



Dezembro de 2002

**GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ**



**SRH** Secretaria dos Recursos Hídricos

## **Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH**

**Contrato**

**Nº 02/ PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001**

Estudos de Alternativas, EIAS/RIMAS, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra / Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada

## **VOLUME III - DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM UMARI**

**Tomo 6 - Planos de Operação e Manutenção**



**MONTGOMERY WATSON**





MONTGOMERY WATSON



**GOVERNADOR DO ESTADO DO CEARÁ**

Benedito Clayton Veras Alcântara

**SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Hypérides Pereira de Macedo

**SUB-SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Ramon Flávio Gomes Rodrigues

**COORDENADOR GERAL DOS PROJETOS ESPECIAIS**

Francisco Hoilton Rios Araripe

**CONTRATO Nº 002/PROGERIRH - PILOTO/SRH/CE/2001****EQUIPE DE ELABORAÇÃO**

<b>CONSÓRCIO MONTGOMERY WATSON ENGESOFT</b>	<b>ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA SRH</b>
João F. Vieira Neto Engº. Civil Diretor Técnico Engesoft	Ivoneide Ferreira Damasceno Engª. Civil Presidente da Comissão
William Moler Geólogo Gerente do Contrato	Lucrecia Nogueira de Sousa Geóloga Membro da Comissão
Walmir Fernando Duarte Jardim Engº. Civil Coordenador do Projeto	Thereza Cristina Citó Rêgo Engª. Civil Membro da Comissão
José Ribamar Pinheiro Barbosa Engº. Civil Geotecnia e Barragem	Osvan Menezes de Queiroz Engº. Civil Membro da Comissão
Waldir Barbosa de Souza Rodrigues Engº. Civil Barragem	Maria Alice Guedes Geóloga Membro da Comissão
Alysson César Azevedo da Silva Engº. Civil Estudos Básicos e Topografia	Francisco José de Sousa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
José Osmar Coelho Saraiva Engº. Civil Hidráulica e Adutora	Maria Elaine Bianchi Geógrafa Membro da Comissão
Sérgio Pontes Engº. Civil Hidráulica e Adutora	Francisco Dário Silva Feitosa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
Naimar Gonçalves Barroso Severiano Economista Meio Ambiente e Reassentamento	Nelson L. de S. Pinto Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Marcos César Feitosa Geólogo Levantamento Cadastral	Paulo Teixeira da Cruz Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Paulo Silas de Sousa Engº. Agrônomo Levantamento Cadastral	Ronei Vieira de Carvalho Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Hermano Câmara Campos Geólogo Geologia e Geotecnia	
Raimundo Eduardo Silveira Fontenele Economista Avaliação Financeira e Econômica	



MONTGOMERY WATSON



## ÍNDICE

---

**ÍNDICE****Páginas**

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....</b>	<b>9</b>
<b>3. FICHA TÉCNICA.....</b>	<b>12</b>
<b>4. PLANO DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO.....</b>	<b>16</b>
4.1. <i>Previsão de liberação de vazões.....</i>	<i>19</i>
4.2. <i>Volume de Alerta e Volume morto.....</i>	<i>24</i>
4.3. <i>Manobra dos equipamentos.....</i>	<i>25</i>
<b>5. PLANO DE MANUTENÇÃO .....</b>	<b>27</b>
5.1. <i>Periodicidade da inspeção .....</i>	<i>28</i>
5.2. <i>Periodicidade de Leitura da Instrumentação .....</i>	<i>29</i>
<b>6. INSPEÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM.....</b>	<b>31</b>
6.1. <i>Introdução .....</i>	<i>32</i>
6.2. <i>Objetivo .....</i>	<i>32</i>
6.3. <i>Avaliações de projeto, construção e desempenho .....</i>	<i>32</i>
6.4. <i>Identificação e Registros dos Problemas e Fragilidades .....</i>	<i>33</i>
6.5. <i>Formulação e Relatório das Constatações.....</i>	<i>34</i>
6.6. <i>Familiaridade com os Modos e Causas de Falhas.....</i>	<i>34</i>
6.7. <i>Vistorias Locais.....</i>	<i>34</i>
6.8. <i>Arranjos para vistoria .....</i>	<i>35</i>
6.9. <i>Elementos a Serem Vistoriados .....</i>	<i>36</i>
6.10. <i>Relatório de Vistoria.....</i>	<i>39</i>
6.11. <i>Análise técnica.....</i>	<i>40</i>
<b>7. SUGESTÃO DE LISTAGEM DE VERIFICAÇÕES PARA UMA AVALIAÇÃO .....</b>	<b>41</b>
7.1. <i>Introdução .....</i>	<i>42</i>
7.2. <i>Generalidades.....</i>	<i>42</i>
7.3. <i>Situação Geral das Estruturas de Concreto .....</i>	<i>48</i>
7.4. <i>Equipamentos Hidromecânicas .....</i>	<i>50</i>
7.5. <i>Situação Geral do Reservatório e Acessos .....</i>	<i>51</i>
7.7. <i>Avaliação Geológica e geotécnica .....</i>	<i>54</i>



7.8. <i>Apreciação dos Estudos Hidrológicos</i> .....	56
7.9. <i>Instrumentação de Advertência, Segurança e Desempenho</i> .....	57
7.10. <i>Alteração nas Características dos Materiais e Ocorrências Genéricas</i> .....	58
7.11. <i>Levantamento das Entidades Cíveis Organizadas</i> .....	61
<b>8. ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DA BARRAGEM</b> .....	<b>62</b>
8.1. <i>Considerações Gerais</i> .....	63
8.2. <i>Detectando Anomalias</i> .....	64
8.3. <i>Tipos De Anomalias Comumente Encontradas em Barragens</i> .....	64
8.3.1. <i>Percolações</i> .....	65
8.3.2. <i>Trincas:</i> .....	67
8.3.3. <i>Instabilidade de Taludes</i> .....	68
8.3.4. <i>Depressões</i> .....	70
8.3.5. <i>Anomalias Afetadas Pela Falta de Manutenção:</i> .....	71
<b>9. MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO</b> .....	<b>75</b>



MONTGOMERY WATSON



## 1. INTRODUÇÃO

---



## 1. INTRODUÇÃO

O Consórcio Montgomery-Watson/Engesoft e a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE) celebraram o Contrato N° 02/PROGERIRH-PILOTO /CE/SRH 2001, que tem como objetivo o Estudo de Alternativas, EIAs/RIMAs, Levantamentos Cadastrais, Plano de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra, Umari, Umari, Ceará e Umari e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada. A ordem de serviço foi emitida em 05 de março de 2001.

O presente trabalho compõe o Volume III – Detalhamento do Projeto Executivo da Barragem Umari, integrante da Bacia do rio Banabuiú, para o abastecimento da população do município de Madalena, Ceará, e é formado por sete Tomos, a saber:

Tomo 1 – Relatório Geral do Projeto;

Tomo 2 – Desenhos e Plantas;

Tomo 3 – Memória de Cálculo;

Tomo 4 – Especificações;

Tomo 5 – Quantitativos e Orçamento;

**Tomo 6 – Planos de Operação e Manutenção;**

Tomo 7 – Relatório Síntese.

O Tomo 6, aqui apresentado, consiste nos Planos de Operação e Manutenção e aborda os seguintes capítulos:

⇒ Localização e Acessos

⇒ Ficha Técnica

⇒ Plano de Operação do Reservatório

- Previsão de Liberação de Vazões;
- Volume de Alerta e Volume Morto;





- Manobra dos Equipamentos;

⇒ Plano de Manutenção

- Periodicidade da Inspeção;
- Periodicidade de Leitura da Instrumentação;

⇒ Inspeções Para a Avaliação da Segurança da Barragem

- Avaliações de projeto, Construção e Desempenho;
- Identificação e Registro dos Problemas e Fragilidades;
- Formação e Relatório das Construções;
- Familiaridade com os Modos e Causas de Falhas;
- Vistorias Locais;
- Arranjos Para Vistoria;
- Elementos a Serem Vistoriados;
- Relatório de Vistoria;
- Análise Técnica;

⇒ Sugestões de Listagem de Verificações Para uma Avaliação

- Situação Geral das Estruturas de Concreto;
- Equipamentos Hidromecânicos;
- Situação Geral do Reservatório e Acessos;
- Avaliação Geológica e Geotécnica;
- Apreciação dos Estudos Hidrológicas;
- Instrumentação de Advertências, Segurança e Desempenho;
- Alteração nas Características dos Materiais e Ocorrências Genéricas;
- Levantamento das Entidades Civas Organizadas;

⇒ Roteiro para Inspeção da Barragem

- Modelo de Lista de Inspeção.



MONTGOMERY WATSON



## 2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

---

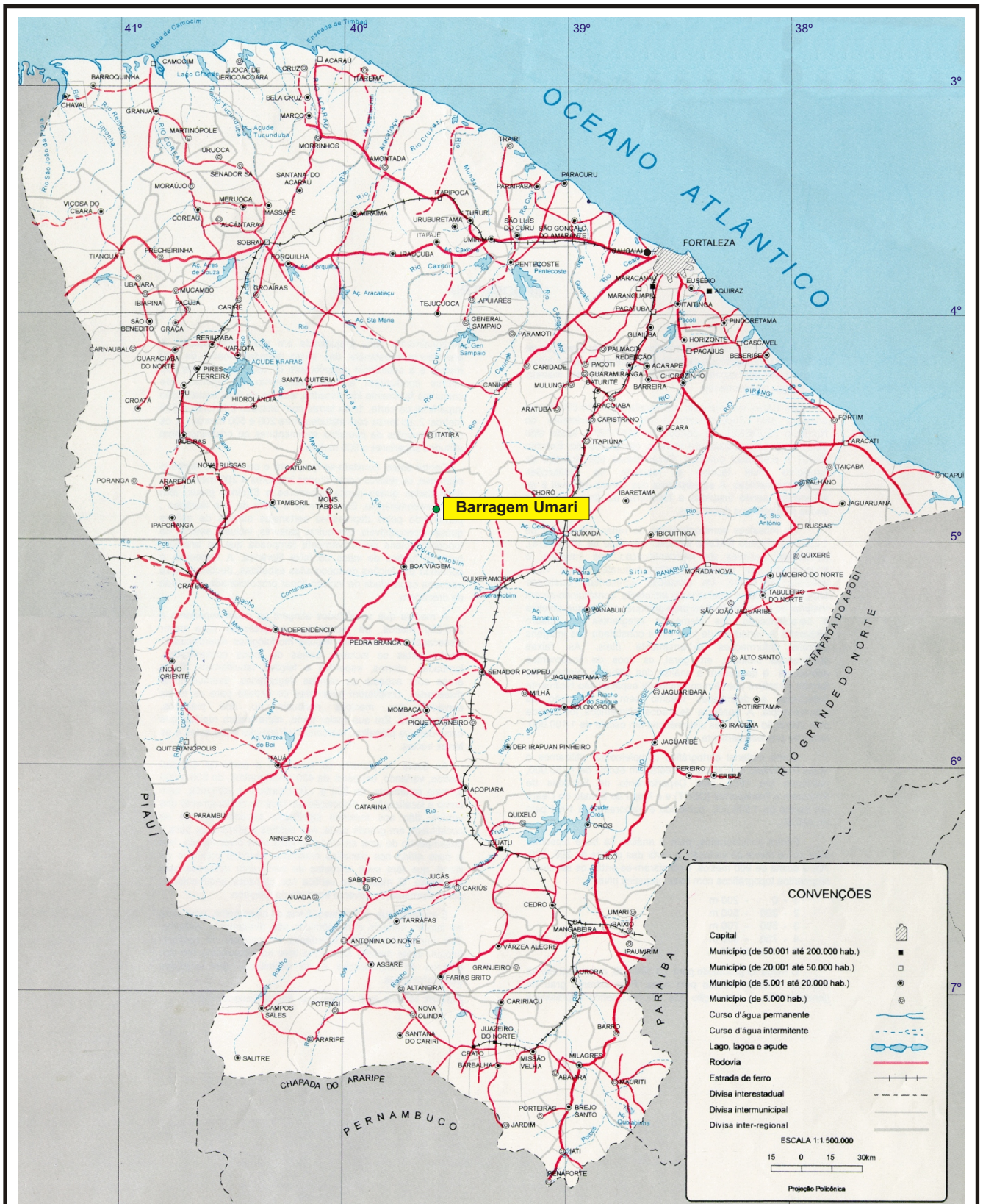


## 2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem Umari será formada pelo barramento do rio Barrigas nas coordenadas UTM N 9.468.435 e E 438.305. A barragem situa-se próxima a localidade de Salgadinho, a cerca de 7Km à montante da sede do município de Madalena, inserida na microregião geográfica da Bacia do rio Banabuiú.

Desde Fortaleza, o acesso ao sítio do barramento é feito através da BR-020, onde percorre-se 164Km (ou seja 7Km antes da cidade de Madalena) até a localidade denominada Salgadinho ( no lado direito da rodovia). Dentro da concentração urbana de Salgadinho toma-se uma estrada carroçal, em direção Oeste, onde após 800m alcança-se o rio no local do eixo do barramento.

