

DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE PLANO DE OPERAÇÃO DE BARRAGENS DE TERRA DE PEQUENAS DIMENSÕES

Leandro Eugenio da Silva Cerri¹; Fábio Augusto Gomes Vieira Reis²; Lucilia do Carmo Giordano³

RESUMO --- O artigo apresenta proposta de Plano de Operação de Barragens, de concepção preventiva, estruturado em três níveis: Observação, Atenção e Crítico, cada qual contendo critérios de entrada e saída, assim como as ações e medidas correspondentes. O Plano de Operação de Barragens é acompanhado de Manual de Operação, Inspeção e Manutenção e se aplica a barragens de terra de pequenas dimensões, podendo ser elaborado tanto para novos empreendimentos, como para barragens que já se encontram em operação. O Plano de Operação de Barragens descrito no presente artigo também contempla a implantação de Plano de Ação Emergencial – PAE.

ABSTRACT --- The article presents a proposal of a Dam Operational Plan, with preventive design, structured in three levels: Observation, Attention and Critic, each one containing enter and exit criteria, as well as actions and corresponding measures. The Dam Operational Plan is accompanied by Operation, Inspection and Maintenance Manual, which is applied to small earth dams, whether new or already in operation. The Dam Operational Plan described in this paper also contemplates implementing an Emergency Action Plan - PAE.

Palavras-chave: Barragens; Segurança de Barragens.

1) Geólogo, Professor Adjunto do Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp Rio Claro (SP). Av. 24-A, 1515 – Bela Vista. 13506-900. Rio Claro (SP). (19) 3526.9302. lescerri@rc.unesp.br

2) Geólogo, Professor Assistente Doutor do Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp Rio Claro (SP). Av. 24-A, 1515 – Bela Vista. 13506-900. Rio Claro (SP). (19) 3526.9316. fabioreis@rc.unesp.br

3) Ecóloga, Pós-Doutoranda do Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Unesp Rio Claro (SP). Av. 24-A, 1515 – Bela Vista. 13506-900. Rio Claro (SP). (19) 3526.9302. lcg@ecogeologia.com.br

1 - INTRODUÇÃO

No país há atualmente uma discussão intensa sobre a implantação de medidas corretivas, preventivas e pró-ativas urgentes para evitar as conseqüências sociais, econômicas e ambientais dos diferentes desastres naturais que tem ocorrido, especialmente, nas épocas de chuvas intensas.

Nesse contexto, a preocupação com o rompimento de barragens tem ganhado espaço cada vez maior nessa discussão, devido aos prejuízos potenciais que um acidente deste tipo pode ocasionar à população residente a jusante de barramentos.

Segundo Balbi (2008), somente no século passado foram registrados no mundo cerca de 200 acidentes graves com barragens, que causaram mais de 8.000 mortes, deixando milhares de pessoas desabrigadas, destacando que incidentes e rupturas de conseqüências trágicas, ocorridos na Europa e nos Estados Unidos entre as décadas de 1950 e 1970 (Malpasset, França, 1959; Vajont, Itália, 1963; Baldwin Hills e Teton, Estados Unidos, 1951 e 1976), tiveram grande importância para o desenvolvimento das políticas de segurança de barragens e dos vales a jusante, como também dos estudos de ruptura e propagação de ondas de cheias.

No Brasil, a sociedade começou a discutir de forma mais sistemática o problema das catástrofes associadas ao rompimento de estruturas hidráulicas devido à ruptura das barragens da Mineração Rio Verde, em 2001, da indústria Rio Pomba-Cataguases, em 2003 e de Câmara, em 2004, embora em 1960 já tivesse ocorrido a ruptura da barragem de Orós, no Ceará, com um número de vítimas não oficial de 1000 pessoas. Esses acidentes aumentaram a discussão pública e política no Brasil sobre a segurança dos barramentos e das populações a jusante, com foco também para as barragens de rejeito (BALBI, 2008; OLIVEIRA, 2010).

Martins (2000) ressalta que três fatores são essenciais para salvar vidas humanas no caso da ruptura de barragens: o tipo da barragem (terra ou concreto), a distância entre ela e as áreas habitadas e a existência de sistemas de alerta. Fica demonstrada, desta forma, a importância de Planos de Contingência e Emergência para barragens.

Em 2004, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), por meio da Resolução CNRH n. 37, estabeleceu as diretrizes para outorga de recursos hídricos para implantação de barragens em corpos d'água dos Estados, Distrito Federal ou da União.

