

# Guia Básico de Segurança de Barragens

O **Guia Básico de Segurança de Barragens** é o resultado do esforço coordenado de um grupo de profissionais, cujo objetivo foi o de reunir em um só documento suas experiências às das empresas em que trabalhavam e confrontá-lo com o estado da arte internacional.

Foi apresentado ao público no XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, acontecido em Belo Horizonte – MG, em março de 1999.

Seu papel é o de estabelecer parâmetros e à guisa de um roteiro básico ajudar a ter novas barragens seguras, quaisquer que sejam seus proprietários e manter as já construídas em um estado de segurança compatível com seu papel social.

No evento “Riscos Associados a Barragens”, que ora acontece em São Paulo, num momento delicado sob a ótica energética nacional, não poderia deixar de estar presente.

Esta é a razão de estar sendo reapresentado em um formato mais atual.

São Paulo, julho de 2001



Fabio De Gennaro Castro  
Diretor do Núcleo de São Paulo  
Comitê Brasileiro de Barragens



Comitê Brasileiro de Barragens  
Núcleo Regional de São Paulo

[voltar tela inicial](#)



## GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

## SÍNTESE DOS PRINCIPAIS PONTOS SOBRE A AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS E ESTRUTURAS ASSOCIADAS

O Proprietário é o responsável pela segurança da barragem em todas as fases, isto é, construção, comissionamento, operação e eventual abandono, respondendo pelas consequências de uma eventual ruptura.

Todas as barragens devem ser classificadas quanto às consequências de uma ruptura em potencial, onde devem ser considerados, entre outros, os seguintes fatores:

- ◆ Populações a jusante
- ◆ Danos materiais
- ◆ Danos ao meio ambiente
- ◆ Danos à infra-estrutura

Todas as barragens devem ser inspecionadas periodicamente, para detectar eventuais deteriorações:

- ◆ Inspeções de Rotina
- ◆ Inspeções Periódicas
- ◆ Inspeções Formais

Toda barragem deve ser instrumentada, de acordo com seu porte e riscos associados, e ter os dados analisados “pari passu” com a realização das leituras. Todos os instrumentos devem ser dotados de valores de controle ou limites.

Todas as barragens devem ser submetidas periodicamente a uma reavaliação de suas condições de segurança, segundo sua classificação quanto às consequências de ruptura.

As eventuais obras de reparo ou de manutenção recomendadas nas inspeções, deverão ser implementadas com a máxima brevidade possível.

As equipes de operação e manutenção da barragem devem dispor de procedimentos e treinamento para atuar em situações de emergência tais como, durante a passagem de cheias excepcionais, alertas da instrumentação, etc.

As barragens deverão ser dotadas de um plano de emergência, objetivando a preservação das pessoas residentes a jusante, em caso de acidente.

## INDICE

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>7</b>
<b>PREFÁCIO .....</b>	<b>8</b>
<b>HISTÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>13</b>
<b>1. GERAL.....</b>	<b>17</b>
1.1. INTRODUÇÃO .....	17
1.2. APLICABILIDADE DO GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS .....	17
1.3. RESPONSABILIDADE PELA SEGURANÇA DA BARRAGEM.....	18
1.4. CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS.....	18
1.5. SELEÇÃO DO CRITÉRIO DE SEGURANÇA .....	21
1.6. DESCOMISSIONAMENTO E ABANDONO.....	21
<b>2. REAVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS .....</b>	<b>23</b>
2.1. GERAL.....	23
2.2. DETALHES DA REAVALIAÇÃO.....	24
2.2.1. Classificação da barragem.....	24
2.2.2. Inspeção do local .....	24
2.2.3. Projeto e construção .....	25
2.2.4. Operação .....	25
2.2.5. Manutenção .....	26
2.2.6. Inspeção e monitoração do desempenho da barragem.....	26
2.2.7. Plano de ação emergencial.....	26
2.2.8. Fidelidade com reavaliações anteriores.....	27
2.3. RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS .....	27
2.4. INSUFICIÊNCIA DOS REQUISITOS DE SEGURANÇA .....	27