No mapa da figura 2.1 é apresentada a localização do barramento no âmbito do estado do Ceará.



Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

FIGURA - 2.1  
**MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO**



MONTGOMERY WATSON



### **3. FICHA TÉCNICA**

---



### 3. FICHA TÉCNICA

A ficha técnica do Projeto Executivo da Barragem Umari é apresentada a seguir, mostrando as principais características.

<b>FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM UMARI</b>	
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	
Denominação:	BARRAGEM UMARI
Estado:	Ceará
Município:	Madalena
Coordenadas Geográficas:	38°32'48"W; 4°48'34"S
Sistema:	Rio Jaguaribe (sub-sistema: Banabuiu)
Rio Barrado:	Barrigas
Proprietário:	Estado do Ceará/SRH
Autor do Projeto:	Consórcio Engesoft/Montgomery
Data do Projeto:	Dezembro/2002
<b>BACIA HIDROGRÁFICA</b>	
Área:	975 km <sup>2</sup>
Precipitação Média Anual:	642 mm
Evaporação Média Anual:	2.706 mm
<b>CARACTERÍSTICA DO RESERVATÓRIO</b>	
Área da Bacia Hidráulica (cota 310,00 m):	738,28 ha
Volume Acumulado (Cota 310,00 m):	35,04 hm <sup>3</sup>
Volume Afluyente Médio Anual:	43,55 hm <sup>3</sup>
Volume Morto do Reservatório (Cota 302,00 m):	3,33 hm <sup>3</sup>
Volume de Alerta (Cota 304,00 m):	7,49 hm <sup>3</sup>
Vazão Regularizada (90%):	0,390 m <sup>3</sup> /s
Vazão Máxima Afluyente de Projeto ( TR=1.000 anos)	1619 m <sup>3</sup> /s
Vazão Max. De Projeto Amortecida (TR=1.000 anos):	932 m <sup>3</sup> /s
Vazão Máxima Afluyente de Verificação ( TR=10.000 anos)	1809 m <sup>3</sup> /s

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM UMARI**

Vazão Max. De Verificação Amortecida (TR=10.000 anos):	1055 m <sup>3</sup> /s
Nível D'Água Max. Normal:	310,00 m
Nível D'Água Max. Maximorum (TR=1.000 anos):	313,61 m
Nível D'Água Max. Maximorum (TR=10.000 anos):	313,94

**BARRAGEM PRINCIPAL**

Tipo:	Maciço de Seção Homogênea de Terra
Altura Máxima:	21,82 m
Largura do Coroamento:	6,0 m
Extensão pelo Coroamento:	598,80 m
Cota do Coroamento:	315,50 m
Volume de Escavação (Fundação):	104,160 m <sup>3</sup>
Volume do Maciço e Cut-Off::	444.000 m <sup>3</sup>
Volume do Enrocamento (Rip-Rap e Rock-Fill):	35.800 m <sup>3</sup>
Volume de Transições:	7.850 m <sup>3</sup>
Volume de Areia ( Filtro e Transições ):	19.060 m <sup>3</sup>
Volume do Tapete Impermeabilizante de Montante:	120.000 m <sup>3</sup>
Largura Máxima da Base ( sem tapete ):	100,50 m
Talude de Montante:	1,0 (V) : 2,5 (H)
Talude de Jusante:	1,0 (V) : 2,0 (H)

**BARRAGEM AUXILIAR**

Tipo:	Maciço de Seção Homogênea de Terra
Altura Máxima:	12,72 m
Largura do Coroamento:	6,00 m
Extensão pelo Coroamento:	202,14 m
Cota do Coroamento:	315,50 m
Volume de Escavação (Fundação):	3.615 m <sup>3</sup>
Volume do Maciço e Cut-Off:	34.140 m <sup>3</sup>
Volume do Enrocamento (Rip-Rap e Rock-Fill):	4.150 m <sup>3</sup>
Volume de Transições:	1.545 m <sup>3</sup>

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM UMARI**

Volume de Areia ( Filtro e Transições ):	2.500 m <sup>3</sup>
Largura Máxima da Base:	71,11 m
Talude de Montante:	1,0 (V) : 2,5 (H)
Talude de Jusante:	1,0 (V) : 2,0 (H)

**SANGRADOURO**

Tipo:	Canal Escavado em Rocha
Largura:	60 m
Cota de Sangria:	310,00m
Extensão Total do Canal:	280,00 m
Vazão Máxima Prevista ( TR=1.000 anos )	932 m <sup>3</sup> /s
Vazão Máxima Prevista (TR=10.000 anos):	1055 m <sup>3</sup> /s
Lâmina Máxima Prevista (TR=1.000 anos):	3,61 m
Lâmina Máxima Prevista (TR=10.000 anos):	3,94 m
Borda Livre:	1,56 m
Volume de Escavação: Comum	33.250m <sup>3</sup>
Volume de Escavação: em Rocha	84.500 m <sup>3</sup>

**TOMADA D'ÁGUA**

Tipo:	Tubo de Aço Envolto em Concreto
Localização:	Ombr. Dir. / Est. 42+10,00
Número de Condutos:	1 (um)
Diâmetro:	500 mm
Comprimento do Conduto:	78,00 m
Cota da Geratriz Inferior à Montante:	301,75 m
Cota da Geratriz Inferior à Jusante:	301,50 m
Volume de Concreto Armado:	180 m <sup>3</sup>
Volume de Concreto de Regularização:	38,00 m <sup>3</sup>
Comprimento Total (incluindo entrada e saída):	90,0 m





MONTGOMERY WATSON



## **4. PLANO DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO**

---



#### 4. PLANO DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A barragem Umari foi projetada com um sangradouro do tipo canal escavado em rocha, com cordão de fixação da cota, sem nenhum equipamento de controle das vazões efluentes. O controle do nível do reservatório só poderá ser realizado através da galeria da tomada d'água, constituída de uma linha de tubo de aço de 500 mm de diâmetro e envolvida por uma estrutura de concreto armado.

A referida tomada d'água será construída na ombreira esquerda do maciço principal, na estaca 42+10 com eixo na cota 302,0 m e uma extensão de 78,0 m.

Na porção montante a tomada d'água será dotada de uma caixa de concreto com uma grade, para proteção contra detritos, e guias para colocação de uma chapa de aço do tipo stop- log. Desta forma as vazões não poderão ser controladas a partir da porção montante da tomada d'água, sendo apenas possível bloquear o fluxo de entrada através da introdução, por meio de mergulhadores, da chapa stop- log.

O controle efetivo das vazões e ,consequentemente, a interferência no nível do reservatório, só poderá ser feito através da caixa localizada na extremidade jusante da tomada d'água. Esta caixa possuirá três células onde a mais de montante acomodará uma válvula borboleta e um registro de gaveta, a seguinte dissipará a energia cinética na forma de choque contra um anteparo e a terceira funcionará como um tanque tranquilizador dotado de um vertedouro triangular para medição das vazões. O equipamento responsável pelo controle das vazões será o registro de gaveta de 500 mm.

Calculou-se as vazões de saída, para o registro funcionando totalmente aberto, em função do nível d'água do reservatório. Na tabela nº 01 são apresentadas as vazões teóricas para diversas cotas do nível do reservatório.



**Tabela nº 01- Vazão Calculada, Para o Registro com Abertura Máxima, em Função da Cota do Reservatório**

Cota do nível d'água no reservatório (m)	Velocidade de saída (m/s)	Vazão efluente (l/s)
310,00	2,11	413
309,00	2,59	507
308,00	2,99	585
307,00	3,34	654
306,00	3,66	717
305,00	3,95	774
304,00	4,22	828

Embora o conhecimento da capacidade máxima de escoamento da tomada d'água, em função da cota do nível do lago, seja útil para casos extremos de rebaixamento do reservatório, a operação normal implicará em aberturas parciais para o fornecimento de uma determinada vazão que atenda as necessidades previstas para a obra. A avaliação das vazões efluentes será possível através de medições do vertedouro situado na extremidade da caixa de jusante.

O vertedouro, em forma triangular, informará a vazão através de uma correlação com a altura da lâmina d'água medida acima da soleira. Para determinação da vazão pode-se utilizar a expressão seguinte:

$$Q = 1,4 H^{5/2}$$

Onde: Q = vazão em m<sup>3</sup>/s

H = altura medida em metros

Para esta expressão a tabela nº02 mostra o valor da vazão de saída em função da lamina medida, a cada centímetro.

**Tabela nº 02 – Vazão em Função da Altura da Lamina Vertedoura**

Altura (m)	Vazão (l/s)	Altura (m)	Vazão (l/s)
0,01	0,014	0,28	58,080
0,02	0,079	0,29	63,405
0,03	0,218	0,3	69,013
0,04	0,448	0,31	74,909
0,05	0,783	0,32	81,097
0,06	1,235	0,33	87,582
0,07	1,815	0,34	94,368
0,08	2,534	0,35	101,461
0,09	3,402	0,36	108,864
0,1	4,427	0,37	116,582
0,11	5,618	0,38	124,620
0,12	6,984	0,39	132,981
0,13	8,531	0,4	141,670
0,14	10,267	0,41	150,691
0,15	12,200	0,42	160,048
0,16	14,336	0,43	169,746
0,17	16,682	0,44	179,788
0,18	19,245	0,45	190,178
0,19	22,030	0,46	200,920
0,2	25,044	0,47	212,018
0,21	28,293	0,48	223,476
0,22	31,782	0,49	235,298
0,23	35,518	0,5	247,487
0,24	39,505	0,55	314,076
0,25	43,750	0,6	390,397
0,26	48,257	0,65	476,883
0,27	53,032		

#### **4.1. PREVISÃO DE LIBERAÇÃO DE VAZÕES**

A finalidade primordial da Barragem Umari é prover o abastecimento urbano da cidade de Madalena, situada cerca de 6 km a jusante do maciço da barragem e os distritos de São José da Macaoca e Lagoa do Mato, situados a montante do reservatório.

Os estudos básicos do Sistema Adutor Madalena – Macaoca - Lagoa do mato indicaram uma população a ser abastecida de 8.088 pessoas em 2001.



Considerando uma taxa de crescimento anual de 2% e um horizonte de projeto de 20 anos determinou-se as vazões máximas e média diária para atendimento da demanda. Nas tabelas nº 04, 05 e 06 são apresentadas estas vazões por cada ano, admitindo um nível de atendimento de 95%.

**Tabela Nº 04 – Evolução das Demandas - Madalena**

Ano	Taxa Cresc. (%)	Pop. (hab.)	Perdas Físicas (%)	Per Capita (l/hab.dia)		Nível de Atend. (%)	Demanda (m³/ano)	Oferta (m³/ano)	Vazões (l/s) - 20 h		Reserv. Nec. (m³)
				Líquida	Bruta				Média	Máx.dia	
2000	2,00	4.485	25	112,50	150,00	95,00	174.957,05	233.276,06	8,88	10,65	306,77
2001		4.575	25	112,50	150,00	95,00	178.456,19	237.941,58	9,05	10,86	312,91
2002		4.666	25	112,50	150,00	95,00	182.025,31	242.700,42	9,24	11,08	319,17
2003		4.760	25	112,50	150,00	95,00	185.665,82	247.554,42	9,42	11,30	325,55
2004		4.855	25	112,50	150,00	95,00	189.379,13	252.505,51	9,61	11,53	332,06
2005		4.952	25	112,50	150,00	95,00	193.166,72	257.555,62	9,80	11,76	338,70
2006		5.051	25	112,50	150,00	95,00	197.030,05	262.706,73	10,00	12,00	345,48
2007		5.152	25	112,50	150,00	95,00	200.970,65	267.960,87	10,20	12,24	352,39
2008		5.255	25	112,50	150,00	95,00	204.990,07	273.320,09	10,40	12,48	359,43
2009		5.360	25	112,50	150,00	95,00	209.089,87	278.786,49	10,61	12,73	366,62
2010		5.467	25	112,50	150,00	95,00	213.271,66	284.362,22	10,82	12,98	373,96
2011		5.577	25	112,50	150,00	95,00	217.537,10	290.049,46	11,04	13,24	381,43
2012		5.688	25	112,50	150,00	95,00	221.887,84	295.850,45	11,26	13,51	389,06
2013		5.802	25	112,50	150,00	95,00	226.325,60	301.767,46	11,48	13,78	396,84
2014		5.918	25	112,50	150,00	95,00	230.852,11	307.802,81	11,71	14,05	404,78
2015		6.036	25	112,50	150,00	95,00	235.469,15	313.958,87	11,95	14,34	412,88
2016		6.157	25	112,50	150,00	95,00	240.178,53	320.238,04	12,19	14,62	421,13
2017		6.280	25	112,50	150,00	95,00	244.982,10	326.642,80	12,43	14,92	429,56
2018		6.406	25	112,50	150,00	95,00	249.881,75	333.175,66	12,68	15,21	438,15
2019		6.534	25	112,50	150,00	95,00	254.879,38	339.839,17	12,93	15,52	446,91
2020		6.664	25	112,50	150,00	95,00	259.976,97	346.635,96	13,19	15,83	455,85
2021		6.798	25	112,50	150,00	95,00	265.176,51	353.568,68	13,45	16,14	464,97
2022		6.934	25	112,50	150,00	95,00	270.480,04	360.640,05	13,72	16,47	474,27
2023		7.072	25	112,50	150,00	95,00	275.889,64	367.852,85	14,00	16,80	483,75
2024		7.214	25	112,50	150,00	95,00	281.407,43	375.209,91	14,28	17,13	493,43
2025		7.358	25	112,50	150,00	95,00	287.035,58	382.714,11	14,56	17,48	503,30
2026		7.505	25	112,50	150,00	95,00	292.776,29	390.368,39	14,85	17,83	513,36



