

MANUAL DO EMPREENDEDOR



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE



REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

1. Resultado de Inspeção de Segurança Especial da barragem;
2. Reavaliação do projeto existente;
3. Atualização das séries e estudos hidrológicos e com a capacidade dos órgãos de descarga;
4. Reavaliação dos procedimentos instrumentação e auscultação;
5. Reavaliação do Plano de Ação de Emergência- PAE;
6. Revisão dos relatórios das Revisões Periódicas anteriores;
7. Considerações sobre reavaliação da classificação quanto à Categoria de Risco e quanto ao Dano Potencial Associado;
8. Conclusões sobre a segurança da barragem;
9. Recomendações de melhorias a implementar para reforço da segurança da barragem;
10. Estimativa preliminar dos custos e prazos para implantação das recomendações;

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Resumo Executivo, contendo:

- a) Identificação da barragem e empreendedor;
- b) Identificação do Responsável Técnico pela Revisão Periódica;
- c) Período de realização do trabalho;
- d) Listagem dos estudos realizados;
- e) Conclusões;
- f) Recomendações;
- g) Plano de ação de melhorias e cronograma de implantação das ações indicadas no trabalho.


O Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, compreende oito guias, constituintes dos seguintes volumes:

- 


Volume I – Instruções para Apresentação do Plano de Segurança da Barragem, no qual se apresenta um modelo padrão e respectivas instruções para elaboração do Plano de Segurança da Barragem.

- 


Volume II – Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem, no qual se estabelecem procedimentos, conteúdo e nível de detalhamento e análise dos produtos finais das inspeções de segurança.

- 

Volume III – Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, no qual se estabelecem orientações para a realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

- 

Volume IV – Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência (PAEs), no qual se apresentam o conteúdo e organização de um PAE.

- 

Volume V – Diretrizes para a Elaboração de Projetos de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser contemplados nos projetos, do ponto de vista da segurança.

- 

Volume VI – Diretrizes para a Construção de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser respeitados, de forma a garantir a segurança das obras durante e após a construção.

- 

Volume VII – Diretrizes para a Elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais para a elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação,

- 

Volume VIII – Guia Prático de Pequenas Barragens, no qual se descrevem procedimentos práticos de operação, manutenção, inspeção e emergência para pequenas barragens de terra.

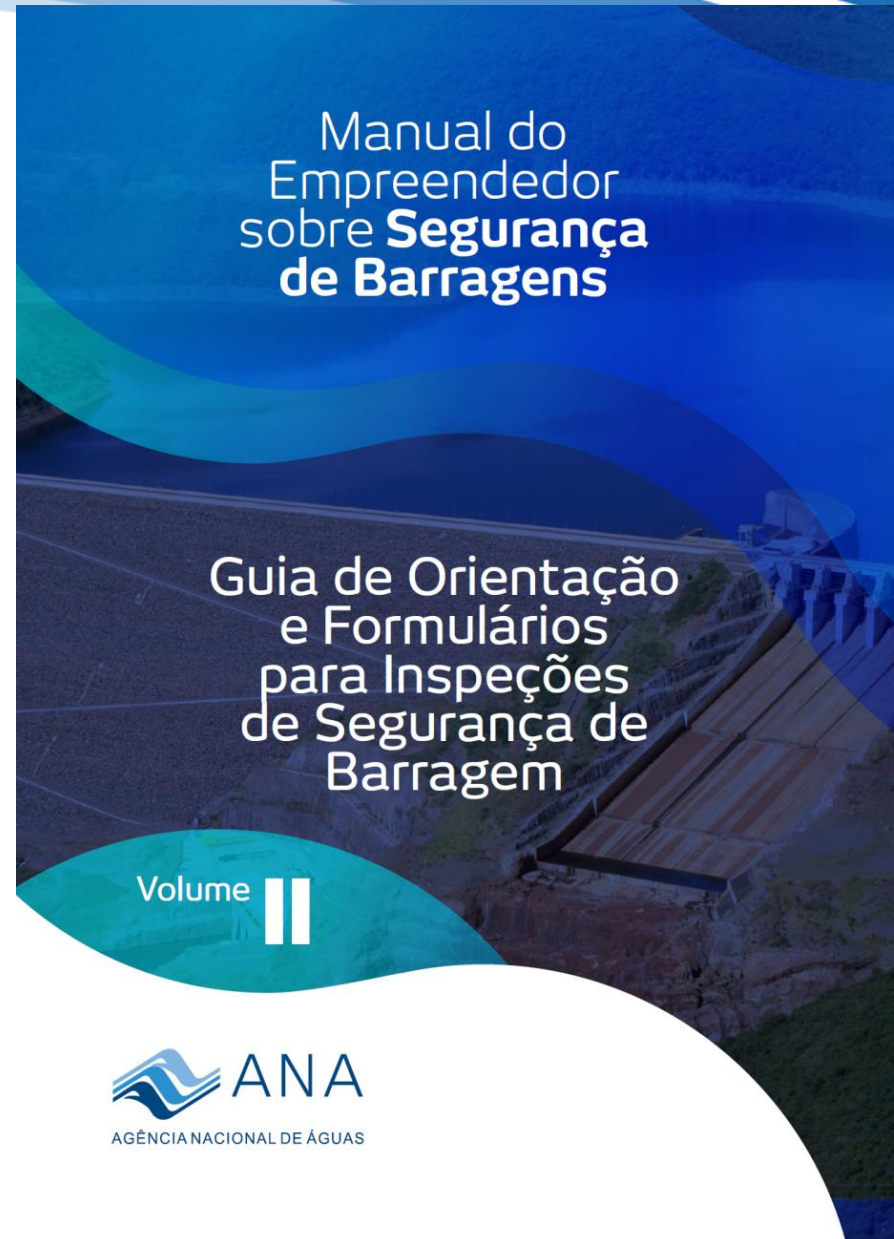
Manual do
Empreendedor
sobre **Segurança
de Barragens**