<b>3. OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO (OMI)</b> .....	<b>29</b>
3.1. GERAL.....	29
3.2. OPERAÇÃO .....	30
3.2.1. Procedimentos para a operação em regime de cheias .....	30
3.2.2. Procedimentos para operação de emergência .....	31
3.2.3. Controle de materiais flutuantes e/ou entulhos .....	31
3.2.4. Previsão de cheias.....	32
3.3. MANUTENÇÃO.....	32
3.4. INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO .....	34
3.4.1. Padronizações .....	34
3.4.2. Inspeções regulares.....	34
3.4.3. Inspeções especiais ou emergenciais.....	36
3.4.4. Instrumentação .....	36
3.4.5. Ensaios .....	37
3.5. IMPLEMENTAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES, OBRAS E/OU REPAROS.....	37
3.6. SEGURANÇA PATRIMONIAL.....	37
<b>4. PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA</b> .....	<b>38</b>
4.1. GERAL.....	38
4.2. PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE) .....	39
4.2.1. Necessidade de um PAE .....	39
4.2.2. Desenvolvimento de um PAE.....	39
4.2.3. Conteúdo de um PAE .....	40
4.2.4. Manutenção e teste de um PAE .....	42
4.2.5. Treinamento .....	43
4.3. ESTUDOS DE INUNDAÇÃO.....	43
<b>5. SISMOS</b> .....	<b>45</b>
<b>6. CHEIAS</b> .....	<b>47</b>
6.1. GERAL.....	47
6.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CHEIAS.....	48
6.3. CHEIA MÁXIMA PROVÁVEL (CMP) .....	49

<b>7. ÓRGÃOS DE DESCARGA.....</b>	<b>50</b>
7.1. GERAL.....	50
7.2. BORDA LIVRE .....	50
7.3. CAPACIDADE DE DESCARGA DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS .....	51
7.4. OPERAÇÃO DURANTE AS CHEIAS .....	52
7.5. OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE DESCARGAS.....	52
7.6. INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE .....	53
7.7. EQUIPAMENTO DE EMERGÊNCIA.....	53
<b>8. CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS .....</b>	<b>54</b>
8.1. BARRAGENS DE TERRA E FUNDAÇÕES EM SOLO .....	54
8.1.1. Monitoração e instrumentação.....	54
8.1.2. Estabilidade.....	54
8.1.3. Borda livre.....	56
8.1.4. Percolação e controle da drenagem .....	56
8.1.5. Fissuração.....	56
8.1.6. Erosão superficial.....	57
8.1.7. Liquefação.....	57
8.1.8. Resistência a sismos.....	58
8.2. BARRAGENS SOBRE FUNDAÇÃO EM ROCHA.....	58
8.2.1. Estabilidade da fundação.....	58
8.2.2. Parâmetros de resistência ao cisalhamento .....	59
8.2.3. Percolação e drenagem.....	59
8.3. ESTRUTURAS ASSOCIADAS .....	60
8.3.1. Movimentação da fundação .....	60
8.3.2. Estabilidade de taludes.....	60
8.3.3. Percolação .....	60
8.4. ESTRUTURAS CELULARES COM PREENCHIMENTO E OUTRAS ESTRUTURAS EM PRANCHÕES DE MADEIRA. ....	61
8.5. BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO .....	61
8.6. BARRAGENS DE ENROCAMENTO SUBMETIDAS À PERCOLAÇÃO .....	61

<b>9. ESTRUTURAS DE CONCRETO.....</b>	<b>62</b>
9.1. GERAL.....	62
9.2. CONDIÇÕES DA ESTRUTURA E DO LOCAL .....	64
9.3. AÇÕES DE PROJETO.....	65
9.4. COMBINAÇÃO DE CARREGAMENTOS .....	65
9.4.1. Caso de Carregamento Normal (CCN) .....	65
9.4.2. Caso de Carregamento Excepcional (CCE).....	66
9.4.3. Casos de Carregamento de Construção (CCC).....	66
9.4.4. Combinações de Ações .....	67
9.5. INDICADORES DE DESEMPENHO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO.....	67
9.5.1. Análise de Estabilidade e Coeficientes de Segurança.....	67
9.5.2. Análise de Tensões, Tensões Admissíveis, Tensões de Serviço e Deformações.....	70
<b>10. RESERVATÓRIO E EFEITOS DO MEIO AMBIENTE.....</b>	<b>73</b>
10.1. ENTULHO E VEGETAÇÃO NO RESERVATÓRIO.....	73
10.2. MARGENS DO RESERVATÓRIO.....	73
10.3. QUALIDADE DA ÁGUA.....	74
10.4. SEDIMENTAÇÃO E ASSOREAMENTO .....	74
10.5. Esvaziamento do Reservatório.....	75
10.6. ECOLOGIA .....	75
<b>11. REQUISITOS ADICIONAIS PARA BARRAGENS DE REJEITOS.....</b>	<b>77</b>