Continuação (Tabela N° 04)

Ano	Taxa Cresc. (%)	Pop. (hab.)	Perdas Físicas (%)	Per Capita (l/hab.dia)		Nível de Atend. (%)	Demanda (m³/ano)	Oferta (m³/ano)	Vazões (l/s) - 20 h		Reserv. Nec. (m³)
				Líquida	Bruta				Média	Máx.dia	
2027	2,00	7.655	25	112,50	150,00	95,00	298.631,82	398.175,76	15,15	18,18	523,63
2028		7.808	25	112,50	150,00	95,00	304.604,45	406.139,27	15,45	18,55	534,10
2029		7.965	25	112,50	150,00	95,00	310.696,54	414.262,06	15,76	18,92	544,78
2030		8.124	25	112,50	150,00	95,00	316.910,47	422.547,30	16,08	19,29	555,68
2031		8.286	25	112,50	150,00	95,00	323.248,68	430.998,24	16,40	19,68	566,79
2032		8.452	25	112,50	150,00	95,00	329.713,66	439.618,21	16,73	20,07	578,13
2033		8.621	25	112,50	150,00	95,00	336.307,93	448.410,57	17,06	20,48	589,69

Tabela N° 05 – Evolução das Demandas – Lagoa do Mato

Ano	Taxa Cresc. (%)	Pop. (hab.)	Perdas Físicas (%)	Per Capita (l/hab.dia)		Nível de Atend. (%)	Demanda (m³/ano)	Oferta (m³/ano)	Vazões (l/s) - 20 h		Reserv. Nec. (m³)
				Líquida	Bruta				Média	Máx.dia	
1996	2,00	2.272	25	90,00	120,00	100,00	74.635,20	99.513,60	3,79	4,54	130,87
1997		2.317	25	90,00	120,00	100,00	76.127,90	101.503,87	3,86	4,63	133,48
1998		2.364	25	90,00	120,00	100,00	77.650,46	103.533,95	3,94	4,73	136,15
1999		2.411	25	90,00	120,00	100,00	79.203,47	105.604,63	4,02	4,82	138,88
2000		2.459	25	90,00	120,00	100,00	80.787,54	107.716,72	4,10	4,92	141,65
2001		2.508	25	90,00	120,00	100,00	82.403,29	109.871,06	4,18	5,02	144,49
2002		2.559	25	90,00	120,00	100,00	84.051,36	112.068,48	4,26	5,12	147,38
2003		2.610	25	90,00	120,00	100,00	85.732,38	114.309,85	4,35	5,22	150,33
2004		2.662	25	90,00	120,00	100,00	87.447,03	116.596,04	4,44	5,32	153,33
2005		2.715	25	90,00	120,00	100,00	89.195,97	118.927,96	4,53	5,43	156,40
2006		2.770	25	90,00	120,00	100,00	90.979,89	121.306,52	4,62	5,54	159,53
2007		2.825	25	90,00	120,00	100,00	92.799,49	123.732,65	4,71	5,65	162,72
2008		2.881	25	90,00	120,00	100,00	94.655,48	126.207,31	4,80	5,76	165,97
2009		2.939	25	90,00	120,00	100,00	96.548,59	128.731,45	4,90	5,88	169,29
2010		2.998	25	90,00	120,00	100,00	98.479,56	131.306,08	5,00	6,00	172,68
2011		3.058	25	90,00	120,00	100,00	100.449,15	133.932,20	5,10	6,12	176,13
2012		3.119	25	90,00	120,00	100,00	102.458,14	136.610,85	5,20	6,24	179,65
2013		3.181	25	90,00	120,00	100,00	104.507,30	139.343,06	5,30	6,36	183,25
2014		3.245	25	90,00	120,00	100,00	106.597,44	142.129,93	5,41	6,49	186,91
2015		3.310	25	90,00	120,00	100,00	108.729,39	144.972,52	5,52	6,62	190,65
2016	3.376	25	90,00	120,00	100,00	110.903,98	147.871,97	5,63	6,75	194,46	
2017	3.444	25	90,00	120,00	100,00	113.122,06	150.829,41	5,74	6,89	198,35	
2018	3.512	25	90,00	120,00	100,00	115.384,50	153.846,00	5,85	7,02	202,32	



Continuação (Tabela Nº 05)

Ano	Taxa Cresc. (%)	Pop. (hab.)	Perdas Físicas (%)	Per Capita (l/hab.dia)		Nível de Atend. (%)	Demanda (m³/ano)	Oferta (m³/ano)	Vazões (l/s) - 20 h		Reserv. Nec. (m³)
				Líquida	Bruta				Média	Máx.dia	
2019	2,00	3.583	25	90,00	120,00	100,00	117.692,19	156.922,92	5,97	7,17	206,36
2020		3.654	25	90,00	120,00	100,00	120.046,04	160.061,38	6,09	7,31	210,49
2021		3.727	25	90,00	120,00	100,00	122.446,96	163.262,61	6,21	7,45	214,70
2022		3.802	25	90,00	120,00	100,00	124.895,90	166.527,86	6,34	7,60	219,00
2023		3.878	25	90,00	120,00	100,00	127.393,81	169.858,42	6,46	7,76	223,38
2024		3.956	25	90,00	120,00	100,00	129.941,69	173.255,59	6,59	7,91	227,84
2025		4.035	25	90,00	120,00	100,00	132.540,52	176.720,70	6,72	8,07	232,40
2026		4.115	25	90,00	120,00	100,00	135.191,33	180.255,11	6,86	8,23	237,05
2027		4.198	25	90,00	120,00	100,00	137.895,16	183.860,21	7,00	8,40	241,79
2028		4.282	25	90,00	120,00	100,00	140.653,06	187.537,42	7,14	8,56	246,62
2029		4.367	25	90,00	120,00	100,00	143.466,13	191.288,17	7,28	8,73	251,56
2030		4.455	25	90,00	120,00	100,00	146.335,45	195.113,93	7,42	8,91	256,59
2031		4.544	25	90,00	120,00	100,00	149.262,16	199.016,21	7,57	9,09	261,72
2032		4.635	25	90,00	120,00	100,00	152.247,40	202.996,53	7,72	9,27	266,95
2033		4.727	25	90,00	120,00	100,00	155.292,35	207.056,46	7,88	9,45	272,29

Tabela Nº 06 – Evolução das Demandas – São José de Macaoca

Ano	Taxa Cresc. (%)	Pop. (hab.)	Perdas Físicas (%)	Per Capita (l/hab.dia)		Nível de Atend. (%)	Demanda (m³/ano)	Oferta (m³/ano)	Vazões (l/s) - 20 h		Reserv. Nec. (m³)
				Líquida	Bruta				Média	Máx.dia	
1996	2,00	910		IPLANCE - 1996							
2000		985	25	112,50	150,00	95,00	38.424,23	51.232,31	1,95	2,34	67,37
2001		1.005	25	112,50	150,00	95,00	39.192,72	52.256,96	1,99	2,39	68,72
2002		1.025	25	112,50	150,00	95,00	39.976,57	53.302,10	2,03	2,43	70,10
2003		1.045	25	112,50	150,00	95,00	40.776,10	54.368,14	2,07	2,48	71,50
2004		1.066	25	112,50	150,00	95,00	41.591,63	55.455,50	2,11	2,53	72,93
2005		1.088	25	112,50	150,00	95,00	42.423,46	56.564,61	2,15	2,58	74,39
2006		1.109	25	112,50	150,00	95,00	43.271,93	57.695,90	2,20	2,63	75,87
2007		1.131	25	112,50	150,00	95,00	44.137,37	58.849,82	2,24	2,69	77,39
2008		1.154	25	112,50	150,00	95,00	45.020,11	60.026,82	2,28	2,74	78,94
2009		1.177	25	112,50	150,00	95,00	45.920,52	61.227,36	2,33	2,80	80,52
2010		1.201	25	112,50	150,00	95,00	46.838,93	62.451,90	2,38	2,85	82,13
2011		1.225	25	112,50	150,00	95,00	47.775,71	63.700,94	2,42	2,91	83,77
2012		1.249	25	112,50	150,00	95,00	48.731,22	64.974,96	2,47	2,97	85,45



Continuação (Tabela Nº 06)

Ano	Taxa Cresc. (%)	Pop. (hab.)	Perdas Físicas (%)	Per Capita (l/hab.dia)		Nível de Atend. (%)	Demanda (m³/ano)	Oferta (m³/ano)	Vazões (l/s) - 20 h		Reserv. Nec. (m³)
				Líquida	Bruta				Média	Máx.dia	
2013		1.274	25	112,50	150,00	95,00	49.705,84	66.274,46	2,52	3,03	87,16
2014		1.300	25	112,50	150,00	95,00	50.699,96	67.599,95	2,57	3,09	88,90
2015		1.326	25	112,50	150,00	95,00	51.713,96	68.951,95	2,62	3,15	90,68
2016		1.352	25	112,50	150,00	95,00	52.748,24	70.330,99	2,68	3,21	92,49
2017		1.379	25	112,50	150,00	95,00	53.803,20	71.737,61	2,73	3,28	94,34
2018		1.407	25	112,50	150,00	95,00	54.879,27	73.172,36	2,78	3,34	96,23
2019		1.435	25	112,50	150,00	95,00	55.976,85	74.635,81	2,84	3,41	98,15
2020		1.464	25	112,50	150,00	95,00	57.096,39	76.128,52	2,90	3,48	100,11
2021		1.493	25	112,50	150,00	95,00	58.238,32	77.651,09	2,95	3,55	102,12
2022		1.523	25	112,50	150,00	95,00	59.403,09	79.204,11	3,01	3,62	104,16
2023		1.553	25	112,50	150,00	95,00	60.591,15	80.788,20	3,07	3,69	106,24
2024		1.584	25	112,50	150,00	95,00	61.802,97	82.403,96	3,14	3,76	108,37
2025		1.616	25	112,50	150,00	95,00	63.039,03	84.052,04	3,20	3,84	110,53
2026		1.648	25	112,50	150,00	95,00	64.299,81	85.733,08	3,26	3,91	112,74
2027		1.681	25	112,50	150,00	95,00	65.585,81	87.447,74	3,33	3,99	115,00
2028		1.715	25	112,50	150,00	95,00	66.897,52	89.196,70	3,39	4,07	117,30
2029		1.749	25	112,50	150,00	95,00	68.235,47	90.980,63	3,46	4,15	119,65
2030		1.784	25	112,50	150,00	95,00	69.600,18	92.800,24	3,53	4,24	122,04
2031		1.820	25	112,50	150,00	95,00	70.992,19	94.656,25	3,60	4,32	124,48
2032		1.856	25	112,50	150,00	95,00	72.412,03	96.549,37	3,67	4,41	126,97
2033		1.893	25	112,50	150,00	95,00	73.860,27	98.480,36	3,75	4,50	129,51

Os estudos hidrológicos elaborados no âmbito do projeto da barragem determinaram, para a capacidade escolhida para o reservatório, as respectivas vazões regularizadas com 90%, 95% e 99% de garantia, mostradas na tabela nº 07.

Tabela n.º 07 – Vazões Regularizadas Para Diversas Garantias

Vazão regularizada (l/s)	Garantia (%)
390	90
290	95
190	99





Comparando-se as tabelas nº 04 a 06 e 07 pode-se estimar as vazões regularizadas excedentes ao abastecimento das populações e, portanto disponíveis para outros fins. Por exemplo no ano 2033 para uma garantia de 95% seria necessária uma vazão máxima de cerca de 34,4 l/s para o abastecimento porém, a barragem disponibilizará 290 l/s, o que implicará numa vazão excedente de 255 l/s. Lembrando que as retiradas para a adutora serão feitas por bombas instaladas em flutuantes, as vazões excedentes deverão ser controladas pela tomada d'água, ou seja reguladas através do registro de gaveta e aferidas pelo vertedouro triangular de jusante.

#### **4.2. VOLUME DE ALERTA E VOLUME MORTO**

Considerou-se no projeto da barragem como sendo volume de alerta o volume relativo a cota mínima que assegurará a vazão regularizada. Para prover com segurança a vazão regularizada de 390 l/s calculou-se esta cota como sendo a 304,00 m, o que representa uma reservação de 7,49 Hm<sup>3</sup>, ou seja 21,4% do total normal.

O volume morto foi conceituado como a reserva intangível do reservatório, para refugio da flora e fauna aquática e para prover um nível mínimo de qualidade da água. Esse volume foi associado a cota de montante da tomada d'água (302,0 m), representando 3,33 Hm<sup>3</sup>, correspondendo à 9,5% do volume máximo normal.