Guia de Revisão
Periódica de
Segurança de
Barragem

Volume III

GUIA PARA INSPEÇÕES DE SEGURANÇA

PLANEJAMENTO DA INSPEÇÃO



Volume II

ENVELHECIMENTO DAS BARRAGENS

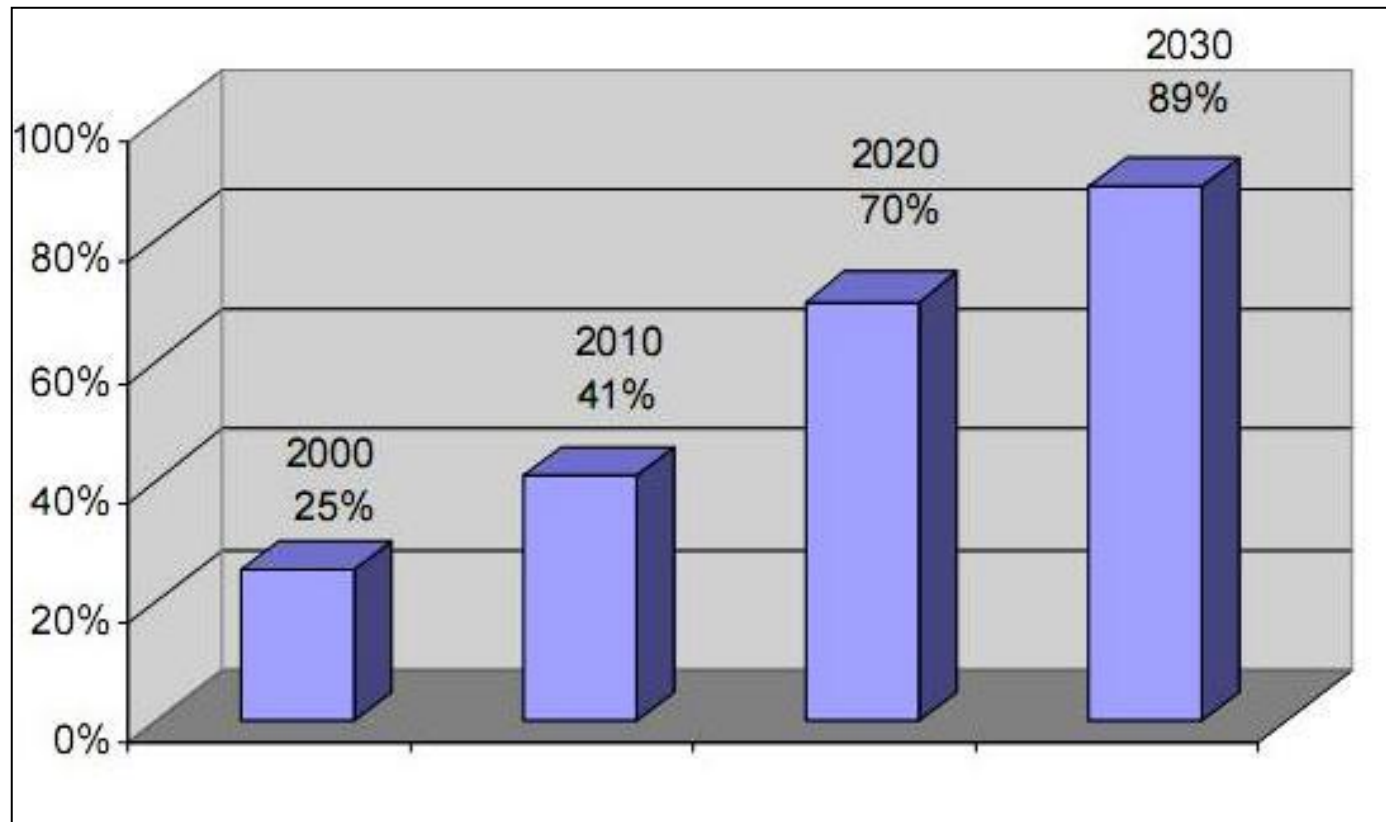
- As Barragens, como todas as estruturas feitas pelo homem, sofrem alterações ao longo do tempo, necessitando de manutenção periódica, tal como todas as obras de engenharia.
- A Engenharia e a medicina têm como uma das missões fundamentais adiar essas ocorrências fatais para uma data aceitável. (Betâmio de Almeida)

FATORES EMERGENTES

- ✓ Envelhecimento das barragens.
- ✓ Alterações hidrológicas e das condições de exploração.
- ✓ Mudanças climáticas globais.
- ✓ Tendência crescente da ocupação dos vales jusante.
- ✓ Sociedades mais litigiosas e exigentes.
- ✓ Intervenção progressiva de seguros.

SEGURANÇA E RISCO NOS VALES A JUSANTE

- As *Barragens*, como todas as estruturas feitas pelo homem, sofrem alterações ao longo do tempo, necessitando de manutenção periódica.



PORCENTAGEM DE BARRAGENS COM MAIS DE 50 ANOS - USA

PERIODICIDADE

Periodicidade das Inspeções de Segurança Regulares em função da Categoria de Risco e do Dano Potencial

ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011

ANEEL – Resolução Normativa Nº 696, Dez/15

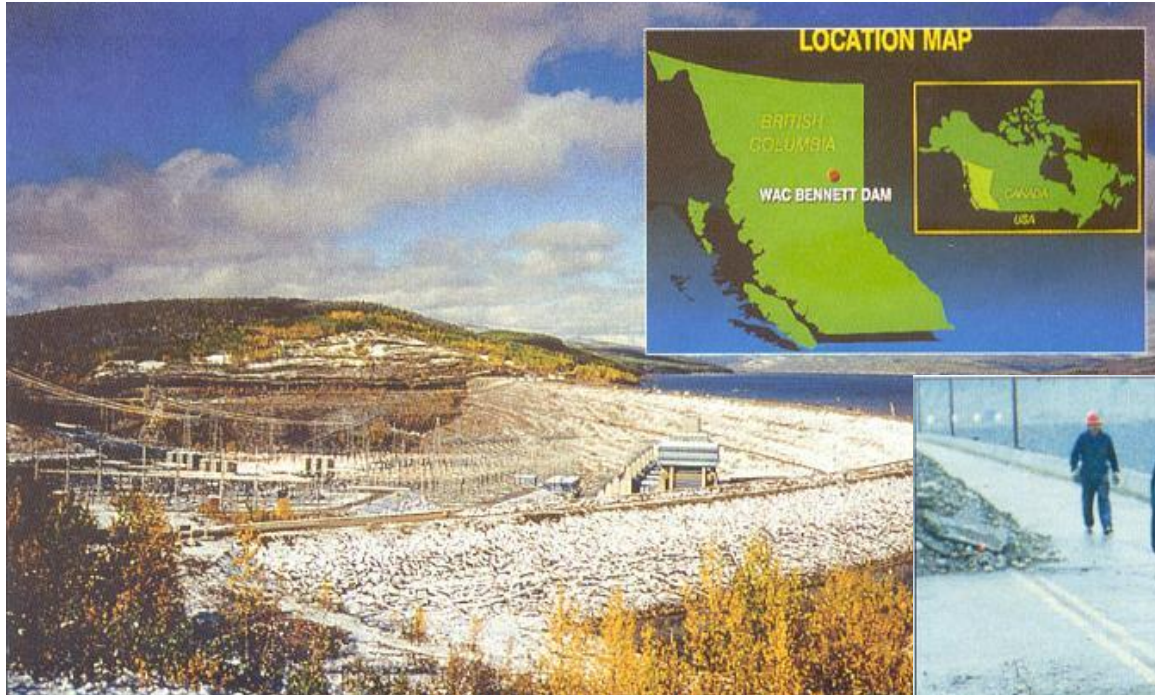
CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	SEMESTRAL	SEMESTRAL	SEMESTRAL
MÉDIO	SEMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
BAIXO	ANUAL	ANUAL	BIANUAL

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	SEMESTRAL	ANUAL	ANUAL
MÉDIO	ANUAL	BIANUAL	BIANUAL
BAIXO	ANUAL	BIANUAL	BIANUAL

Periodicidade da RPS – Revisão Periódica de Segurança– Resolução Normativa Nº 696, Dez/2015).