A Comissão Regional de Segurança de Barragens de São Paulo, formada pelo Núcleo Regional de São Paulo do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, expressa os seus agradecimentos à Associação Canadense de Barragens (Canadian Dam Association), pela autorização de uso de suas Diretrizes para Segurança de Barragens (Canadian Dam Safety Guidelines), publicada em junho de 1997, como documento base para elaboração do presente Guia Básico de Segurança de Barragens, desenvolvido no âmbito desta Comissão.

Agradece também aos membros integrantes desta comissão, empresas e seus representantes, que em curto espaço de tempo, desenvolveram as tarefas de adaptação, revisão e incorporação da experiência paulista ao tema.

Um especial agradecimento ao Sr. Henry Dantas Strong, pelos serviços de tradução e revisão do texto base e pela dedicação demonstrada.

## GRUPO DE TRABALHO

Empresas	Participantes
CBA - Companhia Brasileira de Alumínio	José Geraldo Martins Floret Filho
CESP - Companhia Energética de São Paulo	Julio Cesar Astolphi Rui Pires dos Santos
CNEC - Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S.A.	Ciro Humes
Consultores Independentes	Hamilton Gonzaga de Oliveira Clovis Ribeiro de Moraes Leme João Francisco Alves Silveira
CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz	José Ferreira Abdal Neto Alex de Araujo Germer
DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica	Wanderley Pires
EMAE - Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.	Marcos de Oliveira Guerra Paulo Victor Castello Branco Braun
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	Ronaldo Rocha
PROMON Engenharia Ltda	Sebastião Antônio Silva
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo S.A.	Wagner Vicente Felix Ferreira
THEMAG Engenharia Ltda	Selmo Chapira Kuperman

## Prefácio

O Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, através do Núcleo Regional de São Paulo, criou, em outubro de 1.996, a Comissão Regional de Segurança de Barragens, que estabeleceu entre suas metas prioritárias o levantamento da situação da segurança de barragens no Estado de São Paulo e a elaboração do Guia Básico de Segurança de Barragens.

No XXII Seminário Nacional de Grandes Barragens foram publicados e apresentados os resultados da pesquisa sobre a situação atual da segurança de barragem no Estado de São Paulo, mostrando dados que revelam uma situação no mínimo preocupante.

Com a publicação deste guia, considera-se vencida mais uma etapa das iniciadas, já trabalhada em outras épocas, que possibilita aos profissionais atuantes nesta atividade, acesso às informações mais recentes e, principalmente, procura definir requisitos e recomendações mínimas a serem seguidos em estudos relativos a segurança de barragens, segundo critérios uniformes e coerentes com o atual estágio do conhecimento.

No Estado de São Paulo, como em vários outros estados do país, os procedimentos referentes à supervisão das condições de segurança de barragens, têm estado condicionados a iniciativa dos proprietários, cujos critérios têm sido variados.

Assim, procurou-se através deste guia atingir os seguintes objetivos:

- ◆ definir requisitos mínimos de segurança;
- ◆ uniformizar os critérios empregados na sua avaliação;
- ◆ permitir uma supervisão consistente, da segurança de barragens, de modo a conduzir à execução de melhorias, que contribuam para o aumento da segurança dessas estruturas;
- ◆ contribuir para a legislação e regulamentação da segurança de barragens, em âmbito nacional.

Este guia não pretende substituir especificações de projeto, projetos de reabilitação ou construção e nem deve ser utilizado como manual de instrução de pessoas não atuantes no ramo da Engenharia Civil.

A comissão admite, que o uso de critérios diferentes dos que aqui indicados, podem eventualmente ser apropriados, ou mesmo necessários, conforme condições específicas de alguns empreendimentos e visando muitas vezes, a aplicação de novos conhecimentos e de técnicas melhoradas de projeto, construção e de avaliação da segurança barragens.

A responsabilidade quanto a interpretação apropriada, a verificação e aplicação deste guia é dos engenheiros empenhados no gerenciamento de segurança de barragens e das organizações ou empresas que os empregam ou contratam.