Na tabela nº 08 são apresentados os volumes de reservação da barragem em função da cota do espelho d'água, que deverá ser lida diretamente nas régua limnimétricas instaladas no talude de montante do maciço principal.



**Tabela Nº 08 – Volume de Acumulação do Reservatório em Função da Cota do Nível D'água**

<b>Cota (m)</b>	<b>Volume Acumulado (Hm<sup>3</sup>)</b>
310	35,04
309	28,25
307	17,65
305	10,10
304	7,49
303	4,89
302	3,33

### **4.3. MANOBRA DOS EQUIPAMENTOS**

Na caixa de montante apenas a grade de contenção de detritos ficará permanentemente instalada. Para limpeza e manutenção desta grade será necessária a atuação de mergulhadores que içarão a mesma a partir da laje superior da caixa. Para bloqueio da entrada do tubo da tomada d'água será instalada, também por meio de mergulhadores, uma chapa tipo stop- log em guias existentes na parte jusante da laje da caixa. A operação com a chapa comporta só se fará necessária quando forem realizados serviços na válvula borboleta da caixa de jusante, que é o primeiro equipamento na linha do tubo após a caixa de montante.

Na caixa de jusante a primeira célula, a situada mais próxima do pé do talude do maciço, abrigará uma válvula borboleta e um registro de gaveta, colocados em série nesta seqüência. Para acesso a esses equipamentos deverá ser utilizada uma escada do tipo marinheiro, situada na parede interna esquerda da caixa, a partir da grade horizontal que bloqueia a entrada de pessoas não autorizadas, por meio de uma janela trancada.

A válvula borboleta tem como finalidade o fechamento da tomada d'água para reparos e manutenção do registro situado imediatamente a jusante desta e para a necessidade de desbloqueio e limpeza da grade de proteção da caixa de montante. Somente nestas ocasiões ela será operada. Para reparos na válvula será



necessário o bloqueio do duto através da instalação da chapa do tipo comporta stop- log, na caixa de montante.

O registro de gaveta é o equipamento de controle das vazões efluentes da tomada d'água e, portanto, será operado freqüentemente. A retirada para substituição ou reparo do registro é possibilitado através de uma junta de desmontagem tipo Bresser, situada imediatamente a jusante.

Na terceira célula da caixa de jusante, será executado um vertedouro triangular em chapa de aço que proporcionará a aferição da vazão de saída da tomada d'água. Para a medição da lamina de escoamento pelo vertedouro será utilizado um paquímetro.



MONTGOMERY WATSON



## 5. PLANO DE MANUTENÇÃO

---



## 5. PLANO DE MANUTENÇÃO

A manutenção da barragem Umari envolve as obras do complexo tais como: o canal de sangria e a estrutura da tomada d'água, além dos equipamentos da tomada d'água e os instrumentos geotécnicos e topográficos implantados no maciço e sangradouro.

Para as recomendações qualitativas e quantitativas dos serviços de manutenção e reparos das obras e equipamentos será necessário uma sistemática de inspeção periódica que proporcione uma avaliação de todos os aspectos relevantes da barragem. Os instrumentos geotécnicos devem ser submetidos a um criterioso programa de leituras.

### 5.1. PERIODICIDADE DA INSPEÇÃO

O programa de inspeções tem sua frequência de realização como função de: conseqüências de uma possível ruptura, histórico operacional, recomendações dos fabricantes dos equipamentos, condições das estruturas e nível de anomalias registradas anteriormente.

Como uma orientação geral, as inspeções regulares devem ser realizadas observando-se as seguintes classificações e orientações:

- Inspeções rotineiras ou informais: 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 mensal, definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado. Não geram relatórios específicos mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.
- Inspeções formais: são aquelas que devem ser executadas por equipes técnicas responsáveis pelo gerenciamento da segurança da barragem. A frequência dessas inspeções deve ser anual. Exigem o conhecimento do projeto, dos registros existentes e do histórico de intervenções. Seus



respectivos produtos são relatórios contendo as observações de campo, as análises realizadas e as recomendações pertinentes.

- Inspeções especiais: são aquelas que devem ser executadas por equipe multidisciplinar, envolvendo especialistas das áreas de hidráulica, geotecnia, geologia, estrutural, tecnologia de concreto e mecânica. A frequência destas inspeções deve ser de cinco a dez anos. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados no capítulo 6.
- Inspeções emergências: são aquelas executadas em função do potencial de danos provocados por eventos ou pela ocorrência de deficiências severas. Devem ser realizadas após cheias excepcionais, chuvas torrenciais, sismos e observações não usuais, tais como fissuras, recalques, surgências d'água e indícios de instabilidade de taludes.

## **5.2. PERIODICIDADE DE LEITURA DA INSTRUMENTAÇÃO**

A barragem Umari tem como instrumentação indicada os seguintes elementos:

- marcos de superfície colocados no coroamento do maciço principal
- piezômetros abertos colocados em três seções da barragem principal
- vertedouro a jusante do maciço principal
- réguas limnimétricas no talude de montante do maciço principal e no sangradouro.

A periodicidade da leitura de instrumentos de barragens é motivo de divergências consideráveis no meio técnico porém, para efeito de uma primeira sugestão reproduzimos a apresentação ilustrativa do Prof. Paulo Cruz no livro “100 Barragens Brasileiras”,



Instrumento	Fase do empreendimento					
	Construção	Enchimento + 3 meses	4° ao 6° mês	7° ao 12° mês	13° ao 36° mês	37° mês em diante
Piezômetro de fundação	semanal	2 / semana	2/ semana	semanal	semanal	quinzenal
Piezômetro de maciço	semanal	1 / semana	semanal	semanal	quinzenal	quinzenal
Medidor de recalque	semanal	2 / semana	semanal	quinzenal	mensal	bimensal
Medidor de vazão	semanal	3 / semana	3/ semana	2/ semana	semanal	quinzenal

As régua limnimétricas instaladas no sangradouro devem ser lidas durante o período das chuvas, a partir da informação do início da sangria, com uma frequência semanal. As instaladas no talude de montante tem como função registrar a cota do nível do reservatório e portanto deve serem lidas com uma frequência mensal.



MONTGOMERY WATSON



## **6. INSPEÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM**

---





## **6. INSPEÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM**

### **6.1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo versa sobre inspeções para a avaliação da segurança da Barragem, cujo objetivo é determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações.

Esse capítulo tomou como base o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, elaborado pelo Ministério da Integração Nacional e o Guia Básico de Segurança de Barragens, confeccionado pelo Comitê Brasileiro de Barragens.

### **6.2. OBJETIVO**

O objetivo de uma avaliação de segurança é determinar as condições relativas à Segurança Estrutural e Operacional da Barragem, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações, quanto as análises e os estudos para determinar as soluções dos problemas.

### **6.3. AVALIAÇÕES DE PROJETO, CONSTRUÇÃO E DESEMPENHO**

Os Projetos da Barragem e das Estruturas Associadas devem ser revistos para avaliar o desempenho atual das estruturas, comparando com o pretendido. Dados e registros da engenharia, originados durante o período da construção, devem ser revistos, a fim de determinar se as estruturas foram edificadas e projetadas ou se as revisões necessárias do projeto foram feitas em todas as situações normais ou imprevistas.

Uma vistoria do local e uma revisão dos registros de instrumentação disponíveis também devem ser efetuadas, para determinar o desempenho atual das estruturas.



Áreas perigosas, acomodações inesperadas, percolações ou vazamentos anormais, mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e todas as outras observações relativas à segurança da barragem devem ser identificadas e registradas. Os resultados das observações das instrumentações e das análises podem revelar ou prever condições perigosas. O exame visual, durante a vistoria local, pode comprovar ou dissipar as apreensões resultantes de registros questionáveis da instrumentação.

O projeto original e os dados do projeto devem ser vistoriados, para determinar se todas as condições de carregamento aplicáveis foram levadas em conta. Os critérios de projeto devem ser revistos, para determinar se quaisquer novas condições no local tornaram necessárias alterações nos critérios relativos a cargas, vazões etc.

São indícios de desenvolvimento de condições inseguras em potencial:

- Condições imprevistas nas fundações
- Presença de percolação
- Aceitação excessiva de injeção
- Indicação de perigo ou acomodação do solo durante a construção

#### **6.4. IDENTIFICAÇÃO E REGISTROS DOS PROBLEMAS E FRAGILIDADES**

Os registros devem ser pesquisados e a barragem deve ser vistoriada em razão de:

- Evidência de defeitos na construção
- Aumento da percolação ou vazamento
- Perigos geológicos aparentes
- Mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e



- Indícios progressivos de deterioração ou enfraquecimento da estrutura e/ou fundação

## 6.5. FORMULAÇÃO E RELATÓRIO DAS CONSTATAÇÕES

O Relatório de Vistoria documenta os resultados das constatações do Painel de Segurança e apresenta conclusões e recomendações

## 6.6. FAMILIARIDADE COM OS MODOS E CAUSAS DE FALHAS

Categorias e Causas de Falhas		
FALHA	DECORREM OU ESTÃO ASSOCIADOS	CAUSAS
Deterioração da Fundação	Qualidade e/ou tratamento das fundações. Apresentam rachaduras visíveis; afundamento localizado; retirada de materiais.	Remoção de matérias sólidas e solúveis; retirada de rochas e erosão.
Instabilidade da Fundação	Materiais solúveis; xistos argilosos ou argilas dispersivas que reagem com água.	Liquefação; deslizamentos; afundamentos e deslocamentos de falhas.
Vertedouros Defeituosos	Cheia de projeto; adequação do vertedouro; histórico de operação de vertedouro; obstruções; condição a jusante; crescimento da vegetação; fissuras e/ou rachaduras nas estruturas de concreto.	Obstruções; revestimento fraturados; evidências de sobrecarga da capacidade disponível.
Deterioração do Concreto	Materiais defeituosos; agregados reativos; agregados de baixa resistência.	Reação álcalis/agregados; lixiviação.
Defeitos de Barragens de Terra	Estabilidade e sanidade das rochas do enrocamento; fraturamento hidráulico; rachaduras no solo; solos de baixa Densidade.	Potencial de Liquefação; Instabilidade dos taludes; vazamentos excessivo; remoção dos materiais sólidos e solúveis e erosão do talude.
Defeitos das Margens do Reservatório	Erosões, deslocamentos de falhas; Repturas.	Permeabilidade; instabilidade e fragilidade inerentes das barreiras naturais

## 6.7. VISTORIAS LOCAIS

A vistoria local de uma barragem e seus associados é uma parte essencial da avaliação da segurança da estrutura. As características dos locais de implantação e dos materiais influenciam o comportamento conseqüente da barragem, das estruturas associadas e suas fundações, as quais têm uma relação direta com a



operação segura das estruturas. Os participantes das vistorias locais devem ser capazes de identificar perigos em potencial devido as condições que tenham ocorrido progressivamente ao longo de vários anos e que os operadores locais possam não ter reconhecido, ou que vistorias anteriores não detectaram. A vistoria e a avaliação do local devem ser guiadas e determinadas por contínua atenção, reconhecimento e compreensão das causas primárias de falhas de barragens. A detecção de modificações, de indicações de mudanças iminentes e do desenvolvimento de fragilidades estruturais e hidráulicas são objetivos fundamentais das avaliações de segurança da barragem. Os participantes devem também averiguar se os elementos estão sendo operados e projetados.

Arranjos, programação e coordenação, antes da vistoria, são necessários para uma condução eficiente e segura da vistoria e incluem o seguinte:

Item	Subitem
Esvaziamento	Bacias, condutos e bacias de dissipação; galerias e câmaras
Montagem de dispositivos temporários para acesso e segurança do pessoal	
Disposições especiais de transporte	Para o local; no local; exame visual por sobrevôo
Coordenação dos participantes	Operadores e engenheiros do distrito local; operadores regionais; participantes não-pertencentes à entidade
Arranjos especiais para equipes subaquáticas de vistoria	

## 6.8. ARRANJOS PARA VISTORIA

- Alojamento e transporte
- Equipamentos para a vistoria
- Programa de vistoria
- Citar nível do reservatório



## 6.9. ELEMENTOS A SEREM VISTORIADOS

A vistoria deve ser programada para uma ocasião em que os usuários da água serão menos incomodados, numa época do ano em que a maioria dos elementos está visível e quando a maior parte do equipamento possa ser operada durante a vistoria. Os níveis desejáveis do reservatório, na ocasião da vistoria são:

- Quase no máximo
- Perto do normal
- Próximo do mínimo

O representante de campo será solicitado a fornecer elementos associados e relativos ao nível e às descargas do reservatório, valores tanto presentes como os previstos para a ocasião da vistoria.

Deve-se estabelecer, logo que possível, as aparelhagens e os equipamentos que devem ser operados durante a visita e em que extensão. As operações propostas devem ser discutidas com o representante de campo, que deve determinar se alguma das operações requer autorização especial.

Deve-se estabelecer o tempo necessário para a vistoria. A complexidade das estruturas, associada com os relatórios de vistorias anteriores e discussões com o representante de campo, devem ser usadas como guia.

Deve-se destinar tempo suficiente para permitir uma vistoria completa de todos os componentes, com ampla margem para visitar novamente o local, a fim de conferir itens omitidos e/ou encontrar-se com o pessoal do empreendimento para discutir as constatações da vistoria.