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A (5 anos)	B (7 anos)	B (7 anos)
MÉDIO	B (7 anos)	C (10 anos)	C (10 anos)
BAIXO	B (7 anos)	C (10 anos)	C (10 anos)

SINK HOLE

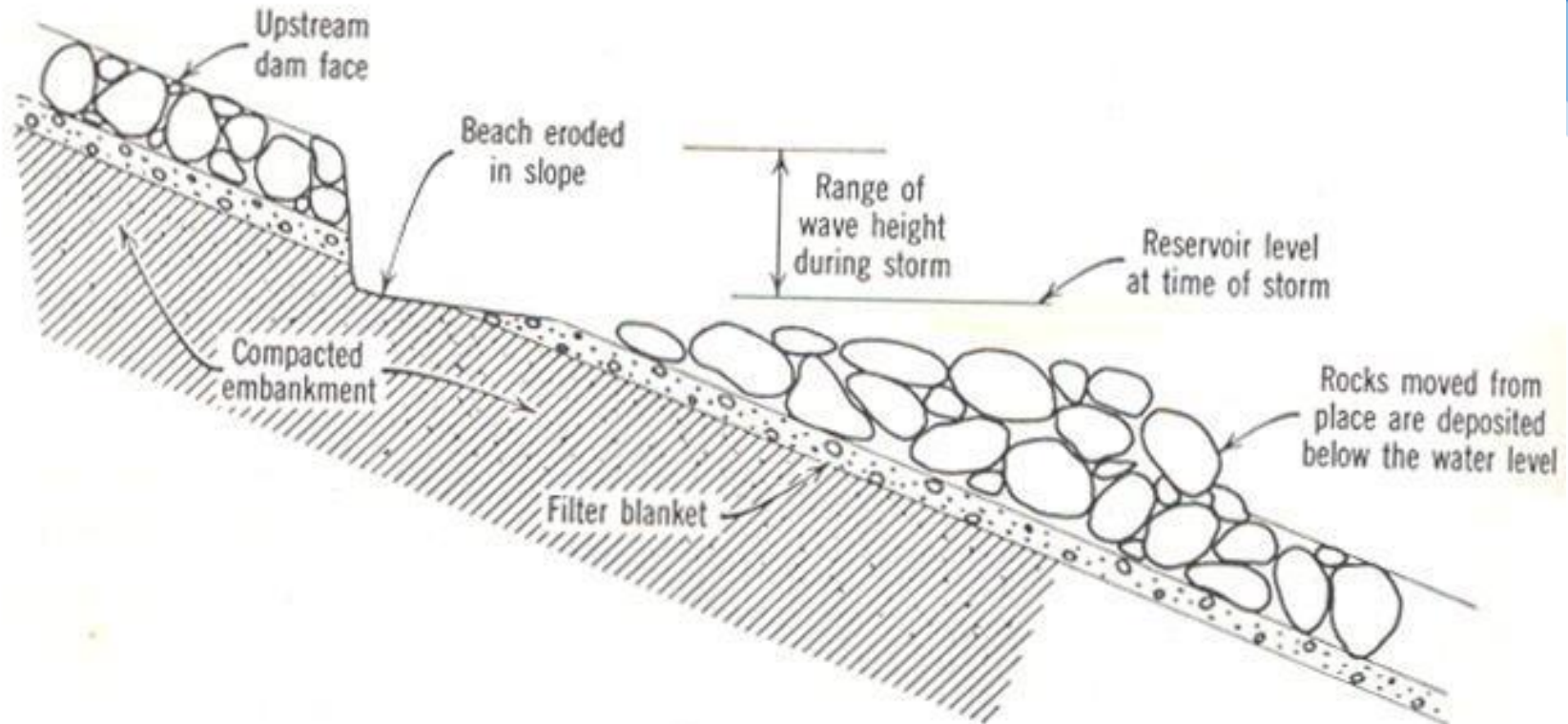


Vista geral da barragem de Bennet - Província de British Columbia.

Piping junto à tubulação de instrumentação.



SINK HOLE



Com o passar do tempo, a erosão e a ação de ondas agrirem o rip-rap, o qual acaba sofrendo danos e ficando com cobertura irregular, expondo o talude de montante a risco de erosão.

DESAGREGAÇÃO BLOCOS RIP-RAP

**Fraturamento intenso dos
bloco de rocha**



**Desagregação da rocha
em material fino (solo)**

ESTUDOS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS

- Documentos de projeto: desenhos, especificações e memoriais de cálculo;
- Métodos construtivos e controle de qualidade;
- Relatórios das inspeções de segurança anteriores;
- Análise dos dados da instrumentação;
- Relatórios de operação e manutenção;
- Plano de Ação e de Emergência – PAE (eventual);
- Eventuais medidas corretivas já implementadas.

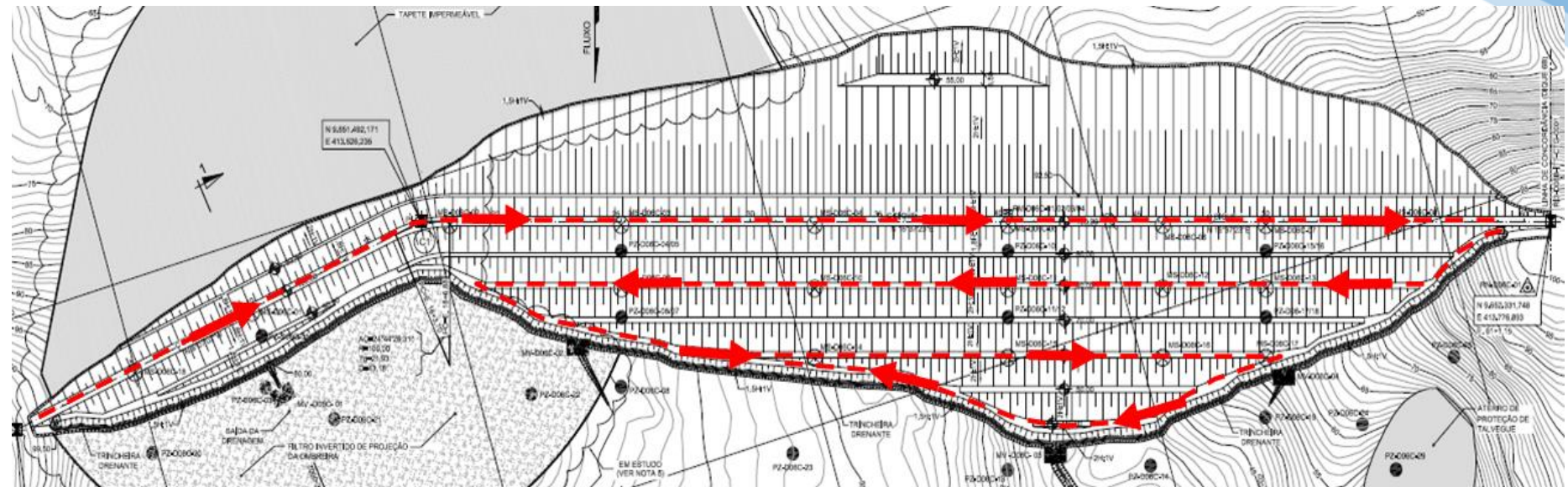
RECURSOS NECESSÁRIOS

Destacam-se como equipamentos a serem levados nas inspeções de campo, sejam elas “Periódicas”, “Regulares”, “Formais” ou “Especiais”, os seguintes:

- Caderno de anotações e caneta;
- Câmera fotográfica;
- Trena (2,0 a 5,0 m);
- Lanterna para as galerias;
- Canivete;
- Fissurômetro;
- Paquímetro;
- GPS ou drone (eventual);
- Caixa de primeiros socorros.

