### 6.2.1 Introdução

Um programa efetivo de inspeção é essencial para identificar problemas e fornecer uma manutenção segura de uma barragem. Um programa de inspeção deve envolver três tipos de inspeção:

- (1) inspeções de segurança regulares técnicas periódicas;
- (2) inspeções de segurança especiais e
- (3) inspeções rotineiras feitas pelos responsáveis pela equipe de segurança da barragem enquanto eles operam a barragem.

As Inspeções técnicas devem ser feitas por especialistas familiarizados com o projeto e com a construção da barragem e devem incluir avaliações da estrutura de segurança. Padrão de Instrução para o pessoal é uma necessidade para se assegurar a continuada efetividade destas inspeções.

Uma inspeção visual praticada de forma regular é um dos meios mais econômicos que um responsável pelo empreendimento pode utilizar para garantir segurança e vida longa de uma barragem e do meio ambiente adjacente. Inspeção visual é um procedimento antecipado que pode ser utilizado por engenheiro de inspeção treinado corretamente a fim de fazer uma razoável e acurada avaliação das condições da barragem. A inspeção envolve exames criteriosos na superfície e em todas as partes da estrutura, incluindo o meio ambiente adjacente. O equipamento necessário não é caro e a inspeção geralmente pode ser completada em menos de um dia.

### 6.2.2 Critérios de Análise

A Equipe do segurança de barragem deve realizar a inspeção visual das condições atuais da barragem. A inspeção deve ser realizada a partir do exame in loco de todas as partes que compõem a barragem, procurando por anomalias ao longo de toda sua estrutura e a evolução das anomalias existentes, que possam comprometer a segurança da obra ou a sua funcionalidade.

A partir da identificação das anomalias por parte da inspeção visual rotineira, a mesma será avaliada pela coordenação de segurança da barragem, que solicitará uma inspeção regular ou especial,

A análise e classificação das anomalias deverá ser feita apenas por uma inspeção rotineira ou especial. As anomalias serão classificadas conforme critérios previamente estabelecidos, conforme o Procedimento de Inspeção das Estruturas, apresentado no Quadro 6.1. A classificação objetiva quantifica as anomalias identificadas quanto a sua magnitude e nível de perigo.

MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP)
I - Insignificante	0 - Nenhum
P - Pequena	1- Atenção
M - Média	2- Alerta
G- Grande	3- Emergência

**Quadro 6.1: Classificação das anomalias**



A definição da magnitude da anomalia procura tornar menos subjetiva a avaliação da dimensão do problema ou da falha encontrada. Com esta informação procura-se quantificar o nível de perigo causado pela anomalia e indicar a presteza com que esta anomalia deva ser corrigida. Emergências com diferentes magnitudes, intensidade e duração, podem ocorrer na área afeta. Essas emergências podem desenvolver desastres que comprometam a segurança e o funcionamento da barragem ou do vertedouro, provocando danos para propriedades de jusante, meio ambiente e ameaça à vida da população e para o patrimônio histórico nacional eventualmente existente na área de risco.

Baseado na avaliação das estruturas, é possível definir que o risco primário a jusante da barragem, é o de inundação provocada por eventual enchente de magnitude superior à capacidade de retenção do reservatório, risco hidrológico, e ou por falha estrutural das estruturas do barramento, risco estrutural, motivado por causas naturais ou por falhas operacionais, humanas e de sabotagem.

### **6.2.3 Principais anomalias de barragem**

Com base em levantamento histórico de ocorrências em barragens, identificamos as principais anomalias existentes nas diferentes partes de uma barragem. Abaixo apresentamos o Quadro 6.2 identificando as anomalias, causas e possíveis tratamentos.

**Quadro 6.2: Identificação das anomalias, causas e possíveis tratamentos**

Anomalia	Causa provável	Possível consequência	Ações corretivas
<b>1.0 TALUDE DE MONTANTE</b>			
Sumidouro	Piping ou erosão interna no material do maciço da barragem ou fundação dá origem a um sumidouro. O desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro.	Piping ou erosão interna no material do maciço da barragem ou fundação dá origem a um sumidouro. O desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro.	Inspecionar outras partes da barragem procurando infiltrações ou mais sumidouros. Identificar a causa exata do sumidouro. Checar a água que sai do reservatório para constatar se ela está suja. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO</b>
Rachaduras grandes	Uma porção do maciço se moveu devido a perda de resistência, ou a fundação pode ter se movido causando um movimento no maciço.	Perigo. Indica o início de um deslizamento ou recalque do maciço causado pela ruptura da fundação.	Dependendo do maciço envolvido, baixar o nível do reservatório. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b>
Deslizamentos, afundamentos e/ou escorregamentos	Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido a sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Também podem ocorrer deslizamentos devido a movimentos de terra na bacia do reservatório.	Perigo. Uma série de deslizamentos podem provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura da barragem.	Avaliar a extensão do deslizamento. Monitorar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver ameaçada. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b>
Taludes íngreme e bancada de escavação	Ação das ondas e recalques locais causam ao solo e às rochas erosão e deslizamentos para a parte inferior do talude, formando assim uma bancada de escavação.	A erosão diminui a largura e possivelmente a altura do maciço, o que poderá conduzir ao aumento da percolação ou ao transbordamento da barragem.	Determinar as causas exatas da formação das bancadas de escavação. Executar os trabalhos necessários para restaurar o maciço, devolvendo as suas inclinações originais e providenciar a proteção adequada para o mesmo.
Rip Rap incompleto, destruído ou deslocado	Rip-rap de baixa qualidade se deteriorou. Ação das ondas deslocou o rip-rap. Pedras redondas ou de mesmo tamanho rolaram talude abaixo.	Ação das ondas nestas áreas desprotegidas diminui a largura do maciço da barragem.	Reestabelecer o talude normal. Colocar rip-rap competente.
Erosão por trás do rip rap deficiência da graduação do material	Pedras de tamanhos similares permitem que as ondas passem entre elas e erodam pequenas partículas de pedregulhos e solo.	Solo é erodido por trás do rip-rap. Isto permite que o rip-rap assente, fornecendo uma menor proteção e diminuindo a largura da barragem.	Reestabelecer uma proteção eficiente do talude. <b>ENGENHEIRO NECESSÁRIO</b> para designar o tamanho e a graduação das pedras do rip-rap. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas.