No item IV do artigo 2º, a citada resolução estabelece que plano de contingência é o “conjunto de ações e procedimentos que define as medidas que visam a continuidade do atendimento aos usos múltiplos outorgados, observando as vazões de restrição. Define, ainda, que “plano de ação de emergência é o documento que contém os procedimentos para atuação em situações de emergência, bem como os mapas de inundação com indicação do alcance de ondas de cheia e respectivos tempos de chegada, resultantes da ruptura da barragem.” (BRASIL, 2004)

Essa resolução define também que é de responsabilidade do outorgado os aspectos de segurança da barragem, devendo contratar profissional legalmente habilitado para elaboração de projeto, construção, operação e manutenção.

Mais recentemente, foi promulgada a Lei Federal n. 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. Essa legislação criou, ainda, o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens para registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.

Contudo, essa política é direcionada para barramentos de médio e grande portes, pois, aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características: I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros); II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos); III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º (BRASIL, 2010).

Entretanto, as barragens de pequeno porte apresentam uma proliferação cada vez maior pelo país, fortemente condicionada pelo atual crescimento econômico e a expansão das fronteiras agrícolas. Mas o aumento desse tipo de barragem não foi acompanhado por uma intensificação da fiscalização das outorgas e, principalmente, do monitoramento dessas estruturas hidráulicas.

Outro ponto a destacar é a ausência de estudos científicos que abordem de forma mais sistemática os procedimentos operacionais, de monitoramento e manutenção de pequenos barramentos, demonstrando a real situação desse tipo de empreendimento pelo país.

O rompimento de pequenas barragens não tem o potencial destruidor das de grande e médio porte, mas pode potencializar a ocorrência de processos de movimentos de massa, como é o caso das corridas de detritos, altamente destrutivas e que acarretam sérios prejuízos sociais, econômicos e ambientais.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta uma proposta de Plano de Operação de Barragens, elaborada com base nas publicações “Guia Básico de Segurança de Barragem” (Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, 2001) e no “Manual de Segurança e Inspeção de Barragens” do Ministério da Integração Nacional – MIN (BRASIL, 2002). A proposta de Plano de Operação de Barragens é acompanhada de Manual de Operação, Inspeção e Manutenção, detalhadamente descrito no presente artigo.

O Plano de Operação de Barragens e o Manual de Operação, Inspeção e Manutenção propostos se aplicam especialmente a barragens de terra de pequenas dimensões, podendo ser elaborados tanto para novos empreendimentos, como para barragens que já se encontram em operação.

2 – CONCEPÇÃO E ESTRUTURA DO PLANO DE OPERAÇÃO DE BARRAGENS

O Plano de Operação de Barragens tem concepção preventiva, estruturado em três níveis, denominados Observação, Atenção e Crítico. A partir do enchimento do reservatório - ou a partir da data de elaboração do Plano para barragens que já se encontram em operação - é deflagrado o nível de Observação.

A desativação da obra e o esvaziamento do reservatório são condições para a saída do nível de Observação. Durante o nível de Observação são realizadas inspeções periódicas de campo na barragem, estruturas auxiliares e área do reservatório, bem como a leitura de eventuais instrumentos instalados na mesma, atividades estas que correspondem à sistemática de inspeção da barragem.

As inspeções periódicas de campo e os resultados da leitura de eventuais instrumentos permitirão avaliar as condições de segurança da obra, devendo ser realizadas por pessoas treinadas para executar esta tarefa de modo eficiente.

Constatada alguma anormalidade no corpo do barramento, nas estruturas auxiliares ou nas áreas adjacentes ao reservatório, bem como algum indício de problema a partir da análise dos resultados das leituras dos eventuais instrumentos, deflagra-se o nível denominado Atenção. Neste nível é exigida a inspeção da barragem por técnico especialista em segurança de barragem, preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico.

No caso de constatação da possibilidade de ruptura do barramento ou em caso da própria ruptura sem sinais prévios, deflagra-se o nível Crítico do Plano de Operação, o qual prevê a adoção de medidas que visam tornar mínima a dimensão de conseqüências sociais e/ou econômicas nas áreas de jusante. Como no nível de Atenção, no nível Crítico do Plano de Operação da Barragem também é exigida a inspeção da barragem por técnico especialista.

O Quadro 1 apresenta, para cada nível previsto no Plano de Operação da Barragem, os correspondentes critérios de entrada (deflagração) e saída (retorno), bem como as ações e medidas preconizadas. À manutenção da barragem são atividades auxiliares que correspondem as medidas e ações preventivas e corretivas destinadas a manter a integridade física da obra, por meio de reparos implantados a partir do momento em que são constatadas anormalidades.

Quadro 1 – Níveis do Plano de Operação da Barragem, critérios de entrada e saída, e ações e medidas correspondentes.