ROTEIRO DAS INSPEÇÕES

A inspeção no campo tem por objetivo identificar anomalias ou condições que possam afetar a segurança da barragem.



A técnica usual é caminhar ao longo da crista da barragem, bermas de jusante, pé de jusante e ombreiras.

CHECK-LIST

RESERVATÓRIO

4. RESERVATÓRIO (Foto 4.1)	SIM	NAO	NM	NI	NR	NMp	FOTO
4.1. Vegetação flutuante	X						4.1A.2
4.2. Troncos flutuantes		X					
4.3. Assoreamento (*)	X						
4.4. Distância "Egich" inferior 1 km	X						
4.5. Fortes ondas		X					

NM: Necessita monitoramento, NI: Necessita investigação, NR: Necessita reparo(s), NMp: Necessita mapeamento.

OBS.: (*) Julga-se que há assoreamento pelo fato da usina estar em operação há 57 anos, porém o mesmo não aparenta ser muito expressivo. Vegetação aquática ocorre apenas nas proximidades das margens do reservatório (Foto 4.2).



Foto 4.1 - Vista aérea do reservatório tirada em 2005.



Foto 4.2 - Vista geral do reservatório mostrando região com vegetação, junto à margem esquerda.

RIP-RAP

1. CRISTA DA BARRAGEM e RIP-RAP	SIM	NAO	NM	NI	NR	NMp	FOTO
1.1. Desagregação de blocos de rocha		X					1.1A.2
1.2. Deslçamento de blocos sob efeito de ondas		X					1.2
1.3. Depressão ou sinkholes		X					
1.4. Indício de instabilidade no talude de montante		X					
1.5. Fissuras longitudinais ou transversas		X					
1.6. Desalinhamento ao longo da crista		X					
1.7. Postes inclinados		X					
1.8. Erosão superficial		X					
1.9. Focos de animais		X					
1.10. Vegetação (arbuscos, pequenas árvores)		X					

NM: Necessita monitoramento, NI: Necessita investigação, NR: Necessita reparo(s), NMp: Necessita mapeamento.

OBS.: Não se observou qualquer indício de movimentação de blocos de rocha sob o efeito de ondas.



Foto 1.1 - Vista geral do rip-rap a montante.



Foto 1.2 - Detalhe ilustrando o bom estado dos blocos de rocha.

CRISTA DA BARRAGEM

1. BARRAGEM DE TERRA (Foto 1.1)	SIM	NAO	NM	NI	NR	NMp	FOTO
1.1. Depressão ao longo da crista		X					1.2
1.2. Erosão do rip-rap (*)		X					1.3
1.3. Desagregação de bloco de rocha no rip-rap		X					1.4
1.4. Tínicas na superfície		X					1.5
1.5. Toca de animais		X					1.6
1.6. Existência de cupinzeiro/formigueiro		X					1.8
1.7. Limpeza a jusante do pé da barragem		X					1.7
1.8. Boa drenagem na várzea		X					1.7
1.9. Identificação dos instrumentos		X					1.8
1.10. Limpeza na região dos piezômetros		X					1.8

NM: Necessita monitoramento, NI: Necessita investigação, NR: Necessita reparo(s), NMp: Necessita mapeamento.

OBS.: (*) Em bom estado o estado do rip-rap. Seria de grande valia a existência de um sistema de estações ao longo da crista da barragem. A existência de água na várzea a jusante é ruim, não permitindo a observação das vazões de drenagem através da barragem.



Foto 1.1 - Vista geral da barragem com o Vertedouro a direita.



Foto 1.2 - Vista ao longo da crista da barragem.

1. TALUDE DE JUSANTE	SIM	NAO	NM	NI	NR	NMp	FOTO
1.11. Erosão superficial		X					1.3/1.4
1.12. Cobertura inadequada		X					
1.13. Fissuras longitudinais ou transversas		X					
1.14. Indícios de instabilidade do talude de jusante		X					
1.15. Depressão ou sinkholes		X					
1.16. Áreas encharcadas na região da várzea		X					
1.17. Cobertura vegetal em bom estado		X					1.3/1.4
1.18. Toca de animais		X					
1.19. Vegetação excessiva nas ombreiras		X					
1.20. Existência de cupinzeiro/formigueiro		X					

NM: Necessita monitoramento, NI: Necessita investigação, NR: Necessita reparo(s), NMp: Necessita mapeamento.

OBS.: Nas proximidades da antiga estação de bombeamento observa-se a tubulação com surgência d'água junto ao pé da barragem, havendo necessidade de monitoramento desta vazão ao longo do tempo.



Foto 1.3 - Talude de jusante em boas condições de limpeza, mas com falhas no gramado.



Foto 1.4 - Outro local de falha no gramado de proteção superficial.



Foto 1.5 - Poço do de água junto ao pé da barragem, nas proximidades do O.D.



Foto 1.6 - Detalhe de tubulação que sai do poço, que deverá ser cortada, para que se possa medir as vazões.

11. PIEZÔMETROS (Foto 11.1)	SIM	NAO	NM	NI	NR	NMp	FOTO
11.1. Manutenção adequada		X					
11.2. Boa proteção		X					
11.3. Acesso adequado		X					
11.4. Limpeza adequada		X					11.1
11.5. Identificação adequada		X					
11.6. Instrumento em boa condição		X					

NM: Necessita monitoramento, NI: Necessita investigação, NR: Necessita reparo(s), NMp: Necessita mapeamento.

OBS.: Está faltando limpeza da vegetação junto aos piezômetros de fundação.



Foto 11.1 - Piezômetro com vegetação excessiva no entorno.

PARAMENTO DE JUSANTE

INSTRUMENTAÇÃO

CHECK-LIST

	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
7.1. Câmara de carga (Foto 7.1)							
7.2. Superfície lateral com infiltrações	X						7.2.7.3
7.3. Junta vertical muito aberta (*)	X						7.2.7.5
7.4. Desbarratamento de concreto	X						
7.5. Exposição da armadura	X						
7.6. Carbonatação	X						
7.7. Assombramento	X						
7.8. Largas grades em bom estado	X						7.6

NIR: Necessário monitoramento; NI: Necessária investigação; N/R: Necessário reparos; N/MP: Necessário mapeamento.

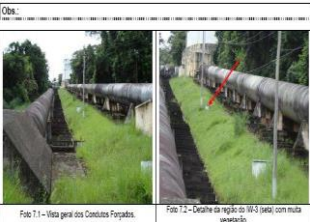
Obs.: (*) Na junta vertical a jusante, entre as estruturas de concreto na saída dos condutos e a estrutura em blocos aglomerados, constatou-se um grande assombramento lateral, indicando um adernamento da estrutura de concreto para jusante.