Anomalia	Causa provável	Possível consequência	Ações corretivas
<b>2.0 TALUDE DE JUSANTE</b>			
Deslizamentos	1. Falta ou perda de resistência do material do maciço da barragem. 2. Perda de resistência pode ser atribuída à infiltração de água no maciço ou falta de suporte da fundação.	Perigo. Deslizamento do maciço através da crista ou talude de montante, reduzindo freeboard. Pode resultar no colapso estrutural ou transbordamento.	1. Medir a extensão e o deslocamento do escorregamento. 2. Se o movimento continuar, começar a baixar o nível d'água até parar o movimento. 3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</b>
Rachaduras transversais	Assentamentos diferenciados do maciço da barragem também provocam rachaduras transversais (o centro assenta mais que as ombreiras).	Perigo. 1. Rachaduras devido a recalques ou contrações podem provocar infiltrações da água do reservatório através da barragem. 2. Rachaduras de contrações permitem que a água penetre no maciço e provoque rupturas.	1. Se necessário, tampe a rachadura do talude de montante para prevenir a passagem da água do reservatório. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</b> .
Desabamento /colapso	1. Falta de uma compactação adequada. 2. Piping através do maciço ou fundação. 3. Toca de animais.	Perigo. Indicação de possível erosão do maciço.	1. Inspeccionar para reparos em buracos internos. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</b> .
Rachaduras longitudinais	1. Ressecamento ou contração do material de superfície. 2. Movimentos de assentamento do maciço a jusante.	1. Pode ser um aviso de um futuro deslizamento. 2. Rachaduras de contração permitem que a água penetre no maciço e provoque rupturas. 3. Recalques ou deslizamentos mostrando a perda de estabilidade da barragem podem	1. Se as rachaduras são de ressecamento, cubra a área com material bem compactado para manter a superfície seca e a umidade natural. 2. Se as rachaduras são extensivas, um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</b> .
Afundamentos no talude	Precedidos de erosão regressiva numa porção do talude. Também podem ser encontrados em taludes muito íngremes.	Pode expor zonas impermeáveis à erosão e provocar futuros afundamentos.	1. Inspeccionar a área em busca de infiltração. 2. Monitorar rupturas progressivas. 3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</b> .
Erosão	Água das chuvas carregam material da superfície do talude, resultando numa calha/vala contínua.	Pode ser perigosa se continuar. A erosão pode provocar eventual deterioração do talude de jusante e, posteriormente, a ruptura da estrutura.	1. O método preferido de proteção de áreas erodidas é a colocação de pedras de rip-rap. 2. Refazer a grama de proteção caso o problema seja detectado no início.
Arvores/arbustos	Vegetação natural da área.	1. Raízes de árvores grandes podem criar caminhos para passagem de água. 2. Arbustos podem dificultar inspeções visuais e abrigar roedores.	1. Remover as raízes das árvores grandes. 2. Controlar a vegetação no maciço que dificulte as inspeções visuais.

Anomalia	Causa provável	Possível consequência	Ações corretivas
Buracos de animal	Grande quantidade de roedores. Buracos, túneis e cavernas são causadas por animais roedores. Certos habitats, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais.	Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar o piping. Se existir túneis na maior parte da barragem, pode ocorrer a ruptura desta.	1. Controlar roedores para prevenir maiores danos. 2. Tampar buracos existentes. 3. Remover roedores. Determinar o exato local da escavação e extensão do túnel. Remover o habitat e reparar danos.
Vazamentos vindo da ombreira ou área molhada no maciço	Água movendo-se através de rachaduras ou fissuras nos materiais da ombreira.	Pode provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório. Pode provocar deslizamentos próximos ou a jusante da barragem.	1. Inspeccionar cuidadosamente a área para determinar a quantidade do fluxo e do material transportado. 2. Um engenheiro qualificado ou um geólogo deve inspeccionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b>
Tráfego de gado e animais doméstico	Tráfego excessivo de animais especialmente danoso quando o talude está molhado.	1. Cria áreas com baixa proteção contra a erosão. 2. Permite que a água acumule-se em determinados locais. 3. Área suscetível a rachaduras por ressecamento.	1. Cercar a área de fora da barragem. 2. Reparar a proteção contra erosão com rip-rap ou grama.