Nível	Critérios de Entrada	Critérios de Saída	Ações e Medidas
OBSERVAÇÃO	Imediatamente após o enchimento do reservatório	Com a desativação ou fechamento da barragem e esvaziamento do reservatório	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar inspeções de campo; - Leitura sistemática de eventuais instrumentos; - Acompanhamento do índice pluviométrico.
ATENÇÃO	<p>Observação de qualquer tipo de anormalidade, durante as inspeções de campo</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Indícios de problema a partir da análise dos resultados das leituras de eventuais instrumentos</p>	Garantia de retorno às condições de normalidade do comportamento da barragem, atestada por laudo elaborado por técnico especialista (preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico)	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicar o empreendedor; - Solicitar avaliação das condições de segurança da barragem por técnico especialista (preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico); - Realizar inspeções de emergência; - Implantar eventuais medidas de manutenção da barragem e das estruturas auxiliares (medidas corretivas), para garantir a segurança da obra. - Acompanhamento do índice pluviométrico.
CRÍTICO	<p>Registro de NA máximo (risco de galgamento)</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Possibilidade de ruptura da barragem</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Ruptura da barragem</p>	Garantia de retorno às condições de normalidade do comportamento da barragem, atestada por laudo elaborado por técnico especialista (geólogo ou engenheiro geotécnico).	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicar o empreendedor, Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Imprensa, Polícia Rodoviária, Hospitais, etc.; - Solicitar avaliação das condições de segurança da barragem por técnico especialista (preferivelmente geólogo ou engenheiro geotécnico); - Implantar eventuais medidas de manutenção da barragem e das estruturas auxiliares (medidas corretivas), para garantir a segurança da obra. - Acompanhamento do índice pluviométrico.

Conforme descrito, acionados os níveis de Atenção ou Crítico, faz-se necessária a avaliação da segurança da obra por técnico especialista, preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico. Entretanto, também é recomendado, no mínimo, uma avaliação por técnico especialista a cada ano, mesmo não tendo sido deflagrados os níveis de Atenção ou Crítico.

O “Guia Básico de Segurança de Barragem” (CBGB, 2001) e o “Manual de Segurança e Inspeção de Barragens” (BRASIL, 2002) estabelecem que, para cada barragem, deve ser elaborado um Plano de Ação Emergencial (PAE), contendo a descrição das ações a serem tomadas pelo proprietário e operador da barragem, em situações de emergência.

Trata-se de uma ação destinada ao planejamento para situações emergenciais, de ocorrência súbita, sem sinais indicativos da possibilidade de ocorrência do acidente. Por esta razão, tais planos também podem ser denominados de Planos de Emergência ou Planos de Contingência, e devem delegar a indivíduos e/ou prepostos, responsabilidades para cada ação emergencial a ser tomada. Cópias do PAE ou resumos das informações mais relevantes devem ser fornecidos para aqueles cujas responsabilidades foram delegadas.

O Plano de Operação da Barragem descrito no presente artigo já contempla a implantação de um Plano de Contingência (ou de um Plano de Ação Emergencial - PAE), a partir da possibilidade de ruptura ou a própria ruptura da barragem, ou seja, a partir da deflagração do Nível Crítico.

3 - OPERAÇÃO, INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM

Visando garantir a adequada operação da barragem e estruturas auxiliares, deve-se elaborar o Manual de Operação, Inspeção e Manutenção fixando todas as diretrizes referentes ao Plano de Operação da Barragem, à sistemática de inspeções periódicas e às atividades de manutenção das estruturas, bem como dos serviços de manutenção.

3.1 – Operação da Barragem

A operação da barragem deve seguir as diretrizes fixadas pela empresa projetista e responsável pela construção da obra. Independentemente da existência destas diretrizes, deve ser elaborado o Manual de Operação, Inspeção e Manutenção da Barragem, que se inicia pela reunião dos dados gerais da obra. Entretanto, a ausência total ou parcial destes dados gerais da barragem e estruturas auxiliares não impossibilita a elaboração do Manual de Operação, Inspeção e Manutenção, apenas o deixa incompleto.

A reunião dos dados gerais da obra inicia-se pela descrição do tipo da barragem, que pode ser feita à semelhança do exemplo apresentado a seguir:

Barragem de terra, zonada, com núcleo de solo tipo A-4 (argiloso), filtro horizontal e drenos horizontais de areia grossa e maciço terroso de solo tipo A-2-4. A Empresa X, cujos dados são apresentados a seguir, é a empresa responsável pelo projeto executivo e pela construção da obra.

Quanto às dimensões da barragem e reservatório é desejável descrever:

- a) Cota da crista;
- b) Comprimento da crista;
- c) Largura da crista;
- d) Altura da barragem;
- e) Capacidade do reservatório;
- f) Cota do N.A. normal;
- g) Cota do N.A. máximo;
- h) Área do espelho d'água;
- i) Área de drenagem da bacia de contribuição; e
- j) Tempo de retorno para cálculo de cheias.