Os registros devem ser pesquisados e a barragem deve ser vistoriada em razão de:

- O desempenho não estar de acordo com as previsões do projeto
- Evidência de defeitos na construção



- Aumento da percolação ou vazamento
- Perigos geológicos aparentes
- Mau funcionamento dos equipamentos mecânicos
- Indícios progressivos de deterioração ou enfraquecimento da estrutura e/ou fundação

As fragilidades ou deficiências podem ser identificadas pelas alterações no comportamento da estrutura das fundações, dos encontros ou das percolações.

Anotações devem ser organizadas, de modo a cobrir cada problema em potencial ou defeito identificado durante a revisão dos registros e a vistoria, não deixando ficar nada na memória.

Deve ser identificado e registrado qualquer comportamento anormal, ainda que aparentemente insignificante. O diagnóstico das condições atuais do barramento e das demais instalações, bem como uma avaliação detalhada da operação atual da barragem, devem envolver, entre outros, os seguintes aspectos:

- Levantamento e análise dos manuais de operação e manutenção
- Avaliação dos procedimentos atuais de operação, incluindo pessoal, equipamentos, recursos de apoio etc.
- Diagnósticos das estações de monitoramento e das condições operacionais
- Avaliação da implementação do sistema para monitoramento hidrológico da barragem
- Cadastramento e avaliação das instalações administrativas e operacionais existentes na barragem



- Inspeção e avaliação das estruturas do barramento e obras complementares da barragem
- Inspeção e avaliação das obras e instalações de captações
- Reconhecimento e diagnóstico das condições do uso e da ocupação das terras até a cota de inundação do reservatório
- Reconhecimento e diagnóstico das condições da faixa de segurança e da Área de Preservação Permanente do reservatório
- Avaliação e acompanhamento das atividades de monitoramento da qualidade das águas desenvolvidas
- Estação de Piscicultura
- Horto florestal
- Outras instalações do complexo.

As visitas deverão ser acompanhadas por técnicos do proprietário. Para cada uma das estruturas deverá ser preenchida uma Ficha de Inspeção detalhada. O modelo das Fichas de Inspeção deverá seguir o padrão sugerido.

Esta etapa deverá, também, ser documentada fotograficamente, para a ilustração dos aspectos mais relevantes.

A seguir são apresentados, a título de referência, os principais aspectos:

- Barragens deslocamentos (visadas), rachaduras, sumidouros, nascentes, pontos molhados, erosão superficial, vegetação
- Instrumentação
- Estruturas de Concreto
- Fissuras



- Aberturas de juntas
- Deslocamentos relativos
- Encontros e fundação - lençol freático
- Reservatório - a bacia do reservatório, embora usualmente não afete diretamente a estabilidade da barragem, deve ser vistoriada quanto às características que possam comprometer a operação segura da barragem e do reservatório
- Deslizamentos de terra, próximas à barragem e no reservatório
- Estruturas associadas - todas as estruturas associadas
- Canais de tomada - estabilidade dos taludes.
- Equipamento mecânico-hidráulico – verificação sistemática
- Equipamentos de indicação de níveis e
- Estradas de acesso

#### **6.10. RELATÓRIO DE VISTORIA**

Objetivo: Fornecer a documentação das atividades, constatações, conclusões e recomendações resultantes de uma vistoria de segurança da barragem. Emissão dentro de 30 dias corridos após a conclusão da vistoria.

Conteúdo: Data e cota do nível máximo histórico do reservatório e a descarga máxima histórica do vertedouro. Termos usuais:

- **Satisfatório:** Não são reconhecidas deficiências existentes ou potenciais de segurança. É esperado desempenho seguro sob todas as condições de carregamento previstas e eventuais.





- **Aceitável:** Não são reconhecidas deficiências existentes para as condições normais de carregamento.
- **Qualidade condicionalmente inferior:** Uma deficiência potencial de segurança da barragem é reconhecida para condições de carregamento anormais.
- **Qualidade inferior:** Uma deficiência potencial de segurança da barragem é claramente reconhecida para as condições normais de carregamento.
- **Insatisfatório:** Uma deficiência de segurança da barragem existe para condições normais.

Conclusões e recomendações: Parte mais importante do relatório.

#### 6.11. ANÁLISE TÉCNICA

- Avaliação da Hidrologia (rever os dados hidrológicos, critérios de cheias, precipitações, amortecimento de cheias, critérios de armazenamento, condição do sangradouro e descarregador de fundo)
- Avaliação Sísmica - rever
- Avaliação Hidráulica
- Avaliação da Geologia (rever mapeamentos geológicos, plantas e seções transversais, condições litológicas, dados geofísicos, níveis d'água, petrografia, geologia regional)
- Avaliação dos Problemas Geotécnicos e Estruturais
- Avaliação das Conseqüências das Falhas e
- Avaliação dos Materiais empregados na construção e ensaios realizados



MONTGOMERY WATSON



## **7. SUGESTÃO DE LISTAGEM DE VERIFICAÇÕES PARA UMA AVALIAÇÃO**

---



## **7. SUGESTÃO DE LISTAGEM DE VERIFICAÇÕES PARA UMA AVALIAÇÃO**

### **7.1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo descreve os procedimentos a serem seguidos por ocasião da visita de inspeção, por meio de uma sugestão de lista de verificações.

Os procedimentos aqui descritos são os mesmos indicados no Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (Ministério da Integração Nacional) e no Guia Básico de Segurança de Barragens (Comitê Brasileiro de Barragens), adaptados as características da barragem Umari.

### **7.2. GENERALIDADES**

Quaisquer ocorrências registradas ou observadas, incidentes ou mudanças relativas a barragens e associados devem ser vistoriados por suas características, situação e idade. Muitos dos problemas são genéricos ou de natureza universal, independentemente do tipo de estrutura, ou da classe da fundação.

Rever planos e especificações, desenhos de construção e como-construído, e relatórios de projeto para familiarização geral e compreensão das intenções.

Rever o projeto básico, inclusive planta de arranjo geral da barragem, seções transversais e de zoneamento, tratamento especificado para a fundação, e injeção. Observar quaisquer aspectos anormais ou omissões.

Rever os resumos de exploração, geologia e dados de sismicidade da barragem e do reservatório, e avaliar. Notar efeitos adversos potenciais de características geológicas conhecidas e aspectos que requeiram revisão mais pormenorizada. Avaliar características geológicas críticas, quando relacionadas com a segurança da barragem. Avaliar a adequação geral dos programas de exploração. Avaliar o potencial de liquefação dos solos da fundação.

Rever os procedimentos de ensaios de laboratório e os resultados.



Rever as propriedades do projeto dos materiais da fundação e da barragem de terra adotadas, e comparar com os resultados de exploração, de campo e de ensaios de laboratório, quanto à adequação. Avaliar a compatibilidade da barragem com a fundação.

Rever o resumo das análises de estabilidade, incluindo as condições operacionais e de carregamento analisadas. Notar quaisquer deficiências aparentes e/ou resultados anormais que apareçam.

Rever os desenhos e dados como-construído, incluindo a configuração da fundação, sumários de injeção, provisões para drenagem, mudanças na construção, tipo e profundidade da trincheira de vedação (cutoff), descontinuidade da fundação, tratamento especial da fundação etc., e avaliar seus efeitos potenciais no desempenho.

Rever reclamações de condições alteradas, memorandos de ação corretiva e ordens de alteração de construção. Avaliar sua relação com a segurança e desempenho da barragem e associados.

Rever as fotografias da construção.

Rever resumos dos resultados dos ensaios do controle da construção. Compará-los com os resultados da fase de exploração para projeto, com os resultados de ensaios e com as hipóteses de projeto. Comparar os resumos das propriedades dos materiais e da fundação, determinados durante a construção, com os critérios gerais usados para o projeto. Avaliar a adequação dos critérios e provisões das especificações, do ponto de vista da segurança, com respeito a itens específicos, tais como:

- controle da percolação
- capacidade e potencial de entupimento dos drenos da fundação e do interior
- potencial de erosão interna (piping} etc.



Avaliar os critérios de projeto e métodos de análises e suas relações com o presente estado-da-arte.

Avaliar se as especificações de construção, procedimentos e materiais estão compatíveis com as hipóteses gerais de projeto e condições conhecidas do local.

Rever as instalações de instrumentação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoração do provável desempenho operacional em geral ou, especificamente, os padrões comportamentais identificados.

Rever os registros da instrumentação e avaliar o significado dos resultados.

Conduzir vistoria pormenorizada do local e vizinhanças. Notar e registrar quaisquer condições anormais ou suspeitas, tais como: nascentes, surgências, áreas reviradas etc. Observar núcleos de furos selecionados, se disponíveis.

Avaliar implicações dos resultados das revisões com respeito a possível falha catastrófica da barragem.

Identificar todos os documentos revistos. Listar, como referências, no relatório em preparo.

As superfícies externas de uma barragem de terra podem fornecer indicações do comportamento do interior da estrutura. Por este motivo, uma vistoria completa de todas as superfícies expostas da barragem deve ser feita. Devem também ser feitas vistorias de campo, quando o reservatório estiver cheio e a barragem de terra estiver igualmente sujeita às suas cargas máximas.

A barragem deve ser cuidadosamente vistoriada, em busca de quaisquer evidências de deslocamento, rachaduras, sumidouros, nascentes, pontos molhados, erosão superficial, buracos de animais, vegetação etc.

Uma visada ao longo do alinhamento do meio fio da barragem de terra, linhas de transmissão ou distribuição, cercas de proteção, canalizações longitudinais ou outros alinhamentos paralelos ou concêntricos à barragem pode revelar a



existência de deslocamento superficial. A crista deve ser vistoriada para se encontrar depressões que possam diminuir a borda livre. Os taludes de montante e de jusante e as áreas a jusante da barragem de terra devem ser vistoriados, à procura de qualquer sinal de protuberância ou outro desvio de planos lisos e uniformes. Quaisquer movimentos suspeitos, identificados por estes métodos, devem ser verificados por levantamentos topográficos.

As rachaduras na superfície de uma barragem de terra podem ser indicadoras de muitas condições potencialmente inseguras. Elas podem ser causadas por dessecação e retração dos materiais próximos à superfície da barragem; entretanto, a profundidade e a orientação das rachaduras devem ser definidas para melhor se entender suas causas. Aberturas ou escarpas na crista da barragem de terra ou nos taludes podem identificar deslizamentos. Uma vistoria rigorosa dessas áreas deve ser feita, para delinear a posição e extensão da massa deslizada. Rachaduras superficiais, próximas das zonas de contato dos encontros da barragem, podem ser uma indicação de recalque da mesma e, se forem bastante severas, podem desenvolver-se em um caminho de vazamento ao longo destas zonas de contato.

A face de jusante, o pé da barragem e áreas a jusante da barragem de terra devem ser vistoriados em busca de pontos úmidos, bolhas, depressões, sumidouros ou nascentes que possam indicar percolação excessiva através da barragem. Outros indicadores de percolação são pontos moles, crescimentos anormais de vegetação. A água de percolação deve ser vistoriada para constatar quaisquer sólidos em suspensão e, se houver suspeita de dissolução, amostras da água de percolação e da do reservatório devem ser colhidas para análises químicas. A água de percolação deve ser analisada quanto ao sabor e à temperatura, para ajudar a identificar sua origem. Se forem localizadas áreas saturadas, elas devem ser estudadas para determinar se o (s) ponto (s) úmido (s) é (são) resultante (s) de umidade superficial, percolação na barragem ou outras origens. Áreas molhadas, nascentes e bolhas devem ser corretamente localizadas e mapeadas, para comparação com vistorias futuras. A percolação deve ser



medida e controlada em base periódica, para assegurar que uma tendência adversa não se desenvolva e leve a uma condição insegura.

Os sistemas de drenagem devem ser vistoriados quanto a depósitos químicos, desenvolvimento de bactérias, deterioração, corrosão ou outras obstruções que possam entupir os drenos.

Em acréscimo à verificação do desempenho previsto da barragem e da fundação, a instrumentação também pode alertar para o desenvolvimento de condições inseguras e deve ser vistoriada para seu desempenho apropriado. Os pontos de medição superficial de movimentos devem ser vistoriados quanto a possíveis danos causados por vandalismo, atividade de máquinas ou erosão. A proteção e os componentes estruturais do poço terminal do piezômetro, a erosão interna (piping) e os manômetros devem ser vistoriados, para assegurar que o sistema está sendo mantido, de tal maneira que possam ser obtidas leituras confiáveis e sem interrupção. Danos resultantes de vandalismo ou atividade de máquinas, reenchimento impróprio ou falta de tampas ou envoltórios protetores podem afetar o desempenho do tubo piezométrico. Erosões internas (“pipes”) ou vertedouros de medição usados para medir a percolação devem ser vistoriados quanto a obstruções, corrosão, deterioração e erosão. Em acréscimo à anotação de deficiências na instrumentação existente, devem ser identificadas as áreas onde instrumentação adicional é necessária.