A legislação brasileira, em geral, não apresenta exigências detalhadas no que diz respeito à segurança de barragens. Especificamente no Estado de São Paulo, logo após os acidentes ocorridos com as barragens de Euclides da Cunha e Armando de Salles Oliveira, em 1977, foi emitido o Decreto nº 10752 dispendo sobre segurança das barragens no Estado e recomendando auditorias técnicas permanentes. Por falta de regulamentação este decreto nunca foi implementado.

A Constituição do Estado de São Paulo aborda de maneira indireta o assunto ao se referir, no art. nº 210, quanto à garantia de segurança e saúde pública, quando de eventos hidrológicos indesejáveis.

O mesmo nível de abordagem consta da Lei nº 7663 que estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos. Algumas das passagens de certos artigos podem ser aplicáveis à segurança de barragens e ao seu funcionamento adequado, tais como os que dizem que: o Estado assegurará meios financeiros e institucionais para ... "defesa contra eventos hidrológicos críticos, que ofereçam riscos à saúde e segurança pública, assim como prejuízos econômicos e sociais"; o Estado realizará programas conjuntos com os Municípios mediante convênios ... com vista a ... "implantação de sistemas de alerta e defesa civil para garantir a segurança e a saúde pública, quando de eventos hidrológicos indesejáveis"; o Estado ... articulará com a União, outros Estados vizinhos e Municípios, atuação para aproveitamento e controle dos recursos hídricos em seu território ... com vistas ... "a controle de cheias, a prevenção de inundações, e drenagem e à correta utilização das várzeas".

O CBGB - Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, seguindo a tendência mundial da década de 70, editou em 1979 e 1983 as "Diretrizes para a Inspeção e Avaliação da Segurança de Barragens em Operação". Posteriormente, em 1986, editou as "Recomendações para a Formulação e Verificação de Critérios e Procedimentos de Segurança de Barragens", em 1995 o "Cadastro Brasileiro de Deterioração de Barragens e Reservatórios" e, em 1996, "Auscultação e Instrumentação de Barragens no Brasil". Estas publicações, elaboradas por comissões do CBGB, tem servido para balisar os procedimentos de segurança adotados por algumas organizações brasileiras.

O Ministério de Minas e Energia, através da Portaria nº 739, de 1988, criou um grupo de trabalho com o objetivo de normalizar procedimentos preventivos e de manutenção voltados à segurança das diversas barragens existentes. Coordenado pela Eletrobrás o grupo concluiu, em 1989, um relatório que abordou entre outros aspectos importantes: estabelecimento de mecanismos de monitoração e da instrumentação; definição da periodicidade de inspeção; procedimento gerais a serem seguidos em casos de acidentes; definição das responsabilidades pela execução das ações.

O relatório previa a criação de uma Sub-Comissão de Segurança de Barragens, a instalação de um Cadastro Nacional de Barragens e a caracterização do potencial de risco de cada barragem.

Em 1996 e 1997 o CBGB, através da Comissão de Deterioração e Reabilitação de Barragens, elaborou minuta de Portaria do Ministério de Minas e Energia, para criação do Conselho Nacional de Segurança de Barragens tendo encaminhado a mesma para a análise do DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.

### **Panorama Internacional**

A Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB), sempre esteve preocupada com a segurança de barragens, tendo sido intensa sua atividade neste campo com a formação de diversos comitês, edição de recomendações e organização de congressos, seminários e cursos.

Uma série de rupturas catastróficas, a partir da década de 50, levou diversos países a adotar medidas que garantissem a segurança de suas barragens.

Durante o Congresso Internacional de Grandes Barragens, do ICOLD (International Commission on Large Dams) em 1979, em Nova Delhi, decidiu-se investir maiores esforços no âmbito de segurança por três razões principais: diversos incidentes em barragens, com graves consequências ocorridos na época; aumento nas dimensões das novas barragens e envelhecimento de uma quantidade apreciável de outras; incremento na quantidade de barragens sendo construídas em países com pouca ou nenhuma experiência em engenharia de barragens.

Dentre as diversas publicações relacionadas à segurança de barragens contendo recomendações emitidas pelo ICOLD podem ser destacadas: "Lessons from Dams Incidents" (1974), "Automated Observations for Safety Control of Dams" (1982), "Deterioration of Dams and Reservoirs" (1983), "Dam Safety Guidelines" (1987), "Dam Monitoring-General Considerations" (1988), "Inspection of Dams Following Earthquake" (1988), "Monitoring of Dams and Their Foundations" (1989), "Dam Failures Statistical Analysis" (1995).