Anomalia	Causa provável	Possível consequência	Ações corretivas
3.0 CRISTA			
Rachadura longitudinal	1. Assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem. 2. Falha na fundação causando perda de estabilidade. 3. Estágios iniciais de deslizamentos do maciço	Perigo. 1. Cria local de pouca resistência no interior do maciço. Pode ser o ponto de início de um futuro movimento estrutural, deformação ou ruptura. 2. Permite um ponto de entrada do escoamento superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação da área adjacente do maciço da barragem, e possível lubrificação que poderá provocar uma ruptura localizada.	1. Inspeccionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar frequentemente. 2. Engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. As rachaduras da superfície da crista devam ser seladas para prevenir infiltração da água superficial. 4. Continuar monitorando rotineiramente a crista para indícios de rachaduras. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b>
Deslocamento vertical do maciço	1. Movimento vertical entre seções adjacentes do maciço da barragem. 2. Deformação ou falha estrutural causado por instabilidade estrutural ou falha na fundação.	Perigo. 1. Cria uma área local de pouca resistência no interior do maciço que pode causar futuros movimentos. 2. Provoca instabilidade estrutural ou ruptura. 3. Permite um ponto de entrada para a água superficial que futuramente poderá causar ruptura. 4. Reduz a seção transversal disponível.	1. Cuidadosamente inspeccionar o deslocamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. O engenheiro deve determinar a causa do deslocamento e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 2. Escavar a área até o fundo do deslocamento. Preencher a escavação usando material competente e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. 3. Continuar a monitorar áreas rotineiramente para indícios de futuras rachaduras ou movimento. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b> Anexo

Anomalia	Causa provável	Possível consequência	Ações corretivas
Rachaduras transversais	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Movimentos desiguais das partes adjacentes da estrutura.</li> <li>2. Deformação causada por tensão estrutural ou instabilidade.</li> </ol>	<p>Perigo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pode criar um caminho para infiltração através da seção transversal do maciço.</li> <li>2. Cria área local de baixa resistência no interior do maciço. Futuro movimento estrutural, deformação ou ruptura poderá se iniciar.</li> <li>3. Permite um ponto de entrada para água de escoamento superficial.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar freqüentemente.</li> <li>2. Um engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.</li> <li>3. Escavar a crista ao longo da rachadura para um ponto abaixo do fundo da rachadura. Preencher a escavação usando material competente e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. Isto irá selar a rachadura contra infiltração e escoamento superficial. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b></li> <li>4. Continuar monitorando rotineiramente a crista a procura de indícios de rachaduras.</li> </ol>
Depressões na crista	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Assentamento excessivo no maciço ou fundação diretamente abaixo da depressão na crista.</li> <li>2. Erosão interna do material do maciço da barragem.</li> <li>3. Erosão pelo vento prolongada na área da crista.</li> <li>4. Terraplanagem final inadequada após a construção.</li> </ol>	<p>Reduz a cota de segurança disponível para a passagem de água através do sangradouro com segurança.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estabelecer marcos transversalmente à crista para determinar a exata porção, localização e extensão do assentamento na crista.</li> <li>2. Engenheiro deve determinar a causa da depressão na crista e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema.</li> <li>3. Reestabelecer a elevação da crista de maneira uniforme preenchendo as áreas com depressões utilizando técnicas construtivas adequadas. Deve ser supervisionado por engenheiro.</li> <li>4. Reestabelecer marcos transversalmente à crista da barragem e monitorar os marcos rotineiramente para detectar possível recalque futuramente.</li> </ol>
Trilha ao longo da crista	Tráfego de veículos pesados sem a manutenção adequada da superfície da crista.	<p>Reduz a cota de segurança disponível para a passagem de água através do sangradouro com segurança.</p>	<p>Reestabelecer a elevação da crista de maneira uniforme preenchendo as áreas com depressões utilizando técnicas construtivas adequadas. Deve ser supervisionado por engenheiro.</p>