CAMARA DE CARGA

CONDUTOS FORÇADOS

	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
7.1. Vibração excessiva	X						
7.2. Juntas bem vedadas	X						
7.3. Paralisa de vazamento	X						
7.4. Condição superficial	X						
7.5. Índices de movimentação	X						
7.6. Vegetação em excesso na lateral	X						
7.7. Condição de apoio e blocos de ancoragem							
7.7.1. Fissuras superficiais	X						
7.7.2. Carbonatação	X						
7.7.3. Índices de movimentação	X						
7.7.4. Base da estrutura em bom estado	X						



	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
4. Disposição satisfatória	X						
4.2. Juntas entre blocos dimensionadas	X						4.24.3
4.3. Juntas com desbarratamento dimensional	X						
4.4. Desbarratamento de concreto	X						4.2
4.5. Assombramento	X						
4.6. Escorregamento talude	X						
4.7. Blocos de rochas instáveis	X						
4.8. Vegetação excessiva nas margens	X						
4.9. Escudo das margens	X						
4.10. Capacidade lateral em bom estado	X						4.514.6

NIR: Necessário monitoramento; NI: Necessária investigação; N/R: Necessário reparos; N/MP: Necessário mapeamento.

Obs.: No dia da inspeção, a usina foi paralisada para realizar os testes com corante na região da T.A. desbarratado, assim como o canal adutor. Ficou-se observando o bom estado do concreto das paredes, assim como das juntas de contração entre blocos (Foto 4.3).



CANAL ADUTOR

	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
9.1. Superfície do concreto	X						
9.2. Deslocamento superficial	X						
9.3. Fissuração	X						
9.4. Exposição da armadura	X						
9.5. Cracks em bom estado	X						
9.6. Sistema de limpeza adequado	X						9.20.1
9.7. Infiltração no fundo do canal lateral	X						
9.8. Capacidade de carga para infiltração	X						

NIR: Necessário monitoramento; NI: Necessária investigação; N/R: Necessário reparos; N/MP: Necessário mapeamento.

Obs.: Foram realizadas durante esta inspeção ensaios com corante no canal da T.A., podendo-se observar o bom estado da estrutura de concreto em sua maior extensão. Os testes foram realizados com corante injetado no local em junta, perto do fundo do canal, que está alimentando a surgebacia a jusante, conforme pode-se observar nas fotos a seguir.



TOMADA D'ÁGUA

VERTEDOURO

	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
2.1. Desbarratamento ao longo da cresta	X						2.2
2.2. Recalque diferencial entre blocos	X						
2.3. Juntas danificadas	X						
2.4. Superfície do concreto	X						
2.4.1. Deslocamento superficial	X						
2.4.2. Fissuração (*)	X						2.3
2.4.3. Exposição dos agregados (**)	X						2.412.5
2.4.4. Exposição da armadura	X						
2.4.5. Infiltrações a jusante	X						2.42.51.6
2.4.6. Escudo na Bacia de Dissipação (***)	X						2.71.8

NIR: Necessário monitoramento; NI: Necessária investigação; N/R: Necessário reparos; N/MP: Necessário mapeamento.

Obs.: (*) Observaram-se algumas fissuras nos controrfios a jusante, mas tratam-se de fissuras antigas sem qualquer tendência de evolução. (**) Exposição dos agregados pela falta de pasta, mas não pela ação de erosão superficial devido ao fluxo de água. (***) Ajuste da Bacia de Dissipação houve certa erosão no talude esquerdo, entre 2005 e 2008.



CASA DE FORÇA

	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
6.1. Deslocamento diferencial entre blocos	X						
6.2. Infiltrações internas	X						6.4
6.3. Fissuras nas paredes	X						
6.4. Fissuras no piso da sala dos geradores	X						
6.5. Estado do reboco	X						
6.6. Cobertura em bom estado	X						6.2
6.7. Bom estado dos equipamentos	X						
6.8. Impermeabilização no piso da C.F.	X						

NIR: Necessário monitoramento; NI: Necessária investigação; N/R: Necessário reparos; N/MP: Necessário mapeamento.

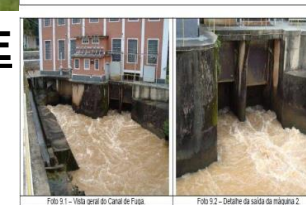
Obs.: O estado geral das obras civis da Casa de Força é muito bom, tendo em vista que a usina foi submetida recentemente a obras gerais de recuperação e reabilitação. Destaca-se apenas a ocorrência de infiltrações junto ao piso inferior das unidades (Foto 6.4), porém de baixa intensidade.



	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
9.1. Instabilidade talude natural	X						
9.2. Movimentação/Inclinação das paredes	X						
9.3. Erosão superficial	X						
9.4. Blocos de rochas instáveis no talude	X						
9.5. Erosão nas margens	X						
9.6. Assombramento	X						
9.7. Preencha de vegetação em excesso	X						
9.8. Vibração excessiva	X						

NIR: Necessário monitoramento; NI: Necessária investigação; N/R: Necessário reparos; N/MP: Necessário mapeamento.

Obs.: O concreto apresentou-se em bom estado na região exposta do Canal de Fuga.



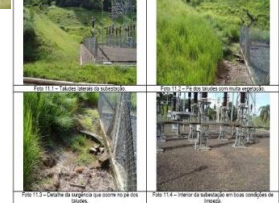
CANAL DE FUGA

SUBESTAÇÃO

	SIM	NÃO	NM	NI	NIR	N/MP	FOTO
11.1. Localização	X						11.3
11.2. Lote de acúmulo de água	X						11.4
11.3. Vegetação em excesso e/ou crescimento	X						11.5
11.4. Vegetação em excesso e/ou crescimento	X						11.6
11.5. Bom condições de drenagem do piso	X						
11.6. Drenagem lateral adequada	X						
11.7. Faltas instaladas nas proximidades	X						
11.8. Bom condições de drenagem dos taludes	X						
11.9. Equipamento em bom estado	X						
11.10. Aterro adequado	X						

NIR: Necessário monitoramento; NI: Necessária investigação; N/R: Necessário reparos; N/MP: Necessário mapeamento.

Obs.: Na Foto 11.3 pode-se observar o local de uma surgebacia que ocorre perto ao pé dos taludes da montante e leste expostos da Subestação.



QUALIFICAÇÃO DOS INSPETORES

- ✓ A inspeção regular deve ser realizada em datas específicas, em função da classificação de risco e dano potencial. São geralmente realizadas semestralmente ou anualmente;
- ✓ Deve ser realizada por equipe local de Engenheiros e Geólogos, com assessoria externa no caso de grandes usinas, com recolhimento de ART junto ao CREA local;
- ✓ Os resultados dessas inspeções deverão ser registrados em um Parecer Técnico, que venha a apresentar os resultados das inspeções e uma avaliação das condições de segurança da barragem. Conclusões e Recomendações ao final.

