



25 a 28 de outubro de 2011
Windsor Barra da Tijuca Hotel - Rio de Janeiro

II SIBE
Simpósio Internacional de
Barragens de Enrocamento

27 e 28 de outubro de 2011
Windsor Barra da Tijuca Hotel - Rio de Janeiro



**Inspeção visual por modos de falha:
um instrumento eficaz de
manutenção de barragens**

Glauco Gonçalves Dias

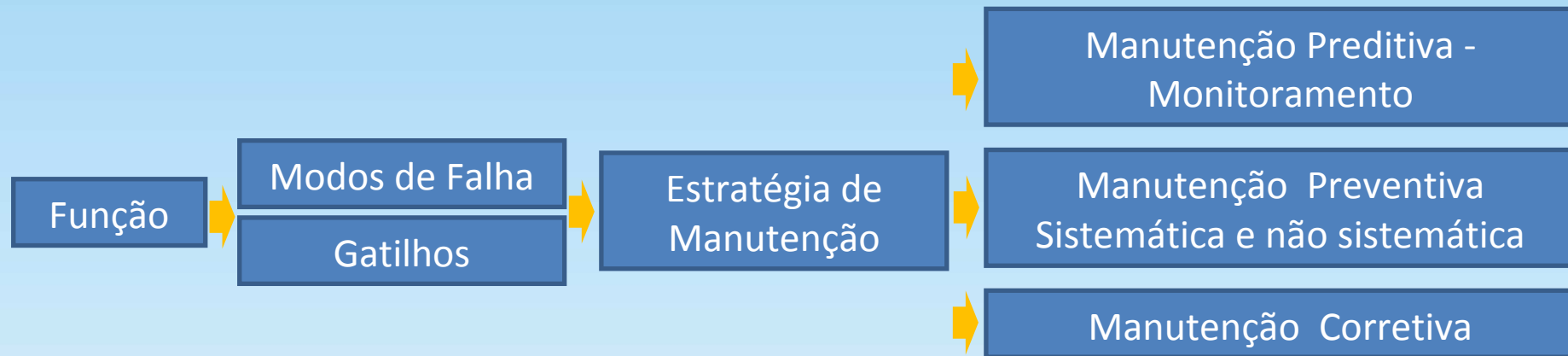
Teresa Cristina Fusaro - Cemig GT

Introdução

- O intercâmbio de conhecimentos entre as distintas **áreas de manutenção** da CEMIG GT tem proporcionado uma oportunidade ímpar de ampliação das metodologias aplicáveis ao processo de segurança de barragens.
- Uma aplicação dos métodos preditivos de manutenção é a realização de **inspeções visuais** utilizando técnicas de **análise de modos de falha**, uma ferramenta amplamente utilizada na engenharia de manutenção.



Ferramentas da Engenharia de Manutenção Preditiva



Exemplos de Métodos de Análise de Modos de Falha

- FMEA – Failure Mode Event Analysis
- ETA – Event Tree Analysis
- FTA – Fault Tree Analysis
- MBC- Manutenção Baseada na Confiabilidade

Objetivos da inspeção visual de barragens por modos de falha

- Orientar as inspeções visuais;
- Aumentar a qualidade das inspeções;
- Reduzir a subjetividade na avaliação da gravidade das deteriorações observadas;
- Enxergar projeto, construção e operação de forma integrada;
- Permitir análises de risco qualitativas.

O **olho humano treinado** é geralmente o melhor instrumento para avaliar o desempenho de uma barragem. “Apesar das inspeções visuais certamente terem limitações, nenhum outro método tem o mesmo potencial de integrar rapidamente toda a situação do comportamento”(ASCE, 2000)

Modos de Falha de Barragens

A maioria dos estudos de risco sobre segurança de barragens foca em três categorias de modos de falha (Hartford, 2004 *apud* Lafitte, 1993):

- **Falha hidráulica devido a níveis anormais:** galgamento com erosão do aterro da barragem, tombamento de barragens tipo gravidade e deslizamento pela fundação; danos a comportas ou erros de operação associados a comportas e vertedouros;
- **Movimentação de massa devido a carregamentos extraordinários, propriedades inadequadas de materiais ou falhas geológicas não detectadas:** inclui limite de estabilidade de maciços, liquefação, percolação ou instabilidade de fundações, deslizamento de montante devido a rebaixamento rápido;
- **Deterioração e erosão interna:** desenvolvimento de caminhos preferenciais no aterro e “piping” (retroerosão ou erosão interna) no núcleo da barragem e erosão de solos de fundação ou juntas.

Gatilhos

Estendendo o raciocínio de Sokolov estruturado para falhas em transformadores, as causas de falhas (ou doenças) em barragens podem ter três origens:

- **Doenças herdadas (causas ligadas ao projeto e construção)**

A barragem pode “nascer” com uma deficiência de projeto e construção. Neste caso, o maciço já possui originalmente uma margem de segurança insuficiente;

- **Sobrecarrega (causas ligadas à operação indevida)**

A barragem pode ser operada com carregamento acima do de projeto, seja durante a ocorrência de um evento de magnitude excepcional, seja por falha na operação;