Em seguida, deve-se classificar a barragem com base em suas dimensões, utilizando-se os critérios do “Guia Básico de Segurança de Barragem” (CBGB, 2001), reproduzidos no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de classificação de barragens segundo as dimensões da obra, conforme “Guia Básico de Segurança de Barragem” (CBGB, 2001)

CATEGORIA	ALTURA h (m)	ARMAZENAMENTO Vol (m³)
Pequena	$5 < h < 15$	$0,05 \times 10^6 < Vol < 1,0 \times 10^6$
Média	$15 < h < 30$	$1,0 \times 10^6 < Vol < 50,0 \times 10^6$
Grande	$h > 30$	$Vol > 50,0 \times 10^6$

A barragem também deve ser classificada quanto ao potencial de dano em caso de ruptura. Para tanto, sugere-se também adotar os critérios de classificação do “Guia Básico de Segurança de Barragem” (CBGB, 2001), reproduzidos no Quadro 3. Complementarmente, deve ser descrito o período de construção da barragem, sua localização e acesso.

Quadro 3 – Critérios de classificação de barragens segundo o potencial de dano em caso de ruptura, conforme “Guia Básico de Segurança de Barragem” (CBGB, 2001)

CATEGORIA	PERDAS DE VIDA	PERDAS MATERIAIS
Baixo	Nenhuma esperada (nenhuma estrutura permanente para habitação humana)	Mínimas (região não desenvolvida e estruturas e cultivos ocasionais).
Significante	Até cinco (nenhum desenvolvimento urbano e não mais do que um pequeno número de estruturas habitáveis).	Apreciáveis (terras cultivadas, indústrias e estruturas).
Alto	Mais do que cinco	Excessivas (comunidades, indústrias e agricultura extensas).

Na sistemática de operação da barragem, é importante destacar que, durante a estação chuvosa as estruturas devem ser mantidas em perfeitas condições operacionais, especialmente o vertedouro, bem como seguidas todas as especificações e procedimentos para uma operação segura.

O reservatório também deve ser operado de tal modo que as cheias máximas de projeto possam ser seguramente controladas. O eventual esvaziamento do reservatório ou quaisquer outras operações de controle sempre devem ser documentados.

3.2 – Sistemática de Inspeção da Barragem

As inspeções visam tanto a observação das condições da barragem e estruturas auxiliares, quanto da área do reservatório. O que se busca nas inspeções é o reconhecimento de feições ou situações adversas ou alguma anomalia que possa colocar em perigo a estabilidade da barragem, de suas estruturas e/ou a área de jusante.

As inspeções de campo permitirão avaliar as condições de segurança da obra e deverão ser executadas por pessoa treinada para realizá-las adequadamente. Devem ser realizadas por meio de observações de campo, devendo ser inspecionada toda a área da barragem, estruturas auxiliares e área do reservatório.

Segundo o Ministério da Integração Nacional – MIN (BRASIL, 2002), a técnica para a realização da inspeção consiste em caminhar sobre os taludes e a crista da barragem, tantas vezes quanto necessário, de forma a observar toda a superfície. Ainda segundo a mesma fonte, “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”.

As observações devem ser formalmente registradas e arquivadas em um banco de dados, sendo sua utilização fundamental para a análise das condições de segurança do barramento.

Para documentar as observações realizadas durante as inspeções de campo na área da barragem, foi elaborada uma ficha de inspeção específica, conforme modelo apresentado em anexo. As fichas de inspeção estão estruturadas em duas partes, sendo a primeira destinada a informações de caráter geral e a segunda envolvendo aspectos que devem ser observados nos diferentes locais da obra, como os taludes de jusante e montante, a crista da barragem, as ombreiras direita e esquerda, o vertedouro, a área do reservatório, etc.

Como pode ser observado na ficha de inspeção apresentada em anexo, cada item de análise é apresentado na forma de uma pergunta, que deve ser respondida após verificação detalhada, no local, das condições no momento da inspeção. Caso a resposta à pergunta resulte em assinalar o campo hachurado (sombreado) da ficha, há alguma anormalidade.

Nestes casos, sempre é necessário preencher um boletim técnico para que a anormalidade constatada seja registrada e ilustrada com fotos. Cada boletim preenchido deve ser numerado seqüencialmente e datado, devendo ser adicionado ao banco de dados da barragem (acervo técnico), para eventual consulta futura.

Quando for possível a pronta eliminação da anormalidade constatada, devem ser imediatamente implantadas ações e medidas neste sentido, sempre com a elaboração de documento técnico no qual devem estar detalhadamente descritas as atividades colocadas em prática para sanar o problema.