Complementando a vistoria da barragem com o reservatório cheio, a face de montante da barragem e a área do reservatório devem ser vistoriadas durante os períodos de nível baixo, quando as condições permitirem. Todas as faces de montante da barragem devem ser vistoriadas quanto à evidência de deslizamentos, sumidouros ou deterioração dos taludes de proteção. Se os níveis de armazenamento não permitirem a vistoria, podem ser necessárias vistorias subaquáticas.

Todas as superfícies da barragem devem ser vistoriadas quanto a sinais de erosão excessiva. Causas de erosão, tais como: proteção de talude inadequada, excesso de chuvas, escoamento superficial concentrado, ou a presença de siltes ou de



argilas dispersivas altamente erodíveis devem ser identificadas. As áreas adjacentes a todas as estruturas incorporadas na barragem devem ser vistoriadas quanto à erosão que possa resultar em erosão interna (piping) através da barragem.

As superfícies da barragem de terra devem ser vistoriadas quanto a buracos de animais e vegetação. Qualquer vegetação que tenha sistema extenso de raízes ou que impeça uma visão clara da barragem ou das áreas de encontro deve ser removida. A vegetação nova e tipos de vegetação que requeiram grande quantidade de umidade são motivo de suspeita, porque podem indicar pontos úmidos na barragem. Uma diferença de cor notada dentro de uma área de um mesmo tipo de vegetação é uma boa indicação desses pontos. Fotografias infravermelhas podem detectar pontos úmidos em uma barragem.

As áreas críticas dos encontros e fundações são usualmente cobertas e não-disponíveis para uma vistoria direta. Por este motivo, importância especial deve ser colocada na revisão dos registros e documentos durante a preparação para a inspeção no local.

As características originais dos materiais da fundação e dos encontros, assim como quaisquer mudanças que possam ter sido reveladas durante a construção e a operação, devem ser avaliadas durante a revisão dos dados de instrumentação, lençol freático e percolações anteriores à vistoria do local.

A vistoria das partes a montante dos encontros e da fundação não é normalmente possível, por estar cheio o reservatório. Assim, a vistoria física é tipicamente limitada aos encontros, quinas e ao pé a jusante da barragem. Os túneis de injeção e de drenagem, estão disponíveis para a vistoria. Porções das áreas de fundação de estruturas associadas podem estar expostas para vistoria. Características de desgaste pelo tempo de materiais típicos das fundações e encontros podem ser determinadas, a partir de cortes de estradas próximas ou outras escavações. Os efeitos da saturação do material de fundação são às vezes visíveis, quando expostos na zona de variação de nível do reservatório.





Indicações de percolação prejudiciais podem ser completamente óbvias ou muito sutis. Mudanças na vazão medida por drenos monitorados são imediatamente suspeitas, se ela aumenta ou diminui. Outras indicações da mudanças podem ser o aumento da frequência de operação da bomba de esgotamento e o desenvolvimento de vegetação nova ou exuberante. Gráficos dos níveis de água nos poços de observação e piezômetros devem ser cuidadosamente verificados e comparados com o nível do reservatório e a precipitação local.

Quando a possibilidade de dissolução existe, amostras da água do reservatório e da percolação devem ser coletadas, para análise da sua qualidade, se tais dados não estiverem disponíveis. Tais análises podem identificar o material solúvel. Se a taxa de percolação puder ser determinada, a taxa de dissolução pode ser estimada.

### **7.3. SITUAÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

As estruturas de concreto da barragem, devem estar livres de todas as instalações não-autorizadas, tais como pranchões, que reduzem a capacidade de descarga através das estruturas. As superfícies de concreto devem ser vistoriadas quanto à deterioração causada por desgaste pelo tempo, tensões não-usuais ou extremas, reação química alcalina ou outra, erosão, cavitação, vandalismo etc.

As estruturas devem ser vistoriadas quanto à evidência de recalque diferencial.

Os condutos devem ser vistoriados quanto a vazamento excessivo. Todas as passagens de água devem estar desobstruídas.

Todos os aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a afundamento ou um acréscimo de profundidade causado por movimento do solo. Os contatos entre o aterro e a estrutura devem ser vistoriados quanto à evidência de erosão interna (piping). Todos os taludes de corte ou aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a condições instáveis.

Todos os drenos devem estar abertos e mostrar evidência de funcionamento adequado. Os lineamentos de manchas nas paredes das estruturas para várias



descargas devem ser avaliados, para uma indicação das características da vazão através da estrutura.

A proteção de canais adjacentes às estruturas de dissipação de energia deve ser vistoriada, para determinar se o seu desempenho corresponde ao que foi projetado.

Praticamente qualquer estrutura hidráulica é servida por canais de tomada e restituição, compostos de taludes cortados ou aterrados de solo ou rocha. A maioria dos vertedouros de solo ou capeados com rocha têm uma seção de controle de concreto ou de rocha para reduzir o potencial de percolação ou de erosão. Os canais de tomada e das obras de restituição estão normalmente submersos e podem requerer investigação subaquática especial.

Os canais devem ter taludes estáveis e serem livres de poças, deslizamentos e escombros. Os canais e taludes devem estar livres de todas as formas de crescimento de vegetação que obstruam a vazão. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de sumidouros, bolhas ou erosão interna (piping). Os canais devem apresentar um espaço satisfatório em torno das tomadas d'água e estruturas terminais, de modo que as estruturas possam operar hidraulicamente como projetado. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de correntes circulatórias destrutivas. Os canais de saída devem ser verificados quanto à excessiva degradação que possa, adversamente, afetar as características hidráulicas da estrutura terminal.

Rever e avaliar os seguintes itens relevantes para a segurança da barragem:

- Critérios de projeto com respeito aos requisitos hidráulicos e estruturais
- Critérios operacionais inclusive capacidade das restituições para reduzir ou esvaziar completamente o armazenamento do reservatório, em caso de emergência



- Verificação da adequação do sangradouro aos níveis das cheias hidrológicas milenar e decamilenar
- Estado geral incluindo as paredes do sangradouro, estabilidade dos taludes e erosões
- Estado geral dos equipamentos hidromecânicos
- Estado dos canais e bacia de dissipação

#### **7.4. EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICAS**

O equipamento mecânico hidráulico associado à tomada d'água deve ser operado sob as condições reais de utilização, para determinar se o equipamento se comporta satisfatoriamente. O equipamento deve ser verificado quanto à lubrificação adequada e operação suave, sem emperramento, vibração, e ruídos não-usuais.

As instruções de operação devem estar afixadas próximas aos equipamentos associados e verificadas quanto à clareza. Cada dispositivo operacional deve estar marcado, clara e permanentemente, para fácil identificação. Todos os controles de equipamentos devem ser verificados quanto à segurança adequada, de tal forma que pessoas não-autorizadas não possam operar ou manusear indevidamente o equipamento.

Escadas de acesso, e grades devem ser vistoriadas quanto a partes deterioradas ou quebradas, ou oxidadas, ou outras condições inseguras. Comportas-ensecadeiras (stop-logs), devem ser vistoriadas para determinar se estão disponíveis e em boas condições. A disponibilidade de equipamento para movimentar, suspender e colocar comportas-ensecadeiras e grades deve também ser verificada.

Durante e depois da vistoria local, devem ser mantidas discussões com o operador ou encarregado da barragem para determinar se há quaisquer condições operacionais inusitadas ou problemas com o equipamento. As



discussões e a operação do equipamento devem ser usadas para verificar se o operador conhece o equipamento e está qualificado para operá-lo. Procedimentos de manutenção e de uso devem também ser discutidos para determinar se eles estão adequados e de acordo com os documentos que os requerem e os especificam.

### **7.5. SITUAÇÃO GERAL DO RESERVATÓRIO E ACESSOS**

A bacia do reservatório, embora usualmente não afete, de maneira direta, a estabilidade da barragem, deve ser vistoriada quanto às características que possam comprometer a operação segura da barragem e do reservatório.

A região em torno do reservatório deve ser vistoriada quanto à indicação de problemas que possam afetar a segurança da barragem ou do reservatório. As conformações do terreno e estruturas geológicas regionais devem ser avaliadas. Devem ser vistoriadas áreas de extração de minerais e água do subsolo. A região deve ser verificada quanto a indicações de sedimentação, tais como: sumidouros, trincheiras e recalque de estradas e estruturas. A reação de outras estruturas na mesma formação pode fornecer informação acerca do possível comportamento da barragem e associados.

Sempre que uma vistoria é feita, o nível do reservatório deve ser registrado. Quaisquer níveis altos ou baixos, dignos de nota, recentes, e qualquer invasão na bacia de cheia devem ser registrados.

Se as condições permitirem, a bacia do reservatório deve ser vistoriada nas ocasiões em que ela tiver nível baixo. Se isto não for possível, então vistorias subaquáticas dos locais suspeitos ou selecionados podem ser necessárias.

As superfícies da bacia do reservatório devem ser vistoriadas quanto a depressões, sumidouros, ou erosão das superfícies naturais ou revestimentos do reservatório.



A bacia do reservatório deve também ser vistoriada quanto à excessiva sedimentação que possa afetar adversamente o carregamento da barragem ou obstruir os canais de entrada para a tomada d'água ou sangradouro.

Deslizamentos, como entendidos aqui, incluem todas as formas de movimento de massa que possam afetar a barragem, associados, reservatório ou vias de acesso. Incluem áreas de deslizamentos ativos, inativos e potenciais que podem variar, desde pequenos rolamentos sobre o talude até movimentos de grande volume.

Áreas de deslizamentos podem muitas vezes ser identificadas e, possivelmente, delineadas por numerosos sinais de perigo ou movimento, os quais incluem escarpas, árvores inclinadas, áreas de vegetação morta ou morrendo, rachaduras de tensão, distorções das encostas das colinas, desalinhamento de elementos retos, invasão da vegetação marginal para dentro do reservatório e nascentes. A documentação das condições existentes utilizando fotografias é firmemente recomendada. Se for justificado, poderá ser requerido um levantamento da estabilidade do talude e do histórico do mesmo.

Deslizamentos de terra entrando num reservatório causam, na ocasião, uma onda superficial capaz de galgar a barragem, danificando seus associados, ou causando erosão excessiva em pontos críticos ao longo da borda do reservatório. Características de interesse, de deslizamentos de terra, incluem: tamanho; orientação relativa à configuração do reservatório; distância da barragem, associados, ou seções críticas da borda; velocidade da falha; tipo de material; e mecanismo da falha.

As causas ou mecanismos que os desencadeiam podem incluir terremotos, depressão do reservatório, níveis desusadamente altos do reservatório, erosão por ação de ondas ou saturação proveniente de excessiva precipitação. O progresso em torno do reservatório pode resultar em mudanças do equilíbrio natural por alteração dos taludes, mudanças no padrão de drenagens e mudanças no nível do lençol freático. Os sinais de progresso podem incluir estradas de acesso,



terraplanagem para áreas de lazer, desmatamento, pilhas de lixo, campos de secagem e obras de drenagem.

O tempo disponível durante uma vistoria típica de segurança de barragens é insuficiente para um exame em profundidade de cada área de deslizamento existente ou potencial do reservatório. Portanto, é necessária uma revisão para determinar as áreas que devem ser vistoriadas. A identificação de condições suspeitas deve induzir a uma recomendação da equipe para um estudo em profundidade a ser feito.

Escavações para a barragem, associados e estradas de acesso perturbam os taludes naturais e a drenagem estabelecida por tempos geológicos e, na maioria dos casos, resultam numa condição menos estável. A presença de um reservatório invariavelmente muda o regime do lençol freático, o qual, por sua vez, afeta a estabilidade do talude. Enquanto o pessoal de operação está normalmente mais familiarizado com as condições na vizinhança da barragem ao longo das estradas de acesso comumente usadas, o pessoal pouco familiarizado com a área pode facilmente não notar ou compreender um sintoma de instabilidade do talude que se tenha desenvolvido lentamente. Pequenos rolamentos sobre o talude podem obstruir uma vala de drenagem, dando lugar a empoçamento da enxurrada e eventual saturação dos taludes. Pilares de amarração e telas de arame imprópriamente confinados podem desprender-se, resultando em falhas no talude.

Os efeitos da precipitação extrema nas áreas de deslizamentos existentes e potenciais, ao longo das estradas de acesso, devem ser avaliados. Avaliações semelhantes devem ser feitas com relação aos taludes ao longo dos canais de tomada e de jusante, para determinar se as características de capacidade de vazão do vertedouro e obras de restituição estão adversamente afetadas. Taludes acima das estruturas de acesso e de controle, cuja falha possa impedir o acesso ao elemento, ou a operação dele, devem ser vistoriadas.

A operação segura de uma barragem depende de meios de acesso adequados e seguros. Usualmente, o único acesso a uma barragem é por estrada. A estrada



deve ser de construção para qualquer tempo, adequada para a passagem de automóveis e de qualquer equipamento requerido para o serviço da barragem, sob quaisquer condições de tempo. O material do piso deve ser adequado para suportar as cargas previstas. Os taludes de todos os cortes e aterros, ladeira acima e abaixo da estrada, devem ser estáveis em todas as condições. A superfície da estrada e dos tabuleiros das pontes deve estar localizada acima do nível máximo projetado das águas, para quaisquer cursos d'água adjacentes. Se a estrada de acesso não é capaz de servir satisfatoriamente durante uma emergência, meios alternativos de acesso devem ser prontamente obtíveis, tais como helicópteros ou trilhas para equipamentos para qualquer terreno (jipe, por exemplo).