Anomalia	Causa provável	Possível consequência	Ações corretivas
<b>4.0 ÁREA A JUSANTE DA BARRAGEM</b>			
Áreas encharcadas a jusante da barragem	Água movendo-se rapidamente através do maciço ou fundação está sendo controlada ou contida por um sistema gramado de raízes bem estabelecido.	Condição mostra uma infiltração excessiva na área. Se o sistema de raízes for destruído, ocorrerá uma erosão rápida no material da fundação, o que resultará na ruptura da barragem.	1. Inspeccionar cuidadosamente a área e averiguar a quantidade de fluxo e o transporte de materiais. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b>
<b>5.0 SANGRADOURO</b>			
Vegetação excessiva e obstrução do sangradouro	Acúmulo de sedimentos, árvores mortas, crescimento vegetativo excessivo etc., no canal do sangradouro.	Redução da capacidade de descarga; inundação do sangradouro; transbordamento da barragem. O transbordamento prolongado pode causar a ruptura da barragem.	Retirar os detritos periodicamente; controlar o crescimento vegetativo no canal do sangradouro. Instalar uma rede de proteção na entrada do sangradouro para interceptar detritos.
Erosão excessiva ou deslizamento de terra provocando concentração do fluxo	Descarga de velocidade muito elevada; material do fundo e das laterais solto ou deteriorado; canal ou taludes muito íngremes; solo exposto desprotegido; a proteção da superfície mal construída.	Distúrbio na disposição do fluxo; perda de material; aumento do acúmulo de sedimentos a jusante; ruptura do sangradouro; pode provocar o esvaziamento rápido do reservatório através do sangradouro severamente erodido.	Minimizar a velocidade do fluxo com um projeto adequado. Usar material firme. Manter o canal e os taludes laterais suaves. Encorajar o crescimento de grama no solo da superfície. Construir superfícies suaves e bem compactadas. Proteger a superfície com rip-rap, asfalto ou concreto. Reparar a parte erodida usando práticas de construção adequadas.
Paredes deslocadas e grandes rachaduras	Erros de acabamento ou de mão-de-obra; assentamento desigual da fundação; pressão excessiva do aterro ou da água; reforço insuficiente das barras de ferro do concreto.	1. Pequenos deslocamentos irão criar turbulência e redemoinho no fluxo, causando erosão no solo atrás da parede. 2. Grandes deslocamentos causarão rachaduras severas e eventual ruptura da estrutura. Distúrbios no escoamento; erosão na fundação e no aterro de recobrimento; eventual desmoronamento da estrutura	Reconstrução deve ser feita de acordo com as práticas da engenharia. A fundação deve ser cuidadosamente preparada. Calhas drenantes devam ser usadas para aliviar a pressão atrás da parede. Usar reforço suficiente no concreto. Ancorar as paredes para prevenir futuros deslocamentos. Limpar os drenos para assegurar sua operação adequada. Consultar um engenheiro antes das ações serem tomadas. <b>ENGENHEIRO NECESSÁRIO.</b> 1. Grandes rachaduras sem grandes deslocamentos devam ser reparadas com remendos. 2. Áreas ao redor devam ser limpas e cortadas antes que o material de remendo seja aplicado. Instalação de calhas drenantes ou outras ações podem ser necessárias.
Vazamento dentro e	1. Rachaduras e juntas no sangradouro estão permitindo infiltração. 2. A camada de areia ou pedra está permitindo infiltração.	1. Pode induzir uma perda excessiva de água armazenada. 2. Pode induzir uma ruptura se a velocidade for alta o bastante para causar erosão de materiais naturais.	1. Examinar a areia de saída para ver se o tipo de material pode explicar o vazamento. 2. Medir a quantidade do fluxo e checar se existe erosão dos materiais naturais. 3. Se a velocidade do fluxo ou quantidade de materiais erodidos aumentar rapidamente, o nível do reservatório deve ser abaixado até o fluxo se estabilizar. 4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. <b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO.</b>

Anomalia	Causa provável	Possível consequência	Ações corretivas
<b>6.0 TOMADA D'ÁGUA</b>			
Dispositivo de controle danificado	<p>1. BLOCO DE SUPORTE QUEBRADO. Deterioração do concreto. Força excessiva, na tentativa de abrir a comporta.</p> <p>2. HASTE DE CONTROLE QUEBRADA OU DOBRADA. Ferrugem. Força excessiva na abertura ou fechamento da comporta. Guias das hastes inadequadas.</p> <p>3. GUIAS DAS HASTES FALTANDO OU QUEBRADAS. Ferrugem. Lubrificação inadequada. Excesso de força na abertura ou fechamento da válvula.</p>	<p>1. Bloco de suporte pode pender e a haste de controle emperrar. A comporta pode não abrir completamente. O bloco de suporte pode falhar completamente, deixando a saída d'água inoperante.</p> <p>2. A saída d'água está inoperante.</p> <p>3. Perda de suporte da haste de controle. A haste pode quebrar ou entortar mesmo no seu uso normal.</p>	<p>Qualquer uma destas condições pode significar que o controle está inoperante ou operando parcialmente. O uso do sistema deve ser minimizado ou descontinuado. Se o sistema de saída d'água possui uma segunda válvula, considerar o seu uso para regular as liberações até que os reparos possam ser feitos. A ajuda de engenheiros é recomendável.</p>
Saída da água libera	<p>Qualquer uma destas condições pode significar que o controle está inoperante ou operando parcialmente. O uso do sistema deve ser minimizado ou descontinuado. Se o sistema de saída d'água possui uma segunda válvula, considerar o seu uso para regular as liberações até que os reparos possam ser feitos. A ajuda de engenheiros é recomendável.</p>	<p>Perigo. Erosão do pé do talude de jusante causando um charco progressivo.</p>	<p>1. Estender a tubulação além do pé.</p> <p>2. Proteger o maciço com rip-rap sobre uma camada bem compactada.</p>
Água de infiltração s	<p>1. Tubulação da tomada d'água quebrada.</p> <p>2. Um caminho para percolação se desenvolveu ao longo da tubulação de saída.</p>	<p>Perigo. Um fluxo contínuo pode induzir uma erosão do material do maciço e provocar a ruptura da barragem.</p>	<p>1. Examinar cuidadosamente a área para tentar determinar a causa.</p> <p>2. Verificar se água percolada carrega partículas de solo.</p> <p>3. Determinar a quantidade do fluxo.</p> <p>4. Se o fluxo aumentar, ou se está carregando material do maciço, o nível do reservatório deve ser rebaixado até que a infiltração pare.</p> <p>5. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas.</p> <p><b>NECESSÁRIO ENGENHEIRO</b></p>