Nos casos em que for constatada alguma anormalidade no corpo do barramento, estruturas auxiliares ou nas áreas adjacentes ao reservatório que não possa ser prontamente eliminada ou, ainda, cuja causa, evolução ou possíveis conseqüências não possam ser precisamente determinadas, deve-se deflagrar o nível de Atenção do Plano de Operação, conforme descrito anteriormente.

No nível de Atenção é exigido o acionamento de técnico especialista (preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico) para inspecionar a barragem, avaliar a anormalidade e decidir sobre as medidas a serem implantadas para evitar o comprometimento das condições de segurança da obra. Se constatada a possibilidade de ruptura da barragem – ou a ocorrência da própria ruptura sem sinais prévios – deflagra-se o nível Crítico do Plano de Operação da Barragem, o qual prevê a adoção de medidas para tornar mínima a dimensão de conseqüências sociais e/ou econômicas nas áreas a jusante do barramento.

No Plano de Operação da Barragem estão previstas inspeções classificadas em três tipos: inspeções de rotina, inspeções preventivas de verão e inspeções de emergência. Para os casos de

empreendimentos novos, as inspeções foram previstas para serem executadas com periodicidade menor no primeiro ano de operação da barragem após o enchimento do reservatório.

Em condições normais, ou seja, sem o registro de qualquer indício ou evidência de problema associado à segurança da barragem, as inspeções de rotina devem ser realizadas:

- a) Logo após o enchimento do reservatório (primeira inspeção de rotina);
- b) Inspeções semanais no primeiro mês após o enchimento do reservatório;
- c) Inspeções quinzenais no segundo e terceiro meses após o enchimento do reservatório;
- d) Inspeções mensais do quarto ao décimo segundo mês após o enchimento do reservatório; e
- e) Inspeções trimestrais a partir do primeiro ano após o enchimento do reservatório.

O Quadro 4 apresenta as épocas previstas para a realização das inspeções de rotina da barragem no primeiro ano de operação da barragem.

Quadro 4 – Épocas previstas para a realização das inspeções de rotina, no primeiro ano de operação da barragem.

DATA	NÚMERO E TIPO DE INSPEÇÃO
1º Mês de Operação	01 inspeção de rotina (primeira inspeção, imediatamente após o enchimento do reservatório) + 03 inspeções de rotina, de periodicidade semanal
2º Mês de Operação	02 inspeções de rotina, de periodicidade quinzenal
3º Mês de Operação	02 inspeções de rotina, de periodicidade quinzenal
4º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
5º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
6º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
7º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
8º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
9º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
10º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
11º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal
12º Mês de Operação	01 inspeção de rotina, de periodicidade mensal

Após o primeiro ano de operação da barragem foi prevista a realização de oito inspeções de campo ao longo do ano. Tomando-se como exemplo a região sudeste do Brasil, na qual a estação chuvosa compreende o período de outubro a março, foram previstas seis inspeções preventivas de verão, de periodicidade mensal, exatamente nos meses chuvosos, ou seja, em outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março de cada ano. Já as inspeções de rotina devem ser realizadas trimestralmente, estando previstas para os meses de abril e julho. Salienta-se que as inspeções de

rotina coincidem com as inspeções preventivas de verão, nos meses de superposição (janeiro e outubro).

Deste modo, se a barragem está localizada na região sudeste do Brasil (período chuvoso de outubro a março), após o primeiro ano de operação da barragem as inspeções de campo devem ser executadas de acordo com a programação apresentada no Quadro 5.

Quadro 5 – Meses previstos para a realização de inspeções de campo na barragem, após o primeiro ano de operação de barragem localizada na região sudeste do Brasil.

MÊS	NÚMERO E TIPO DE INSPEÇÃO
Outubro	01 inspeção preventiva de verão
Novembro	01 inspeção preventiva de verão
Dezembro	01 inspeção preventiva de verão
Janeiro	01 inspeção preventiva de verão
Fevereiro	01 inspeção preventiva de verão
Março	01 inspeção preventiva de verão
Abril	01 inspeção de rotina
Julho	01 inspeção de rotina

Nos casos em que a barragem está situada em local distinto da região sudeste do Brasil, as épocas de realização das inspeções, bem como suas denominações, devem ser ajustadas ao período chuvoso da região, mantendo-se a mesma lógica.

Além das inspeções de rotina e preventivas de verão, estão previstas também as inspeções de emergência, que devem ser realizadas sempre que a condição de segurança da barragem estiver ameaçada - mesmo que supostamente - conforme constatado em inspeções de rotina ou inspeções preventivas de verão, ou quando houver informações de terceiros quanto a indícios ou evidências de eventuais problemas.