#### **7.7. AVALIAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA**

As áreas primárias de preocupação geológica são as bordas do reservatório, a estabilidade dos encontros, a percolação e os riscos de deslizamentos de terra. A análise geológica necessita, muitas vezes, localizar ou estabelecer conhecimento em pormenores, da estrutura da rocha, da sismicidade induzida e dos efeitos relacionados com sismos, e das propriedades geofísicas da barragem de terra e fundações. A análise consistirá de uma revisão de dados de, instrumentação, registros e relatórios de percolações passadas, movimentos de lençóis freáticos, estudo das propriedades dos materiais e estruturas, e interpretações de fotografia aérea por sensoramento remoto.

Todos os dados de instrumentação disponíveis devem ser revistos durante a avaliação. Se não há dados ou se os dados disponíveis são limitados uma determinação é feita quanto à necessidade de instrumentação adicional para avaliar um problema potencial de segurança de barragem.

A estabilidade estática da barragem e da fundação será analisada quanto ao recalque, deslocamento e emudecimento excessivo. Dados tais como mapas geológicos, registros de perfuração, ensaios de laboratório, superfície freática e métodos de construção devem ser usados, quando disponíveis. Hipóteses de resistência baseadas nos tipos, gradações e ao cisalhamento, para análise,



métodos de compactação dos materiais pressupõem que uma condição de resistência a longo prazo, consolidada e drenada, tenha sido atingida. Superfícies freáticas são estimadas, utilizando dados piezométricos, quando disponíveis, ou são estabelecidas, baseadas na zonificação da barragem e na configuração do talude. Análises de estabilidade devem ser normalmente executadas para uma condição de percolação estacionária.

A estabilidade à percolação de uma barragem e fundação é focalizada em itens tais como o aumento da percolação com o tempo, a presença de sumidouros, cavidades ou bolhas de areia, e utilizará registros de informações na avaliação. Análises de percolação, como as por gradientes críticos, por construção de redes de escoamento e por elementos finitos, são executadas quando necessárias e quando dados suficientes estão disponíveis. A integridade de controle da percolação dos filtros, drenos, coberturas e materiais de zonas de transição é também analisada.

Rever mapeamentos geológicos, plantas e seções transversais, mostrando todos os elementos da exploração e resumindo interpretações dos perfis de sondagem e geológicos, incluindo pelo menos a barragem, estruturas associadas, fontes de material e, se disponível, a geologia do reservatório. Deve ser dada especial atenção aos aspectos geológicos que influenciem considerações de projeto, tais como: zonas de cisalhamento, falhas, fraturas abertas; camadas, juntas, fissuras ou cavernas; deslizamentos de terra; variabilidade de formações; materiais compressíveis ou liquefatíveis; planos de estratificação fracos etc.

Rever registros pormenorizados de exploração, inclusive condições litológicas e físicas dos materiais encontrados, dados de ensaio da água, resultados dos ensaios de penetração normal e outros ensaios de resistência, e frequência e tipos das amostras obtidas dos ensaios de laboratório.

Rever as partes geológicas de todos os relatórios relevantes do local, desde estudos preliminares de reconhecimento até os registros finais de como-construído.





Rever fotografias aéreas do local e do reservatório.

Rever estudos geológicos regionais, publicados ou não, que sejam relevantes para a locação da barragem e do reservatório.

Examinar as características pertinentes da geologia da área nos locais da barragem e associados, locais de empréstimos e de bota-fora, e, na medida do possível, na bacia do reservatório. Examinar núcleos representativos recuperados da exploração do local, particularmente das zonas indicadas nos testemunhos como sendo severamente quebradas, desgastadas pelo tempo ou altamente permeáveis.

#### **7.8. APRECIÇÃO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

Avaliar a capacidade do vertedouro para passar todas as cheias de projeto, sem colocar a barragem em perigo.

Rever as provisões (proteções, de troncos, contra- flutuantes etc.) para conservar a entrada do vertedouro livre de obstruções.

Avaliar o amortecimento da cheia para determinar a possibilidade de galgamento da estrutura existente.

Avaliação em termos de reconhecimento dos riscos a jusante, consequentes da inundação, em caso de falha da barragem existente.

Revisão das condições da bacia a montante, particularmente para mudanças no uso, tais como: novos desenvolvimentos urbanos ou barragens de armazenamento.

Absorção, pelo reservatório, da hidrógrafa da PMF, usando hipóteses conservadoras.

Rever o resumo de dados hidrológicos contido nos relatórios do empreendimento.



Rever os relatórios de projeto, manuais de operação e manutenção, planos e especificações de contrato relativos a vertedouro e instalações de restituição para familiarização com o projeto.

Rever os procedimentos e programas de operação sazonal da comporta.

Verificar da capacidade de acumulação de reservatório, incluindo batimetria e topo-hidrografia da área da bacia hidráulica, quando necessário.

Determinar ou reavaliar as vazões regularizadas de reservatório para diferentes garantias (100, 95, 90, 85 e 80). Este estudo deverá considerar a interferência com outros reservatórios (construídos e projetados), o que permitirá definir e avaliar o atendimento real da demanda para cada uso previsto para a barragem.

#### **7.9. INSTRUMENTAÇÃO DE ADVERTÊNCIA, SEGURANÇA E DESEMPENHO**

Rever as instalações de instrumentação na barragem e na fundação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoramento do desempenho operacional provável em geral ou para modelos de comportamento especificamente identificados.

Verificar:

- Piezômetros, marcos de referência de superfície e registradores de nível.
- Competência para o serviço
- Acesso às estações de leitura
- Tipo e localização adequada para a condição a ser observada
- Necessidade de recalibragem
- Leituras falsas, fontes e motivos
- Leituras esporádicas de verificação durante as vistorias,



- Questionamento dos operadores, para determinar seu conhecimento do objetivo e funcionamento dos instrumentos.

Rever os registros da instrumentação e avaliar a significância dos resultados.

### **7.10.ALTERAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS E OCORRÊNCIAS GENÉRICAS**

Observar materiais defeituosos, inferiores, inadequados ou deteriorados.

#### **Concreto:**

- Reação agregado-álcalis, aspectos estranhos e rachaduras
- Lixiviação
- Abrasão
- Lascamento
- Deterioração geral e
- Perda de resistência

#### **Rocha:**

- Desintegração
- Amolecimento e
- Dissolução

#### **Solos:**

- Degradação
- Dissolução
- Perda de plasticidade
- Perda de resistência e
- Alteração mineralógica



**Metais:**

- Eletrólise
- Corrosão
- Corrosão sob tensão
- Fadiga
- Corte e ruptura e
- Esfoliamento

**Vedações de juntas:**

- Perda de plasticidade
- Encolhimento e
- Derretimento

Observar as ocorrências genéricas quanto a suas características, localização e tempo de existência. Essa ocorrências são de natureza universal, a despeito do tipo de estrutura ou classe de fundação.

- Percolação e vazamento
- Relação descarga-nível
- Aumentando ou diminuindo
- Turvação o e erosão interna (piping)
- Sólidos dissolvidos
- Localização e formato
- Temperatura
- Gosto
- Evidência de pressão
- Bolhas e



- Tempo de existência e duração

### **Drenagem:**

- Obstruções
- Precipitados químicos e depósitos
- Queda desimpedida e
- Crescimento de bactérias

### **Cavitação:**

- Picotamento de superfície
- Evidencia sonora
- Implosões e
- Bolsas de vapor

### **Tensões e deformações – evidências e indícios**

#### **□ No concreto:**

- Rachaduras
- Esmagamentos
- Deslocamentos
- Desvios
- Cisalhamentos e
- Fluência
- Estiramentos
- Contrações
- Dobramentos e
- Flambagens



□ **Na rocha e nos solos:**

- Rachaduras
- Deslocamentos
- Recalque
- Consolidação
- Afundamento
- Compressão e
- Zonas de alongamento e compressão

**7.11. LEVANTAMENTO DAS ENTIDADES CIVIS ORGANIZADAS**

Deverão ser cadastradas as entidades civis cujas atuações interfiram nos usos e preservação dos recursos hídricos, listado, no mínimo, as seguintes informações:

Nome e tipo de atuação

Localidades da atuação

Tempo de existência e

Composição/representatividade



MONTGOMERY WATSON



## **8. ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DA BARRAGEM**

---



## 8. ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DA BARRAGEM

### 8.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O objetivo da inspeção é identificar anomalias ou preocupações que afetem potencialmente a segurança da barragem. Assim, é importante inspecionar a superfície completa da área de um maciço. A técnica geral é caminhar sobre os taludes e o coroamento, tantas vezes quantas sejam necessárias, de forma a observar a superfície da área claramente.

De um determinado ponto sobre a barragem, pequenos detalhes podem usualmente ser vistos a uma distância de 3 a 10 metros em qualquer direção, dependendo da rugosidade da superfície, vegetação ou outras condições de superfície. Para que toda a superfície da barragem tenha sido coberta, serão necessários alguns passos a serem, cumpridos. Na verdade, não importa o tipo de trajetória que seja dada, o importante é que toda a superfície tenha sido coberta.

TRAJETÓRIAS	DESCRIÇÃO
Caminho em ziguezague	Caminhar subindo e descendo os taludes e atravessando a crista em diagonal
Caminho em paralelo ao eixo da barragem	Bom para pequenos barramentos

Em intervalos regulares, enquanto se caminha pelos taludes e coroamento, deve-se parar e olhar em todas as direções:

- observar a superfície a partir de diferentes perspectivas, o que pode revelar uma deficiência que poderia de outra forma não ter sido observada;
- verificar o alinhamento da superfície.

Observando o talude à distância, pode-se revelar um número de anomalias tais como: distorções nas superfícies do maciço, ausência de revestimento etc.





As áreas onde o aterro encosta-se às ombreiras deverão ser inspecionadas com muito cuidado, porque:

- estas áreas são suscetíveis à erosão superficial;
- freqüentemente aparecem percolações nos contatos mais sujeitos à percolação.

## **8.2. DETECTANDO ANOMALIAS**

- Tipos de anomalias mais comum de serem encontradas
- impacto das anomalias na segurança de uma barragem
- ações que devem ser tomadas quando identificadas as anomalias

## **8.3. TIPOS DE ANOMALIAS COMUMENTE ENCONTRADAS EM BARRAGENS**

As barragens estão sujeitas a alguns tipos de anomalias que incluem:

Percolações (Revenças)

Trincas ou fraturas

Instabilidade

Depressões:

- Recalques localizados
- Afundamentos

Má manutenção:

- Proteção inadequada do talude
- Erosão superficial
- Árvores e arbustos



- Tocas de animais

### 8.3.1. Percolações

A passagem da água pelo maciço e fundação é chamada de percolação.

A percolação torna-se um problema quando o solo do maciço ou da fundação é carregado pelo fluxo de água, ou quando ocorre um aumento de pressão na barragem ou na fundação. A percolação, quando não controlada pela drenagem interna incorporada na barragem e fundação, é geralmente chamada de percolação não controlada.

#### **a) Tipos de Controle de Percolação:**

**Drenos internos:** interceptam e descarregam o fluxo com segurança. Incluem o dreno de pé, o tapete horizontal e o dreno vertical (ou inclinado).

**Poços de alívio:** são instalados junto ao pé de jusante para reduzir os danos potenciais das subpressões dos materiais mais permeáveis subjacentes à camada menos permeável (argilosa). Tais subpressões podem acarretar erosão interna do material de fundação e instabilidade do maciço. Ajudam também a controlar a direção e a quantidade de fluxo sob a barragem.

#### **b) Problemas de Percolação:**

**Problemas de saturação:** aumento de poropressões e saturação no maciço e na fundação causa perda de resistência.

**Piping:** quando a erosão começa a remover material no ponto de saída, ela progride para a direção do reservatório, dando origem ao piping.

**Indicação de percolação:** áreas molhadas com excesso de vegetação.

O contato do maciço com a ombreira é especialmente favorável à percolação, porque o aterro próximo ao maciço às vezes é difícil de ser compactado.

**Ações de inspeção:**

- Localizar os pontos de revências
- Medir vazões e a turbidez
- Registrar a ocorrência de precipitação recente que possa afetar a medição e turbidez da água
- Anotar o nível do reservatório no momento da medição da vazão
- Aumento da vazão com a elevação do reservatório é preocupante

Pode-se usar corante para confirmar se o reservatório é a fonte da percolação (procedimento não-rotineiro).

**Caso haja saída de material:**

- Verificar a granulometria do material carregado
- Medir a vazão
- Comunicar em seguida à instância superior para avaliar a ameaça à integridade da barragem e as medidas corretivas a serem tomadas.

Medidores de vazão avermelhados podem indicar que material de aterro e fundação tem sido carregado. Pode tratar-se, no entanto, de material superficial carregado até a estrutura. Esta dúvida deve ser esclarecida.