INSPEÇÃO VISUAL

RESERVATÓRIO

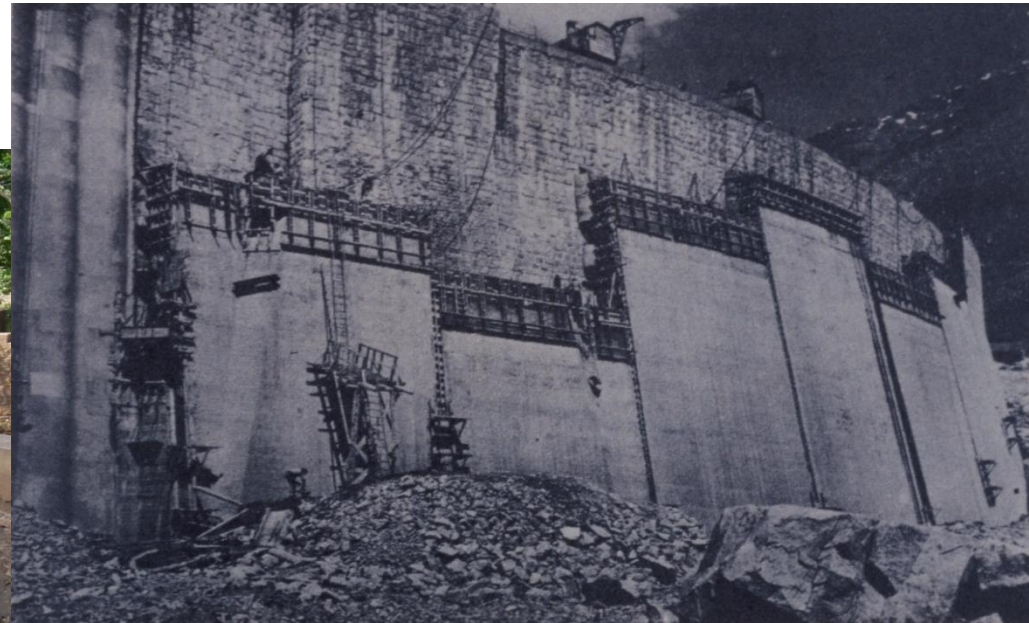
- Materiais flutuantes
- Muita vegetação nas margens
- Água muito turva
- Indícios de assoreamento
- *Log-boom* em boas condições



INSPEÇÃO VISUAL

PARAMENTO DE MONTANTE

- Deslocamento pronunciado entre blocos
- Junta de vedação danificada entre blocos
- Desgaste superficial do concreto
- Fissuras superficiais ($e > 0,5$ mm)
- Exposição do agregado
- Exposição da armadura



INSPEÇÃO VISUAL

CRISTA

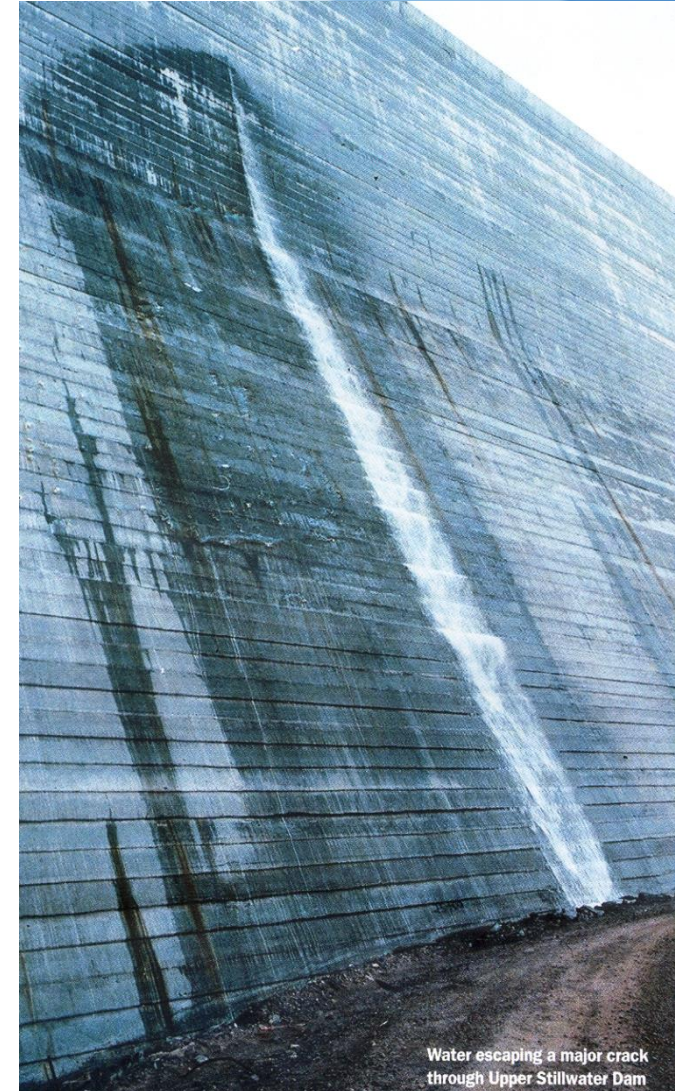
- Fissuras longitudinais ou transversais ($e > 0,5$ mm)
- Fissuras tipo “mapa”
- Juntas de contração bem abertas
- Recalque diferencial pronunciado entre blocos
- Desalinhamento do guarda-corpo
- Desplacamento do concreto
- Boas condições de drenagem



INSPEÇÃO VISUAL

PARAMENTO DE JUSANTE

- Deslocamento pronunciado entre blocos
- Juntas de contração com infiltração
- Juntas de concretagem com infiltração
- Fissuras superficiais ($e > 0,5$ mm)
- Desplacamento do concreto
- Vegetação excessiva no pé da barragem



INSPEÇÃO VISUAL

GALERIA DE DRENAGEM BARRAGENS CONCRETO

- Fissuras na parede ou piso da galeria
- Infiltração através do concreto
- Infiltração em J.C. entre blocos
- Infiltração através da comporta
- Canaleta de drenagem limpo
- Iluminação adequada
- Sistema de drenagem do piso eficiente



INSPEÇÃO VISUAL

SOLEIRA VERTENTE

- Fissuras superficiais ($e > 0,5$ mm)
- Degraus com borda quebrada
- Quebra de degraus
- Desplacamento do concreto nas juntas
- Arrancamento de reparos superficiais
- Erosão superficial
- Erosão no pé da estrutura



INSPEÇÃO VISUAL

EROSÃO JUNTO AO PÉ DE JUSANTE



INSPEÇÃO VISUAL

CANAL DE APROXIMAÇÃO/CALHA DO VERTEDOURO

- Blocos de rocha instáveis nas paredes
- Erosão nas margens
- Muita vegetação nas margens
- Obstrução por material flutuante
- Boas condições hidráulicas



INSPEÇÃO VISUAL

TOMADA DE ÁGUA



INSPEÇÃO VISUAL – T.A.

PROBLEMAS COM MEXILHÃO DOURADO NAS GRADES



INSPEÇÃO VISUAL

CONDUTOS FORÇADOS

- Juntas de dilatação com alta infiltração
- Pontos de infiltração pelo conduto
- Vibração excessiva dos condutos
- Indícios de movimentação do conduto
- Boas condições de drenagem na parte inferior
- Vegetação em excesso na parte inferior
- Taludes laterais com blocos de rocha instáveis
- Blocos de apoio em bom estado
- Corrosão superficial



INSPEÇÃO VISUAL

INSTRUMENTAÇÃO – PIEZOMETRIA

- Boas condições de acesso
- Boas condições de limpeza nas proximidades
- Instrumento bem protegido
- Instrumento com boas condições de pintura
- Instrumento com boa identificação



INSPEÇÃO VISUAL

INSTRUMENTAÇÃO – PIEZOMETRIA



CLASSIFICAÇÃO DA MAGNITUDE

A magnitude das anomalias é classificada em quatro categorias

I	Insignificante: anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução;
P	Pequena: anomalia de pequena dimensão, com evolução ao longo do tempo;
M	Média: anomalia de média dimensão, sem aparente evolução;
G	Grande: anomalia de média dimensão, com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão.