**Quadro 6.3: Anomalia com referência à leitura dos piezômetros**

DISPOSITIVOS	GRANDEZA	SITUAÇÃO	CENÁRIOS POSSÍVEIS DE INCIDENTES E/OU ACIDENTES	EVENTUAIS MEDIDAS DE INTERVENÇÃO
Piezômetros Hidráulicos instalados na Fundação	Níveis hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento importante dos níveis hidráulicos (ver se os níveis do reservatório estão estabilizados, se ocorreram pequenos acréscimos ou grandes acréscimos).</li> <li>- Níveis hidráulicos superiores aos níveis de referência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perdas de água localizadas.</li> <li>- Arrastamento de materiais finos da fundação – zona superficial do maciço, preenchimento de caixas de falhas e/ou de fraturas</li> <li>- Erosão interna</li> <li>- Instabilidade global aterro-fundação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rebaixamento do nível do reservatório</li> <li>- Drenagem</li> <li>- Tratamento localizado de impermeabilização</li> <li>- Obras de reabilitação /estabilização</li> <li>- Reforço do monitoramento</li> <li>- Investigações complementares</li> </ul>
Piezômetros Hidráulicos instalados no contato Aterro-Fundação e no Aterro	Níveis hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento importante dos níveis hidráulicos (ver se os níveis do reservatório estão estabilizados, se ocorreram pequenos acréscimos ou grandes acréscimos).</li> <li>- Níveis hidráulicos superiores aos níveis de referência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perdas de água</li> <li>- Erosão interna</li> <li>- Instabilidade do corpo do aterro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rebaixamento do nível do reservatório</li> <li>- Drenagem</li> <li>- Obras de reabilitação/estabilização (por exemplo, aterros de estabilização e de drenagem a jusante das obras de impermeabilização a montante)</li> <li>- Reforço do monitoramento</li> <li>- Investigações complementares</li> </ul>

## 6.3 AÇÕES DE EMERGÊNCIA

### 6.3.1 Introdução

Como podemos identificar para cada anomalia existem vários níveis de alerta, para qual deverá ser feito um procedimento corretivo diferente.

Para alguns casos, cabe apenas um monitoramento, uma mudança da operação, até mesmo no caso extremo uma evacuação da população à jusante, para definir as ações que cabe aos diversos tipos de níveis de alerta.

O passo inicial do sistema de alerta é a identificação da anomalia que será feita por diversas formas.

### 6.3.2 Classificação das principais anomalias quanto ao seu nível de alerta

As anomalias ocorrem em diversos graus de intensidade, o que para classificação do seu nível de alerta necessita da avaliação de um engenheiro. O Quadro 6.4 identifica as principais anomalias e sua classificação de nível de alerta.

Através de uma inspeção rotineira, onde o engenheiro de inspeção identifica a anomalia e comunica ao coordenado do PAE, pelo seu relatório de inspeção.

Quando da leitura da instrumentação onde o técnico de instrumentação e segurança identifica uma anomalia na leitura dos equipamentos, que será comunicado ao coordenador do PAE ou através das equipes de manutenção que identifica possíveis anomalias e comunica ao engenheiro de inspeção ou ao coordenador do PAE.

Após o recebimento da informação da anomalia o coordenador do PAE, fará uma avaliação com base nos critérios anteriormente descritos, onde fará a identificação do nível de alerta apropriado para a situação existente. Passaremos a descrever abaixo estas ações para cada nível de alerta.

Ocorrência Excepcional		Consequências	Nível de alerta/ Consultar Quadro
Instrumentação		Verificar funcionamento dos instrumento	Verde
		Refazer Leituras	
		Analisas demais instrumentos e comportamento da estrutura	
Anomalias estruturais na barragem e ombreiras	Trincas	Trincas estáveis, identificadas e monitoradas.	Verde
		Trincas superficiais.	
		Presença de trincas transversais e longitudinais profundas que não estabilizam, passantes ou não de montante para jusante, com percolação de água ou não.	Amarelo
	Surgências (áreas encharcadas ou água surgindo)	Surgências de água próxima à barragem, nos taludes ou ombreiras: - não monitorada; - Com carreamento de materiais de origem desconhecida; - Aumento das infiltrações com o tempo; - Água saindo com pressão.	
		vazamentos	
	Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento.		
	Cheias	Nível	Nível d'água iniciando a verter pelo sangradouro até o nível de chuva com TR 100 naos, provocado pelas chuvas
Nível		Nível d'água iniciando a paritr do nível de chuva com TR 100 naos até máximo maximorum, provocado pelas chuvas	Amarelo
Nível		Nível d'água acima do MÁXIMO MAXIMORUM até uma cota de 30 cm acima deste do nível MÁXIMO MAXIMORUM, provocado pela chuva	Laranja
Nível		Nível d'água acima do MÁXIMO MAXIMORUM mais 30 cm sem controle, provocado por chuva	vermelho
Equipamentos		Extravadores inoperantes no período chuvoso	Amarelo
Galgamento da barragem iniciado		Possibilidade de rebaixamento do nível d'água através da abertura da tomada d''água e comportas do canal a montante e jusante	
		Galgamento em andamento com extravasores abertos	
Falhas dos sistemas de alerta de aviso e comunicação	Período seco	Impossibilidade de notificação interna no empreendimento.	Verde
		Impossibilidade de aviso externa à população.	Amarelo
	Período chuvoso	Impossibilidade de notificação interna no empreendimento.	Laranja
		Impossibilidade de aviso externa à população.	
Ruptura da Barragem		Tombamento da barragem.	Vermelho
		Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água.	
		Colapso completo da estrutura.	