A realização das inspeções de emergência pressupõe, conforme preconizado no Plano de Operação da Barragem, que seja acionado o nível de Atenção ou Crítico. Destaca-se que as inspeções de emergência sempre devem ser executadas por técnico especialista, preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico.

O registro de eventos associados a chuvas ou cheias excepcionais e a sismos (terremotos) na região da barragem deve deflagrar a imediata realização de inspeções de emergência. Eventuais problemas comunicados por terceiros, mesmo que fora do período de realização das inspeções de rotina e preventivas de verão, também devem deflagrar a imediata realização de inspeção de emergência na barragem, estruturas auxiliares e área do reservatório.

A necessidade de novas inspeções de emergência deve ser definida pelo técnico especialista conforme a situação exigir, não podendo ser de periodicidade maior que uma inspeção por semana,

até a garantia das condições de segurança da barragem, atestada por laudo técnico (documento escrito) elaborado pelo próprio técnico especialista encarregado da inspeção.

Inspeções adicionais eventualmente necessárias podem incluir inspeções subaquáticas e outros tipos de investigação, que devem ser realizadas sempre que constatada sua pertinência.

A sistemática de inspeções descrita para novos empreendimentos deve ser adaptada nos casos de barragens que já se encontram em operação.

3.3 – Leitura de Instrumentos

Quando existirem instrumentos instalados na barragem, a análise das condições de segurança deve ser realizada tanto com base nas inspeções de campo, quanto nos resultados de leituras dos instrumentos instalados. Assim, as inspeções de campo e a instrumentação devem ser encaradas como mutuamente complementares, com dados analisados conjuntamente, pois muitas vezes os problemas surgem em regiões não instrumentadas, nas quais apenas as inspeções de campo podem detectar possíveis problemas.

Por outro lado, muitas vezes comportamentos indesejados podem ser detectados por instrumentos ainda no início do desenvolvimento de processos adversos, possibilitando a implantação de medidas preventivas.

Na barragem e áreas adjacentes é desejável a instalação de no mínimo os seguintes instrumentos:

Piezômetros no corpo da barragem;

Régua para leitura do nível d'água (NA) do reservatório;

Pluviômetro ou pluviógrafo; e

Medidor de vazão.

As leituras dos piezômetros devem ser feitas com o auxílio de aparelho indicador de nível de água elétrico, usualmente denominado pio elétrico. As leituras devem ser executadas por meio da introdução da ponteira do pio elétrico no interior do tubo do instrumento. O cabo elétrico deve ser lançado até a ponteira entrar em contato com a água no interior do tubo fechando-se o circuito elétrico do aparelho, que é acusado pelo miliamperímetro ou alarme sonoro.

A leitura do NA do reservatório deve ser realizada com base na observação direta do valor na régua de leitura, instalada às margens do lago. O pluviômetro ou pluviógrafo deve ser objeto de leituras de acordo com as instruções do fabricante, enquanto a medida da vazão deve ser realizada diretamente em medidor de vazão especificamente instalado para esta finalidade.

As leituras dos instrumentos devem ser realizadas mais freqüentemente na fase do primeiro enchimento do reservatório, sendo aconselhável que sejam diárias, permanecendo assim mesmo depois que o NA do reservatório atinja o seu ponto máximo e se estabilize. Nesta fase, deve-se aguardar que as leituras dos piezômetros também se estabilizem.

As leituras devem ser analisadas semanalmente para se verificar se foi atingida uma razoável estabilização das mesmas. Atingida a situação de estabilização, a freqüência de leituras pode ser reduzida, passando a ser feita em dias alternados e mantida assim por um período de pelo menos 1 ano após o primeiro enchimento total do reservatório.

Caso não seja possível efetuar leituras nos finais de semana, recomenda-se que as leituras sejam feitas às segundas, quartas e sextas-feiras, pelo menos.

Recomenda-se a realização de leituras mais freqüentes (menos espaçadas no tempo), sempre que houver variações mais rápidas do NA do reservatório do que o usual, assim como nos períodos de enchimento do reservatório após períodos de estiagem prolongada.

As leituras obtidas a partir do procedimento descrito anteriormente devem ser registradas em folhas de leitura específicas.

As análises destas informações devem ser feitas por profissional habilitado (geólogo e/ou engenheiro geotécnico), de modo que possam ser identificadas eventuais situações anômalas indicativas da necessidade de intervenções corretivas ou de investigações mais detalhadas, tais como análise de estabilidade dos taludes.

É importante que todos os dados obtidos sejam mantidos organizados e arquivados em boas condições, estando sempre disponíveis para consultas futuras. Ao longo do tempo, estes documentos formarão um histórico de dados que é essencial para esclarecer eventuais comportamentos inesperados e auxiliar na interpretação dos resultados obtidos.