0	Nenhum: anomalia que não compromete a segurança da barragem, mas pode ser entendida como descaso e má conservação;
1	Atenção: anomalia que não compromete a segurança da barragem em curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;
2	Alerta: anomalia com risco para a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;
3	Emergência: anomalia com risco de ruptura em curto prazo, exigindo ativação do Plano de Ação de Emergência (PAE).

Classificação do nível de perigo das anomalias

CLASSIFICAÇÃO DA MAGNITUDE

Barragens de Terra – Anomalias mais importantes

Anomalia	Insignificante/ pequena	Média/ grande	Código
Fissuras longitudinais na crista (comprimento l em m, abertura a em mm e profundidade p em m)	$l < 5$ $a < 5$ $p < 0,2$	$l > 5$ $a > 5$ $p > 0,2$	BT(B.2.2) BT3(1)
Fissuras transversais na crista (comprimento l em m e abertura a em mm)	$l < 5$ $a < 5$ $p < 0,2$	$l > 5$ $a > 5$ $p > 0,2$	BT(B.2.2) BT3(4)
Afundamentos (afd em m)	$afd < 0,3$	$afd > 0,3$	BT(B.2.5) BT3(6)
Recalques/deslocamentos verticais (dv em m)	$dv < 0,2$	$dv > 0,2$	BT(B.2.5) BT3(2)
Fugas de água/vazões na fundação (vf em l/min/m)	$vf < 4$	$vf > 4$	BT(B.4.2) BT4(5)
Erosão no pé da barragem (erosão regressiva) Falha no <i>rip-rap</i>	Situação desprezável ou estabilizada	Com velocidade constante ou crescente	BT(C.1.6) BT5(7)
Desabamentos/colapsos	Muito pequenos	Perda significativa de material	BT(B.2.5) BT3(3)
Surgências no talude de jusante e áreas molhadas Água barrenta	Só vestígios	Aparecimento de água barrenta	BT(B.3.13) BT4(6)
Deslizamentos (escorregamentos) de taludes	Muito localizados	Muito sérios, associados com a existência de zonas úmidas	BT(B.12;B.3.2) BT2(1)
Vazamento (fuga de água) na interface aterro-ombreira (vi em l/min)	$vi < 10$	$vi > 10$	BT(B.4.2; B.4.3) BT4(8)
BEFC – fissuras na laje do concreto (a em mm)	$a < 1$	$a > 1$	BT(B.1.3) BT1(7)

CLASSIFICAÇÃO DA MAGNITUDE

Barragens de Concreto – Anomalias mais importantes

Anomalia	Insignificante/ pequena	Média/ grande	Código
Abertura de juntas (a em mm)	a <3	a >3	BC(B.1.6) BC2(4)
Deslocamentos diferenciais de juntas (d em mm)	d <2	d >2	BC(B.2.1) BC1(4)
Fissuras verticais em diagonal (comprimento l em m e abertura a em mm)	l <3 a <1 Sem passagem de água	l >3 a >1 Com passagem de água	BC(B.1.3) BC2(1.2)
Infiltrações através do concreto e fissuras (Q em l/min)	Q <2	Q >2	BC(B.3.6) BC4(1)
Infiltrações através das juntas de blocos (Q em l/min/junta)	Q <20	Q >20	BC(.3.5) BC3(1))
Vazões nos drenos de fundação (Q em l/min/m)	Q <10	Q >10	BC(B.3.8) BC4(2)
Drenos de fundação (colmatação/obstrução ou aumento das vazões)	Drenos com colmatações ou aumentos insignificantes em relação aos valores habituais na mesma época	Aumento excessivo de supressões em relação aos valores habituais na mesma época, redução do fator de segurança	BC(B.5.8) BC4(2)
Movimentos nos taludes em rochas	Movimentos desprezáveis	Movimentos com velocidade crescente	BC(F1) BC5(1)
Vazamento na interface concreto-ombreiras (Q em l/min)	Q <10	Q >10	BC(F5) BC5(2)

EQUIPAMENTOS

Na realização das “Inspeções Regulares” a equipe deve ter conhecimento prévio sobre os equipamentos eletromecânicos do empreendimento, particularmente das comportas e stop-logs do Vertedouro, Tomada d’Água e Casa de Força, incluindo o dispositivo da vazão sanitária.

• Equipamentos hidromecânicos:

➤ Comportas :

- verificação do funcionamento até abertura máxima
- fonte alternativa de energia;
- pessoal de exploração adestrado;
- instruções escritas de manobra;
- instruções escritas de manutenção;
- estado de conservação da pintura;
- guinchos e cabos de aço;
- servo-motores;
- grades.

➤ Conduto e blindagens :

- Verificação do estado de conservação da pintura das superfícies.
- Verificação das juntas, vedantes e pontos de infiltração.

RELATÓRIO SOBRE AS INSPEÇÕES DE CAMPO

RELATÓRIO DA INSPEÇÃO

✓ Relação dos vários *check-lists* com fotos e observações relevantes;

1. Barragem de Terra-Enrocamento
2. Inspeção da Crista
3. Inspeção de Montante
4. Talude de Jusante
5. Ombreiras
6. Instrumentação de Auscultação
7. Barragem de Concreto
8. Inspeção da Crista
9. Paramento de Montante
10. Paramento de Jusante
11. Galeria de Drenagem
12. Vertedouro C/ Comportas
13. Comportas do Vertedouro
14. Tomada D'água
15. Casa de Força Externa
16. Casa de Força – Interna
17. Canal de Fuga
18. Instrumentação de Auscultação
19. Subestação
20. Reservatório

7. CHECK-LIST INSPEÇÃO DO VERTEDOURO E COMPORTAS

ITENS INSPECIONADOS	SIM	NÃO	PV	DS	DI	PC	AU	FOTO
Crista da estrutura em bom estado	X							7.2
Fissuras tipo "Mapa" (*)	X					X		
Infiltração por juntas de concretagem		X						
Erosão por abrasão (**)	X					X		
Erosão por cavitação		X						
Desagregação superficial do concreto		X						
Crescimento de arbusto sobre o concreto		X		X				
Falha na manutenção das comportas		X						
Falhas nas vedações das comportas (***)		X						7.4
Dispositivo de acionamento "O.K."	X							7.1
Desgaste da soleira a jusante	X							

PV: Anomalia constatada pela primeira vez; DS: Anomalia desapareceu; DI: Anomalia diminuiu; PC: Anomalia permaneceu constante; AU: Anomalia aumentou.

Obs.: (*) Ocorrem na crista algumas fissuras antigas, sem indício de propagação. (**) A erosão por abrasão é acentuada, mas sem necessidade de reparo. (***) Algumas infiltrações pouco mais intensas pelo *flash-board*, em função do travamento.



Foto 7.1 – Vista geral a partir de montante e exposição de agregado na esquerda hidráulica (seta).



Foto 7.2 – Boas condições e bom alinhamento da crista do Vertedouro.

✓ Principais conclusões;

✓ Recomendações.