**Quadro 6.4: Classificação das anomalias e níveis de alerta**

### **6.3.3 Alerta verde**

- Ir ao local da ocorrência para avaliar e classificar a anomalia;
- Comunicar o MI;
- Monitorar a anomalia;
- Definir as ações corretivas de acordo com o manual de operação e manutenção da barragem;
- Programar uma manutenção corretiva dentro do programa de manutenção;
- Após a implementação da ação corretiva avaliar o resultado, caso o problema tenha sido resolvido apenas registrar a operação e reclassificar o nível de alerta.

### **6.3.4 Alerta Amarelo**

- Ir ao local da ocorrência para avaliar e classificar a anomalia;
- Comunicar o MI;
- Monitorar a anomalia;
- Definir as ações corretivas de acordo com o manual de operação e manutenção da barragem;
- Programar uma manutenção corretiva para o mais breve possível, dentro do programa de manutenção;
- Avaliar a necessidade de rebaixamento do nível do reservatório, caso seja necessário, programar com o setor de operação o rebaixamento através da descarga de fundo e possível diminuição da vazão bombeada pela estação à montante;
- Verificar se as medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede para o nível verde de rotina; caso a situação de perigo evolua, acionar o nível de alerta laranja.

### **6.3.5 Alerta laranja**

- Ir ao local da ocorrência para avaliar e classificar a anomalia;
- Comunicar o MI e defesa civil;
- Monitorar a anomalia;
- Definir as ações corretivas de acordo com o manual de operação e manutenção da barragem;
- Programar uma manutenção corretiva para o imediato, ou seja, parte das equipes de manutenção deveram ter suas ações paralisadas para atender a demanda;
- Manter comunicação com a defesa civil para coordenação das ações visando a redução dos danos;
- Avaliar a necessidade de rebaixamento do nível do reservatório, caso seja necessário, programar com o setor de operação o rebaixamento através da descarga de fundo e possível diminuição da vazão bombeada pela estação à montante ou sua paralização;
- Deslocar os equipamentos de segurança de barragem para a área afetada de forma preventiva;

- Verificar se as medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede para o nível verde de rotina; caso a situação de perigo evolua, acionar o nível de alerta vermelho.

### **6.3.6 Alerta vermelho**

Desde que somente inspeções superficiais de uma barragem são geralmente feitas, é imperativo que os responsáveis pelo empreendimento, e o pessoal da manutenção, estejam cientes dos principais tipos de falhas e de seus sinais indicadores.

As falhas das barragens de terra que podem provocar um alerta vermelho podem ser agrupadas em três grandes categorias principais:

- “Overtopping” ou transbordamento;
- Falhas devidas a vazamentos;
- Falhas estruturais.

#### **a) Falhas por “Overtopping”**

A causa das falhas por “overtopping” deve-se à ação erosiva da água sobre a crista do barramento, como consequência do fluxo descontrolado desta água, sobre, em torno, e junto à barragem.

As barragens de terra não são projetadas para serem galgadas e, por este motivo, são particularmente suscetíveis à erosão. Uma vez iniciada a erosão por overtopping, é quase impossível interrompê-la.

Uma barragem de terra com uma boa proteção vegetal pode suportar overtopping limitado se seu coroamento estiver bem nivelado, e os volumes de água sobre a parte superior se distribuírem como uma lâmina bem uniforme. Por este motivo, o responsável pelo empreendimento deve monitorar de perto o nível do reservatório durante tempestades severas.

#### **b) Falhas por Vazamento**

Todas as barragens de terra têm vazamentos como resultado da água que se filtra lentamente através da barragem e de sua fundação.

O escoamento deve, entretanto, ser controlado em sua velocidade e em quantidade. Se este escoamento for descontrolado, pode progressivamente carrear o solo do maciço, e ou de sua fundação, trazendo como consequência a rápida falha do barramento.

A erosão principal começa no lado de jusante do barramento, ou na própria barragem, ou mesmo através da fundação desenvolvendo-se progressivamente para montante, formando uma espécie de tubo, ou canalização (“pipe” em inglês). Este fenômeno é conhecido como “piping”.

A ação de “piping” pode ser reconhecida por uma variação de fluxo crescente do escoamento, por uma descarga de água turva, orifícios sobre ou próximos ao barramento, e eventualmente por um vórtice (redemoinho) no reservatório. Uma vez estabelecido o vórtice na superfície do reservatório, a falha completa da barragem será uma mera questão de tempo.

Como com o “overtopping”, quando o “piping” estiver inteiramente desenvolvido é virtualmente impossível de se controlar a falha.

Os vazamentos podem causar ainda a falha dos taludes criando altas pressões nos poros do solo, ou saturando os taludes.

As pressões de água atuantes dentro de uma barragem são passíveis de determinação, apenas com uma instrumentação apropriada.