3.4 – Diretrizes para a Manutenção das Barragens

As regras de manutenção, procedimentos, registros e responsabilidades, devem ser desenvolvidas e implementadas para assegurar que a barragem, juntamente com suas estruturas auxiliares e equipamentos necessários (inclusive instrumentação) para descarga de cheias, sejam mantidos em condições totalmente operacionais e seguras, pois são essenciais para a segurança da barragem.

Os equipamentos devem ser inspecionados em intervalos regulares, objetivando-se assegurar condições de operação seguras e confiáveis.

Os requisitos de manutenção devem também ser documentados para as diversas estruturas. Todos os manuais de manutenção relevantes, fornecidos por fabricantes e projetistas, devem estar disponíveis.

Para barragens de terra, as estruturas em aterro necessitam de trabalhos de manutenção essencialmente direcionados ao controle de percolação e erosão a fim de se prevenir a deterioração do maciço e/ou fundação, bem como o desenvolvimento de caminhos preferenciais de percolação.

Programas de manutenção periódica para estruturas em aterro devem incluir ainda, a manutenção regular da instrumentação, manutenção da crista e do *rip-rap*, o controle da vegetação e de tocas de animais, estabilização de taludes, manutenção dos sistemas de drenagem e a remoção de entulhos a montante, a fim de se garantir a segurança da estrutura.

A manutenção da barragem deve ser realizada imediatamente depois de verificada qualquer eventual anomalia, seja por meio das inspeções de campo, seja por meio dos resultados de leituras de instrumentos. No caso de recursos próprios serem insuficientes para a execução do reparo, devem ser contratados serviços de empresas e/ou profissionais especializados.

As vias de acesso à barragem devem ser mantidas em condições tais que permitam o acesso de pessoas, veículos e equipamentos de manutenção, quaisquer que forem as condições atmosféricas.

Os programas de manutenção devem ser avaliados e revistos no mínimo anualmente, para assegurar condições de operação seguras e confiáveis.

Todas as ações, medidas e intervenções referentes à manutenção da barragem devem ser documentadas e arquivadas.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em caso de eventuais dúvidas sobre a conveniência ou necessidade de se realizar inspeções mais freqüentes e/ou detalhadas, deve-se decidir por realizá-las, já que tal procedimento pode ser decisivo para operar o barramento com segurança.

A observação de quaisquer aspectos não previstos no Plano de Operação da Barragem ou sempre que verificada a impossibilidade de realização de uma análise fundamentada das condições de segurança da barragem e/ou de suas estruturas por parte das equipes responsáveis pelas inspeções, devem ser acionados profissionais especialistas em análise de segurança de barragens (preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico).

Tais especialistas devem avaliar a situação e propor procedimentos adequados, visando evitar o registro de acidentes e as decorrentes conseqüências sociais e econômicas para o empreendimento e, especialmente, para terceiros. Estes mesmos profissionais também devem avaliar a necessidade de realização de investigações, instrumentação específica ou ensaios adicionais, caso as evidências

coletadas tanto pelo estudo da documentação existente, como pelas inspeções de campo, não sejam conclusivas.

Também é importante que o empreendedor elabore uma escala de responsabilidades e requisitos operacionais, bem como proporcione o treinamento do pessoal envolvido na operação, inspeção e manutenção da barragem.

A organização de um arquivo reunindo todos os documentos técnicos referentes às fases de projeto e construção do empreendimento, incluindo fotografias ilustrativas dos estágios de implantação da barragem e estruturas auxiliares, especialmente durante a fase de enchimento do reservatório. A estes documentos devem ser adicionados os relatórios “as built”, caso sejam elaborados pela empresa responsável pelo projeto e construção da obra.

O acervo técnico da barragem também deve incluir os resultados das inspeções e leituras de eventuais instrumentos, de trabalhos de manutenção e qualquer outra informação ou documento técnico sobre o barramento.

BIBLIOGRAFIA

BALBI, D.A.F. “*Metodologias para elaboração de Planos de Ações Emergenciais para inundações induzidas por barragens. Estudo de Caso: Barragem de Peti – MG. Belo Horizonte, MG*” (Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. 2008, 336p.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH n. 37, de 26 de março de 2004, publicado no DOU em 24 de junho de 2004. Estabelece as diretrizes para outorga de recursos hídricos para implantação de barragens em corpos d’água dos Estados, Distrito Federal ou da União. Disponível em: www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=76. Acesso em: 17 de junho de 2011.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional (MIN). “*Manual de Segurança e Inspeção de Barragens*”. Brasília. 2002, 148p.

BRASIL. Presidência da República. Lei Federal n. 12.334, de 20 de setembro de 2010, Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>. Acesso em: 17 de junho de 2011.