COMPARAÇÃO COM RESULTADOS ANTERIORES

Evolução das anomalias

- PV - Primeira Vez
- DS – Desapareceu
- DI – Diminuiu
- PC – Permaneceu Constante
- AU - Aumentou

9. CHECK-LIST INSPEÇÃO DO CANAL ADUTOR

ITENS INSPECIONADOS	SIM	NÃO	PV	DS	DI	PC	AU	FOTO
Rugosidade satisfatória	X							
Juntas com infiltração		X						
Boas condições hidráulicas	X							9.1/9.2
Juntas com deslocamento pronunciado		X						
Desplacamento do concreto (*)	X					X		9.3
Indícios de assoreamento		X						
Escorregamento de talude na margem		X						
Queda de árvore nas margens		X						9.2
Vegetação excessiva nas margens		X						
Vegetação nas paredes		X						
Dreno de fundo com vazão (**)	X				X			9.8
Infiltrações na interface com a rocha (**)	X				X			9.7
Surgência d'água lateral do canal	X					X		9.9 a 9.12
Desarenador de fundo O.K.	X							9.9 a 9.12

PV: Anomalia constatada pela primeira vez; DS: Anomalia desapareceu; DI: Anomalia diminuiu; PC: Anomalia permaneceu constante; AU: Anomalia aumentou.



Fig. 6.1 – Detalhe da medição de vazão, a qual foi realizada cinco vezes, com média de 35,9 l/min em Nov/2015.



Fig. 6.2 – Detalhe da vazão de ~ 0,50 l/min em Jun/2016.

Fotos
comparativas

CONCLUSÕES

As “Conclusões” devem avaliar as atuais condições de segurança e desempenho da barragem e demais estruturas civis, sua Classificação de Nível de Risco, conforme critério da ANEEL 2015 (Resolução Normativa N°696, Dez/15).

- a) **Normal:** Não foram encontradas anomalias ou as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;
- b) **Atenção:** As anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem de imediato, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas ao longo do tempo;
- c) **Alerta:** As anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;
- d) **Emergência:** As anomalias encontradas representam risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para a prevenção e redução dos danos materiais e humanos de uma eventual ruptura da barragem.

RECOMENDAÇÕES

As “Recomendações” ao final do Parecer Técnico devem ser classificadas tendo por objetivo priorizar primeiramente aquelas com implicações imediatas sobre as condições de segurança da barragem.

Tabela 7.1 – Classificação das anomalias em função do nível de perigo e vulnerabilidade da barragem e demais estruturas (ANA/2014).

Categoria de Risco	Descrição	Prazo de execução (*)
0 - NENHUM	Anomalia que não compromete a segurança da barragem e demais estruturas, representando geralmente falta de manutenção ou acessibilidade.	1 a 2 anos
1 – ATENÇÃO	Anomalia que não compromete a segurança da barragem e demais estruturas em curto prazo, mas que deverá ser inspecionada e monitorada ao longo do tempo.	6 meses
2 – ALERTA	Anomalia com risco para a segurança da barragem ou demais estruturas, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema, dentro de certa brevidade.	1 a 3 meses
3 – EMERGÊNCIA	Anomalia com risco de ruptura em curto prazo, exigindo ativação do PAE tão breve quanto seja possível.	Ativação do PAE

Obs.: (*) Tendo por base a data de emissão deste Parecer Técnico.

Categoria 0:

- ✓ Nenhuma das anomalias observadas se encontra nessa categoria.

Categoria 1:

- ✓ Recomenda-se a realização de leituras semanais nos inclinômetros IW-4 e IW-5,

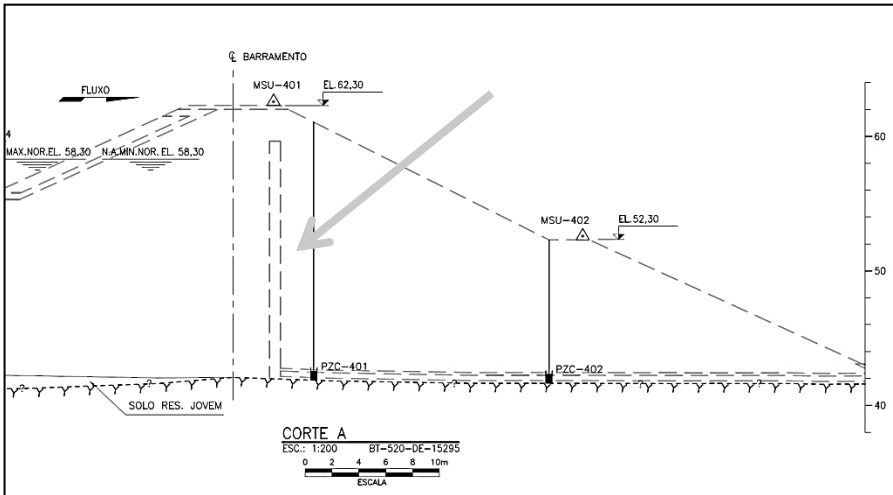
INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAL

INSPEÇÕES ESPECIAIS

- As “Inspeções Especiais” são aquelas a serem realizadas após a ocorrência de eventos especiais, tais como:
- *Após 1º enchimento do reservatório,*
- *Cheia excepcional,*
- *Rebaixamento rápido do reservatório,*
- *Sismo sensível na região,*
- *Detecção de uma anomalia ou evento adverso que possa colocar em risco a segurança da barragem.*

INSPEÇÃO APÓS 1º ENCHIMENTO

Nessa barragem foi detectada uma fissura longitudinal logo após o enchimento do reservatório, e requereu uma investigação adicional



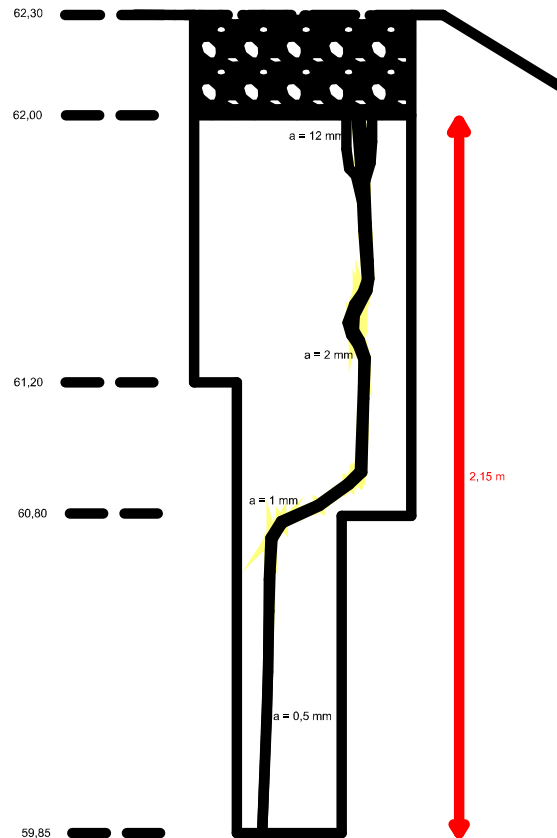
Fissura localizava-se acima do filtro vertical, causada pela sua rigidez.

INSPEÇÃO APÓS 1º ENCHIMENTO

Seção de um dos poços de indicando profundidade da fissura até ~2,15 m.

Foram escavados 3 poços de inspeção

SEÇÃO - PAREDE ESQUERDA HIDRÁULICA



A fissura foi preenchida com cal antes da escavação dos poços.



Barragem em arco de Eposson, Suíça.