**Se um dreno nunca funcionou:**

- Pode significar que o dreno foi projetado e instalado incorretamente;  
ou
- Ter sido colmatado (obstruído): o fluxo pode sair no talude de jusante, gerando problemas de instabilidade



### 8.3.2. Trincas:

As trincas no maciço se enquadram nas três categorias a seguir:

- Trincas de ressecamento (devido ao ressecamento e contração do solo)
- Trincas transversais
- Trincas longitudinais

#### **a) Trincas de Ressecamento**

Crista ou talude jusante

##### **Ações de inspeção:**

- Fotografar e registrar a localização, direção, profundidade, comprimento e largura
- Comparar com medições anteriores

#### **b) Trincas Transversais**

Perigosas, se prosseguem até o nível abaixo da cota de reservação, pois podem criar um caminho de percolação concentrado. Indicam a presença de recalques diferenciais dentro do aterro ou da fundação. Frequentemente ocorrem quando há:

- Material compactado do maciço sobre ombreiras íngremes e irregulares
- Zonas de materiais compressíveis na fundação

##### **Ações de inspeção:**

- Fotografar e registrar a localização, direção, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada



- Monitorar as mudanças nas trincas;
- Determinar a causa

### **c) Trincas Longitudinais**

Ocorrem na direção paralela ao comprimento da barragem. Podem indicar:

- Recalques desiguais entre materiais de diferentes compressibilidades no maciço
- Recalques excessivos e expansão lateral do maciço
- Começo de instabilidade do talude.
- Permitem a penetração de água no maciço. Quando a água penetra no maciço, a resistência do material junto à trinca é diminuída. A redução da resistência pode acelerar o processo de ruptura do talude.

### **Ações de inspeção:**

- Fotografar e registrar a localização, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada
- Monitorar as mudanças nas trincas
- Determinar a causa

### **8.3.3. Instabilidade de Taludes**

É referida aos vários deslizamentos, deslocamentos e pode ser agrupada em duas categorias:

- Ruptura superficial
- Ruptura profunda



### **a) Ruptura Superficial**

**Talude de montante:** rebaixamento rápido com deslizamentos superficiais. Não causam ameaça à integridade da barragem, mas podem causar obstrução da tomada de água e deslizamentos progressivos mais profundos.

**Talude de jusante:** deslizamentos rasos provocam aumento na declividade do talude e podem indicar perda de resistência do maciço, por saturação do talude, por percolação ou pelo fluxo superficial.

#### **Ações de inspeção:**

- Fotografar e registrar a localização, direção, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada
- Medir e registrar a extensão e deslocamento do material movimentado
- Procurar por trincas nas proximidades, especialmente acima do deslizamento
- Verificar percolações nas proximidades
- Monitorar a área para determinar se as condições estão evoluindo

### **b) Ruptura profunda**

É séria ameaça à integridade da barragem. É caracterizada por:

- Talude de deslizamento íngreme bem definido
- Movimento rotacional e horizontal bem definido
- Trincas em formato de arco



### **Ações de inspeção:**

As rupturas profundas, tanto no talude de montante como de jusante, podem ser indicações de sérios problemas estruturais. Na maioria dos casos, irá requerer o rebaixamento ou drenagem do reservatório para prevenir possíveis aberturas do maciço.

### **Se há suspeita de deslizamento, deve-se:**

- Inspeccionar com muito cuidado a área trincada ou escorregada que indique a causa do deslizamento
- Recomendar uma investigação para determinar a magnitude e a causa do evento, caso a suspeita seja de ruptura profunda
- Recomendar o rebaixamento do reservatório

#### 8.3.4. Depressões

Podem ser localizadas ou abrangentes.

Podem ser causadas por recalque no maciço ou fundação. Tais recalques podem resultar na redução da borda livre (folga) e representa um potencial para o transbordamento da barragem durante o período das cheias.

A ação das ondas no talude de montante pode remover o material fino do maciço ou a camada de apoio (transição) do rip-rap, descalçando-o e formando uma depressão quando o rip-rap recalca sobre o espaço vazio.

Erosão regressiva ou piping com o subsequente colapso do material sobrejacente.

Algumas áreas da superfície do maciço que pareçam depressões ou afundamentos podem ter sido resultado de finalização inadequada da construção, mas, mesmo assim, a causa deve ser determinada.

As depressões podem ser de dois tipos:



- Os **recalques localizados**, que apresentam inclinações suaves em formato de bacia
- Os **afundamentos** (sinkholes), que apresentam lados íngremes por colapso (cisalhamento) devido a um vazio no solo subjacente

### **Ações de inspeção:**

**Recalques localizados:** embora os recalques, na maioria dos casos, não representem perigo imediato para a barragem, eles podem ser indicadores iniciais de outros sérios problemas. A inspeção deverá:

- Fotografar e registrar a localização, tamanho e profundidade de cada recalque observado
- Examinar, cuidadosamente, o fundo da depressão localizada para determinar se existe um vazio subjacente ou fluxo de água que poderia indicar a presença de um afundamento

### **Afundamentos:**

- Examinar cuidadosamente o fundo da depressão localizada para determinar se existe um grande vazio subjacente
- Fotografar e registrar a localização, tamanho e profundidade do afundamento observado
- Investigar a causa do afundamento e determinar se existe ameaça à barragem

#### 8.3.5. Anomalias Afetadas Pela Falta de Manutenção:

Manutenção inclui medidas de rotina a serem tomadas para proteger e manter a barragem. As anomalias associadas à manutenção inadequada incluem:

- Proteção inadequada de taludes





- Erosão superficial
- Crescimento de vegetação (não apropriado)
- Tocas de animais.

### **a) Proteção inadequada de Taludes**

A proteção dos taludes existe para prevenir a erosão dos mesmos Na barragem existente dois tipos básicos

- Rip-rap
- O Proteção Com cascalho e/ou “fundo de pedreira”.

#### **Rip-rap**

Basicamente é utilizado na proteção dos taludes de montante e é formado por duas camadas de materiais:

- Camada(s) interna(s): filtro ou transição formado por brita granulometria controlada para prevenir a perda de solo do maciço através dos vazios do enrocamento
- Camada externa: formada por pedras de tamanhos suficientes para não serem carregadas pelas ondas do reservatório.

#### **Proteção com material granular**

As falhas podem ocorrer por falta de compactação do material do talude e/ou por deficiência da drenagem superficial.

#### **Ações de inspeção:**

- Verificar se a proteção é adequada o bastante para prevenir erosão
- Procurar formação de praias, taludes íngremes e degradação da proteção

**Se a proteção for considerada inadequada:**

- Registrar e fotografar a área
- Determinar a quantidade de material removido
- Reparar a proteção inadequada

**b) Erosão superficial**

É um dos problemas de manutenção mais comuns de estruturas de aterros. Se não for corrigida a tempo, podem tornar-se problema muito sério.

Erosões profundas:

- Causam trincas e brechas no coroamento
- Encurtam o caminho de percolação devido à redução da seção transversal da barragem

**c) Árvores e arbustos**

O crescimento de árvores e arbustos, tanto nos taludes de montante e jusante quanto na área imediatamente à jusante da barragem, deve ser prevenido pelas seguintes razões:

- Permite o levantamento e inspeção das estruturas e áreas adjacentes visando observar percolação, trincas, afundamentos, deflexões, mal funcionamento do sistema de drenagem e outros sinais de perigo
- Permite acesso adequado às atividades de operação normal e de emergência e manutenção
- Previne danos às estruturas devido ao crescimento das raízes, tais como encurtamento do caminho de percolação, vazios no maciço pela decomposição de raízes ou arrancamento de árvores, expansão de



juntas nos muros de concreto, canais ou tubulações, entupimento de tubos perfurados de drenagem

- Desencoraja as atividades (pela eliminação da fonte de alimentação e habitat) de animais visando prevenir tocas dentro do maciço e possíveis caminhos de percolação.

#### **d) Tocas de animais**

Podem até levar à ruptura da barragem por erosão interna (piping) quando passagens ou ninhos de animais:

- Fazem a conexão do reservatório com o talude de jusante ou o encurtamento dos caminhos de percolação
- Penetram no núcleo central da barragem
- Buracos rasos ou confinados num lado do aterro, ou tocas na parte inferior do talude, onde a seção transversal é extensa, são menos perigosos do que buracos em seções mais estreitas.

#### **Ações de inspeção:**

- Procurar por evidências de percolação provenientes de tocas no talude de jusante ou na fundação
- Local e registrar a profundidade estimada das tocas para comparar com as futuras inspeções a fim de verificar se o problema está evoluindo
- Se representar perigo para a barragem, remover e erradicar as tocas



MONTGOMERY WATSON



## **9. MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO**

---



## 9. MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO

A seguir apresenta-se um modelo de lista para a inspeção da Barragem Umari, a ser efetuada por pessoal devidamente treinado. Sugere-se que a periodicidade da inspeção indicada seja semestral ou gerando observadas comportamentos anormais como surgências, erosões, elevação rápida do nível a água no reservatório etc....

### DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL

Barragem:	
Empreendimento:	
Região:	
Vistoriado por:	
Data da vistoria:	
Estado operacional da vistoria	
Superfície da água no reservatório	Ha
Armazenamento no reservatório	m <sup>3</sup>
Nível máximo de operação - cota	m
Cota máxima da superfície da água no reservatório	m
Nível máximo histórico do reservatório	m
Barramento	
Tipo	
Altura	m
Comprimento da Crista	m
Descargas	
Sangradouro	m <sup>3</sup> /s
Obras de restituição	m <sup>3</sup> /s
Canal	m <sup>3</sup> /s
Tomada D'Água	m <sup>3</sup> /s

**LISTA PARA INSPEÇÃO FORMAL DA BARRAGEM**

Legenda:

SITUAÇÃO:
NA – Não Aplicável
NE – Não Existente
PV – Primeira Vez
DS – Desapareceu
DI – Diminuiu
PC – Permaneceu Constante
AU – Aumentou
NI – Não Inspeccionado (Justificar)

NÍVEL DE PERIGO; (NP) (*)
0 – Nenhuma
1 – Atenção
2 – Alerta
3 – Emergência

(\*) NÍVEL DE PERIGO

0. Nenhum: anomalia que não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação;
1. Atenção: anomalia que não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;
2. Alerta: anomalia com risco à segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema;
3. Emergência: risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO									NP	CAUSA
<b>A. INFRAESTRUTURA OPERACIONAL</b>											
Falta de documentação sobre o açude	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Falta de treinamento do (indicar o órgão responsável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
Falta de acompanhamento da gerência do (indicar o órgão responsável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI			
<b>Comentários:</b>											



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B. BARRAGEM</b>										
<b>B.1 TALUDE DE MONTANTE</b>										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Arvores e arbustos	NA	NE	P V	DS	D!	PC	AU	NI		
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	P) I	PC	AU	NI		
Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	D S	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.2 COROAMENTO</b>										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Arvores e arbustos	NA	NE	P V	DS	D!	PC	AU	NI		
Defeitos na drenagem	NA	NE	PV	DS	P) I	PC	AU	NI		
Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	D S	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ameaça de lavar barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.3 TALUDE DE JUSANTE</b>										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de Proteção Granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou defeitos no revestimento	NA	NE	P V	DS	D!	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	P) I	PC	AU	NI		
Arvores e arbustos	NA	NE	PV	D S	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de revência ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.4 REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM</b>										
Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Revenda	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.5 INSTRUMENTAÇÃO</b>										
Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Medidores de nível do reservatório defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										





LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>C. SANGRADOURO</b>										
<b>C.1 Canais de Aproximação e Restituição</b>	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Arvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras ao concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na área a jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construção irregulares (aterro/estrada casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>D. Reservatório</b>										
Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desmoronamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Pesca predatória	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>E. Tomada D'água</b>										
<b>E.1 BOCA DE ENTRADA E STOP-LOG</b>										
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem exposta na estrutura de concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Estrutura do stop-log (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito no acionamento do stop-log	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito no Ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>E.2 Galeria</b>										
Corrosão e vazamentos na tubulação										
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos nas juntas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deformação do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Precariedade de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Vazamento nos Dispositivos de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgência de água junto à galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de pedras, lixo dentro da Galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>E.3 Estrutura de Saída</b>										
Corrosão e vazamentos na tubulação										
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ruídos estranhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito nos Dispositivos de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência nas instruções de operação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Precariedade de acesso (árvores e arbustos)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Vazamento nos Dispositivos de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construções irregulares	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de pedras, lixo dentro da caixa de válvulas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no concreto										
Defeitos na grade de proteção										
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>F. Medidor de Vazão</b>										
Ausência da placa medidora de vazão										
Defeitos no concreto Corrosão da placa	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de escala de leitura de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Assoreamento da câmara de medição	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>G. Estradas de Acesso</b>										
Estado do Pavimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obras de Arte	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		

**OUTROS PROBLEMAS EXISTENTES**

Comentários:

**SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES**

Comentários:

**OBSERVAÇÕES:**

A inspeção aqui sugerida deve ser efetuada por pessoal devidamente treinado. Sugestão de periodicidade: semestral ou quando observados comportamentos anormais como surgências, erosões, elevação rápida do nível da água no reservatório etc.

**Consórcio**

---



**MONTGOMERY WATSON**