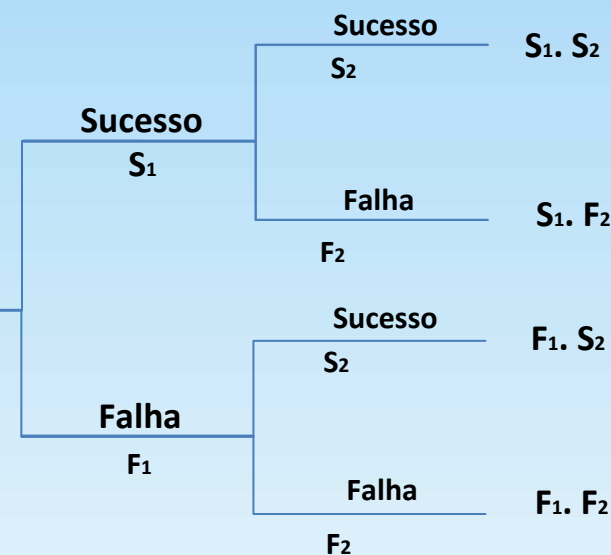
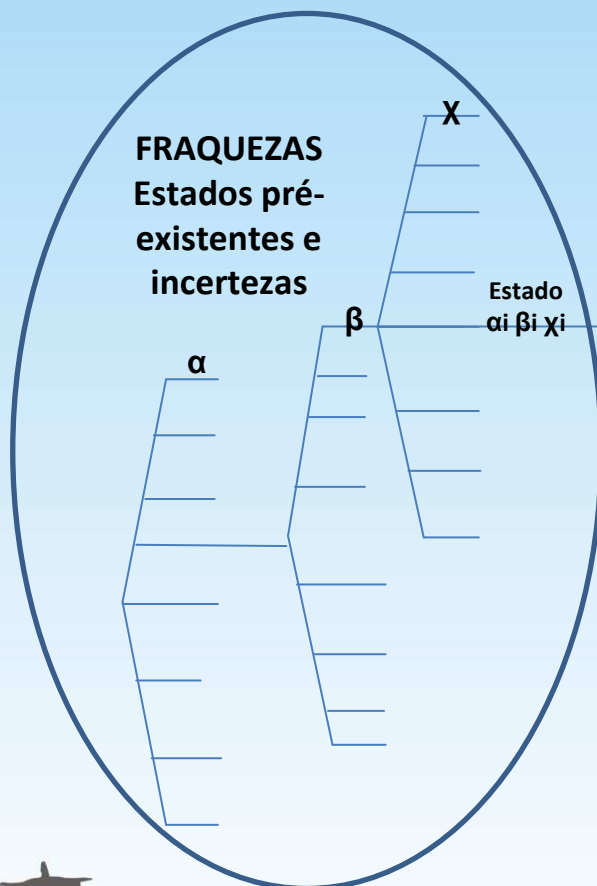
- **Deterioração e métodos inadequados (causas ligadas à manutenção deficiente)**

Perda crítica da margem de segurança por manutenção inadequada, baixa qualidade de reparos e melhorias.

Modos de Falha de Barragens e Gatilhos

GATILHO Evento Iniciador (ex.Terremoto)	SISTEMA PRIMÁRIO	BACK-UP SYSTEM
---	---------------------	-------------------

Estado de sucesso	Estado de sucesso
Estado de falha	Estado de falha



Adaptado de Hartford (2004), RISK AND UNCERTAINTY IN DAM SAFETY

Inspeções visuais por modo de falha

A sugestão é que para cada modo de falha sejam listadas possíveis evidências a serem identificadas em campo e possíveis gatilhos.

A inspeção visual seria então guiada pelas perguntas:

- o que pode dar errado aqui? quais os possíveis modos de falha desta estrutura?
- existem evidências que este modo de falha esteja se materializando?
- qual o gatilho para a materialização deste modo de falha?

MODOS DE FALHA	Perguntas	Gatilhos	Respostas/ Medidas propostas
FALHA HIDRÁULICA	Os extravasores estão corretamente dimensionados e construídos? <u>Evidência:</u>		
	Há regras operativas, planejamento, treinamento para eventos extremos e os equipamentos são testados periodicamente? <u>Evidência:</u>		
	As estruturas estão bem mantidas e os equipamentos estão funcionando sem deteriorações que comprometam o vertimento? <u>Evidência:</u>		
MOVIMENTAÇÃO DE MASSA	A barragem de terra foi devidamente projetada e construída? <u>Evidência:</u>		
	Há regras operativas, planejamento e treinamento para operação do reservatório levando-se em conta a estabilidade da barragem? <u>Evidência:</u>		
	As estruturas estão bem mantidas, sem deteriorações que comprometam sua estabilidade? <u>Evidência:</u>		
DETERIORAÇÃO E EROÇÃO INTERNA	Drenos, filtros e tratamentos de fundação foram devidamente projetados e construídos? <u>Evidência:</u>		
	Os sistemas de drenagem, filtros e drenos encontram-se desobstruídos e funcionando adequadamente? <u>Evidência:</u>		

Conclusões

- No Brasil, é usual a inspeção visual de barragens por estrutura, muitas vezes utilizando Guias de Inspeção e *checklists*. Este processo de inspeção normalmente tem como resultado final uma lista de deteriorações, por vezes desconectadas entre si e que nem sempre possibilitam a visualização dos reais problemas que afetam a segurança da barragem.
- Os *checklists* podem ter uma importância maior para inspeções rotineiras executadas por técnicos das instalações, muitas vezes com um conhecimento limitado sobre barragens.
- Quando se deseja uma visão dos riscos associados à determinada estrutura, a utilização de ferramentas de análise de modo de falha e seus gatilhos passa a ter maior relevância, orientando a “forma de pensar” a segurança de barragens.



Muito Obrigada,

Teresa Cristina Fusaro

tcfusaro@cemig.com.br

Esta apresentação estará disponível para
download, a partir do dia 03/11/2011,
no site:

www.cbdb.org.br