COMITÊ BRASILEIRO DE GRANDES BARRAGENS (CBGB). “*Guia Básico de Segurança de Barragem*”. São Paulo. 2001, 77p.

MARTINS, R. “*Segurança hidráulico-operacional de barragens à luz da legislação internacional*”. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 5, 2000, Lisboa. Disponível em:

<<http://www.dha.lnec.pt/nre/portugues/funcionarios/papers/rmartins/SBNMUNDIAL.pdf>>. Acesso em: 01 abril 2011

OLIVEIRA, J.B.V.R. “*Manual de operação de barragens de contenção de rejeitos como requisito essencial ao gerenciamento dos rejeitos e à segurança de barragens*”. Ouro Preto, MG (Dissertação de Mestrado Profissional– Programa de Engenharia Geotécnica). Universidade Federal de Ouro Preto, Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas. 2010, 149p.

ANEXO - FICHA DE INSPEÇÃO

Data da Inspeção: _____	Equipe:
TIPO DE INSPEÇÃO: <input type="checkbox"/> Inspeção de Rotina <input type="checkbox"/> Inspeção Preventiva de Verão <input type="checkbox"/> Inspeção de Emergência	
As condições de acesso à barragem estão satisfatórias?	
Aparentemente, há algum indício de problema na barragem e estruturas anexas?	
Aparentemente, há algum indício de problema nas áreas marginais do reservatório?	
Observações: (discriminar número de páginas da ficha de inspeção, número de boletins preenchidos e de fotos obtidas)	
É necessária uma programação para inspeções de emergência? <input type="checkbox"/> SIM (especificar data) <input type="checkbox"/> NÃO	

OBSERVAÇÕES				
1	Talude de Montante	SIM	NÃO	BOLETIM N°
1.1	Rip-Rap em boas condições?			
1.2	Evidência de erosão?			
1.3	Evidência de escorregamento?			
1.4	Presença de formigueiros, cupinzeiros ou toca de animais?			
1.5	Presença de rachaduras, trincas ou fendas?			
1.6	Feição indicativa de ruptura?			
1.7	Presença de vegetação arbustiva ou arbórea?			
1.8	Declividade do talude uniforme?			
1.9	Proteção de gramíneas do talude em boas condições?			
1.10	Outra condição excepcional?			

2	Talude de Jusante	SIM	NÃO	BOLETIM N°
2.1	Registro de ou áreas úmidas, áreas encharcadas ou de surgência d'água?			
2.2	Evidência de erosão?			
2.3	Evidência de escorregamento?			
2.4	Presença de formigueiros, cupinzeiros ou toca de animais?			
2.5	Presença de rachaduras, trincas ou fendas?			
2.6	Feição indicativa de ruptura?			
2.7	Presença de vegetação arbustiva ou arbórea?			
2.8	Declividade do talude uniforme?			
2.9	Proteção de gramíneas do talude em boas condições?			
2.10	Outra condição excepcional?			

3	Crista da Barragem	SIM	NÃO	BOLETIM N°
3.1	Evidência de erosão?			
3.2	Presença de formigueiros, cupinzeiros ou toca de animais?			
3.3	Presença de rachaduras, trincas ou fendas?			
3.4	Presença de vegetação arbustiva ou arbórea?			
3.5	Presença de afundamentos ou buracos?			
3.6	Redução da largura da crista?			
3.7	Presença de ondulações?			
3.8	Drenagem superficial em boas condições?			
3.9	Pavimento em boas condições?			
3.10	Outra condição excepcional?			

4	Ombreira Esquerda	SIM	NÃO	BOLETIM N°
4.1	Presença de cavidades ou buracos?			
4.2	Evidência de erosão?			
4.3	Evidência de escorregamento?			
4.4	Evidência de rompimento?			
4.5	Evidência de infiltração?			
4.6	Outra condição excepcional?			

5	Ombreira Direita	SIM	NÃO	BOLETIM N°
5.1	Presença de cavidades ou buracos?			
5.2	Evidência de erosão?			
5.3	Evidência de escorregamento?			
5.4	Evidência de rompimento?			
5.5	Evidência de infiltração?			
5.6	Outra condição excepcional?			

6	Vertedouro	SIM	NÃO	BOLETIM N°
6.1	Trincas aparentes?			
6.2	Obstrução da tomada d'água?			
6.3	Outra condição excepcional?			

7	Reservatório	SIM	NÃO	BOLETIM N°
7.1	Evidência de erosão nas áreas marginais?			
7.2	Evidências de escorregamento nas áreas marginais?			
7.3	Evidências de assoreamento?			
7.4	Outra condição excepcional?			

OBS: COMPLEMENTAR, CASO NECESSÁRIO