Um talude que se torne saturado e que desenvolva trincas (fatias) pode mostrar sinais de excessiva pressão no escoamento interno, ou de recalques diferenciais entre regiões da barragem, provocados pelo adensamento não uniforme de materiais da própria barragem ou de sua fundação.

### **c) Falhas Estruturais**

As falhas estruturais podem ocorrer na barragem, nas ombreiras, ou ainda nos vertedouros.

A falha estrutural de um vertedouro, ou de um sangradouro ou mesmo de uma ombreira pode conduzir a falha do barramento.

As rachaduras provocadas por deslocamentos, e o estabelecimento, de trincas tipo fatias são os sinais mais comuns de falha estrutural das barragens. As grandes rachaduras em uma ombreira, ou no barramento, exigirão medidas de emergência para garantia da segurança, especialmente se estes problemas ocorrem de repente.

Neste caso, o nível do lago deve ser rebaixado, e o MI deve ser contatado imediatamente. A equipe de Engenharia especializada deve ser mobilizada para realizar inspeção de emergência. Este alerta deve ser dado mesmo que o observador esteja inseguro a respeito da seriedade do problema.

Os três tipos de falha descritos anteriormente podem estar frequentemente inter-relacionados de uma maneira complexa. Por exemplo, vazamento descontrolado pode enfraquecer o solo e conduzir a falha estrutural. A falha estrutural pode encurtar o trajeto do escoamento, com a consequente elevação do gradiente hidráulico, e conduzir a um “piping”. A erosão da superfície do barramento pode resultar em falha.

Defeitos menores tais como trincas na barragem podem ser o primeiro sinal visual de um problema grave que poderá conduzir à falha da estrutura. A seriedade de todas as deficiências deve ser avaliada por técnico experimentado em projeto e construção.

Um coordenador qualificado pode recomendar medidas corretivas permanentes e apropriadas.

### **6.3.7 Procedimentos Corretivos Emergenciais**

Obviamente, cada uma das anomalias anteriormente mencionadas demanda ações emergenciais específicas, que devem ser implementadas segundo as peculiaridades de cada empreendimento, e de acordo com as disponibilidades e facilidades de cada um deles.

De qualquer forma, após terem sido feitas as notificações apropriadas da possível falha do barramento, e aplicação dos procedimentos de evacuação, ao MI deve iniciar os esforços para impedir ou retardar a falha da barragem.

Por causa da limitação no tempo disponível, é importante identificar no PAE específico, a disponibilidade dos recursos existentes, de forma a se tentar evitar ou mesmo atrasar a falha.



Todo o reparo de emergência exigirá equipamentos, materiais, trabalho e agilidade. Para os grandes reservatórios onde a falha pode conduzir a vítimas fatais, ou danos severos às propriedades, os materiais (argila, areia, cascalho, pedra, rip-rap, sacos de areia, cimento, lona preta, etc.) e o equipamento para aplicação destes materiais devem ser preferencialmente mantidos no local dos empreendimentos. Se este aprovisionamento não for possível, devem ser previamente feitos os contatos com possíveis fornecedores que possam disponibilizá-los para os casos emergenciais.

Uma lista de possíveis fornecedores deve ser mantida atualizada e disponível nas instalações.

É igualmente importante saber que tipos de reparos de emergência devem ser tentados para modalidades de falha diferentes.

As seguintes ações possíveis poderão ser tentadas no sentido de se evitar, ou retardar as falhas anteriormente mencionadas.

#### **a) “Overtopping”**

Se um “overtopping” parecer iminente, as seguintes ações devem ser implementadas:

- Notificar a Diretoria de Operações da MI, para que esta tome as providências previstas no Manual de Contingência Geral;
- Certificar-se de que os vertedouros não estão obstruídos com entulho e que estão funcionando tão eficientemente como possível;
- A remoção dos entulhos pode ser difícil, e se não for executada pode prejudicar o escoamento. Esta remoção deve ser realizada usando rastelos ou ganchos longos. Os colaboradores devem ser mantidos afastados das entradas dos vertedouros;
- Abrir todas as comportas existente na tomada d’água para baixar o nível do lago;
- Parar o bombeamento da estação de bombeamento a montante da barragem;
- Manter comunicação com a defesa civil para coordenação das ações visando a redução dos danos;
- Escavar um canal de emergência pela ombreira, em torno da barragem, pode ser uma alternativa. A posição para esta canaleta deve ser escolhida com cuidado extremo de modo que a barragem não seja afetada pela erosão rápida do canal de emergência. Esta ação não deve ser empreendida sem a supervisão de um profissional experiente;
- O alteamento da crista com sacos de areia, na tentativa de impedir o “overtopping” durante uma tempestade severa, deve ser tentado com extremo cuidado. Isto porque a afluência pode aumentar ainda, e conduzir ao “overtopping” da barragem alteada. Se a barragem temporariamente alteada falha, a liberação de um volume maior pode aumentar o desastre. Caso ocorram danos, como resultado de “overtopping”, o reservatório, caso possível, deve ser drenado até que os reparos estejam terminados;
- Deslocar os equipamentos de segurança de barragem para a área afetada, caso necessário complementar com os equipamentos da manutenção existente;

- Verificar se as medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede mudar o nível de alerta para o amarelo de rotina.

#### **b) “Piping”**

Se houver evidências de desenvolvimento de “piping”, as seguintes ações devem ser implementadas:

- Notificar a Diretoria de Operações da MI, para que esta tome as providências previstas no Manual de Contingência Geral;
- Abrir todas as comportas existente na tomada d’água para baixar o nível do lago;
- Parar o bombeamento da estação de bombeamento a montante da barragem;
- Manter comunicação com a defesa civil para coordenação das ações visando a redução dos danos;
- Se houver vórtice no reservatório, tentar obstruir o "entubamento" na extremidade de montante despejando material no vórtice. Capim e vegetação baixa já foi usada eficazmente com esta finalidade. Se este material não estiver disponível, qualquer coisa (terra, rocha, sacos de areia, etc.) deve ser tentada;
- Outra providencia que deverá ser tentada, é a de se construir rapidamente um filtro invertido a jusante, mesmo manualmente, impedindo a fuga do material. Esta ação é extremamente importante, pois o processo de evolução do “piping” se dá de jusante para montante;
- Se o "entubamento" for obstruído, o responsável pelo empreendimento deve estar ciente que este é somente um reparo provisório, o reservatório deve ser inteiramente drenado, e um profissional especializado deve desenvolver projeto específico para medidas corretivas definitivas;
- Deslocar os equipamentos de segurança de barragem para a área afetada, caso necessário complementar com os equipamentos da manutenção existente;
- Verificar se as medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede mudar o nível de alerta para o amarelo de rotina.

#### **c) Falha Estrutural da Barragem ou das Ombreiras**

Se uma falha repentina e rápida de uma ombreira ou um escorregamento na barragem ocorrer, devem ser tomadas as seguintes ações emergenciais:

- Notificar a Diretoria de Operações da MI, para que esta tome as providências previstas no Manual de Contingência Geral;
- Abrir todas as comportas existentes na tomada d’água para baixar o nível do lago;

- Parar o bombeamento da estação de bombeamento a montante da barragem;
- Manter comunicação com a defesa civil para coordenação das ações visando a redução dos danos;
- Tentar reparos de emergência para impedir ou retardar a falha;
- Os escorregamentos podem ser causados pelas pressões de percolação, taludes saturados, taludes muito íngremes, ou possivelmente por um tremor de terra. Embora os tremores de terra sejam extremamente raros no Brasil, ainda assim eles ocorrem, e dependendo das circunstâncias podem dar início a um processo de falha estrutural;
- Se um grande escorregamento nos taludes rio acima ocorrer, ou ainda, se houver a ruptura de pequenas barragens na área da bacia hidrográfica, existe a possibilidade de haver “overtopping” que poderá ser contido com sacos de areia, desde que seja possível seu posicionamento a tempo;
- Em grandes reservatórios, poderá ocorrer a rápida erosão dos taludes de montante do barramento, como consequência do batimento de ondas que surjam, devido a ventos fortes. Esta situação pode levar a um rompimento do barramento pela ação erosiva das ondas sobre o solo desprotegido. Para esta eventualidade deve estar disponível no barramento, uma fonte de suprimento de rochas para prover a recomposição necessária;
- O reparo provisório de estruturas acessórias dependerá da natureza do problema;
- Os reparos permanentes devem ser feitos do acordo com os projetos desenvolvidos por um profissional especializado com experiência em projetos de barragem;
- Deslocar os equipamentos de segurança de barragem para a área afetada, caso necessário complementar com os equipamentos da manutenção existente;
- Verificar se as medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede mudar o nível de alerta para amarelo de rotina.

## 7. RECURSOS HUMANOS

Para a execução dos serviços de inspeção visual, a mão de obra se disponibilizará conforme Quadro 7.1 abaixo:

Função	Quantidade	Setor / Eixo
Engenheiro Sênior-Coordenador	01	Coordenação
Técnico Adm.	01	Coordenação
Motorista	01	Coordenação
Inspetor Geólogo(a) Tipo Júnior	01	Leste
Inspetor Eng. Civil/geotécnico Tipo Júnior	02	Leste
Técnico Pleno (Leitura de equipamentos)	01	Leste
Assistente Social	01	Leste
Topógrafo	01	Leste
Auxiliar de Topógrafo	02	Leste

**Quadro 7.1:** Distribuição de mão de obra da equipe – Eixo Leste – PISF.

## 8. VEICULO, EQUIPAMENTOS, FERRAMENTAS E MATERIAIS

Os equipamentos e ferramentas necessários para a execução desta atividade, são apresentados no Quadro 8.1 a seguir:

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
Câmera fotográfica, tipo digital	02
Material de escritório, papel, pastas, etc.	01
Automóvel tipo caminhoneta cabine dupla, diesel	01
Estação total tipo leica Ts-06 R500	01
GPS – Tipo manual Garmin	01
Binóculo	01
Trena aferida de 20m	01
Celular para comunicação emergencial	01

**Quadro 8.1:** Relação dos equipamentos necessários para realização da inspeção

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MI. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Pro-Água / Semi-Árido – UGGO. Departamento de Projetos e Obras Hídricas – DPOH, 2002.

COGERH. Manual de Segurança de Barragens (minuta), 1997, 60p.

ELETROBRAS. **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**. Rio de Janeiro: Centrais Elétricas S.A., 2003.

1377-NTC-3500-00-00-032-R01 Plano de Contingência para o Primeiro Enchimento das Barragens e Canais do PISF.