Nos Estados Unidos da América, num intervalo de 5 anos as rupturas das barragens de Buffalo Creek (causando 125 mortes e enormes prejuízos materiais) e Canyon Lake, em 1972, Kelly Barnes (causando 39 mortes) e Teton (causando 14 mortes e danos avaliados em um bilhão de dólares), em 1976, contribuíram decisivamente para uma revisão geral da legislação para a segurança e inspeção de barragens no país.

Entre as iniciativas adotadas pelo governo americano figuram:

- ◆ Lei autorizando o U.S. Army Corps of Engineers a inventariar e inspecionar barragens não federais (1972);
- ◆ Revisão de critérios de segurança, coordenação centralizada de programas de segurança de barragens, revisão dos procedimentos adotados por agências federais (1977) por junta de consultores independentes;

## Histórico

- ◆ Ordem presidencial para que o Guia de Segurança de Barragens fosse aplicado e que suas conclusões fossem encaminhadas à nova agência FEMA (Federal Emergency Management Agency), organizada em 1979;
- ◆ Publicação do Water Resources Development Act, autorizando o financiamento federal a programas estaduais de segurança de barragens (1986);
- ◆ Aprovação do National Dam Safety Act e respectivas dotações orçamentárias (1997).

Além da FEMA, foram criados outros dois organismos encarregados de desenvolver, supervisionar e divulgar a segurança de barragens: o ICODS (Interagency Committee on Dam Safety) e a ASDSO (Association of State Dam Safety Officials). Um terceiro órgão, a FERC (Federal Energy Regulatory Commission) também atua na área, principalmente no tocante aos Planos de Ações Emergenciais em Barragens

Em Portugal foi promulgado, em 1990, o decreto-lei sobre o “Regulamento de Segurança de Barragens”, dando prazo de 5 anos (vencidos em 1995) para que as barragens existentes passassem a aplicar as imposições do regulamento. Entre estas imposições pode-se destacar:

- ◆ Designação dos responsáveis pela segurança, englobando o governo (representado pela Direção Geral dos Recursos Naturais), o LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, o Serviço Nacional de Proteção Civil, a recém criada Comissão de Segurança de Barragens e o proprietário da obra;
- ◆ Constituição de um plano de observação e sua adaptação quando necessário, obrigatoriamente a cada 20 anos;
- ◆ Inspeções periódicas por meio da autoridade competente.

No Canadá, em 1980, o Comitê de Segurança de Barragens do Canadian National Committee on Large Dams, verificou que a legislação de todas as províncias e territórios era genérica e continha poucos artigos específicos sobre programas de segurança e monitoramento. A partir desta constatação foi dada maior ênfase aos aspectos de segurança, tendo sido preparado o Dam Safety Guidelines em 1995, revisado em 1997.

Na Suécia o controle de construção e manutenção é regido pelo Water Rights Act de 1918. Foi organizado um serviço especial de inspeção de barragens pertencentes aos “State Power Board” que passou a inspecioná-las com especialistas, em intervalos pré-fixados. Os mesmos procedimentos foram seguidos pelas companhias associadas à Swedish Power Association. A legislação sobre recursos hídricos foi reformulada no início da década de 80, passando as autoridades municipais a arcar com a responsabilidade pela supervisão, inspeção e eventuais medidas a serem tomadas junto aos proprietários das barragens.

A Noruega adotou, formalmente, através de decreto real de 1980, o Regulamento para Planejamento, Construção e Operação de Barragens, que editou em 1992 o Projeto Norueguês de Segurança de Barragens que estabelece responsabilidade e respectivos impactos, bem como enfoca a segurança durante a operação e aborda aspectos técnicos.

## Histórico

A Finlândia editou, em 1994, o Dam Safety Code of Practice obrigando que o mesmo fosse obedecido em conjunto com o Dam Safety Act e o Dam Safety Decree, ambos de 1984.

A Inglaterra possui várias barragens muito antigas e a ruptura de algumas delas deu origem a uma legislação específica sobre segurança de barragens, em 1930. Outras rupturas ocorreram no início da década de 70 dando ensejo a mudanças legais, propostas em 1975, que se mostraram eficazes.

A Itália editou um decreto, em 1982, aplicável a barragens com altura superior a 10 m e reservatórios com capacidade superior a 100.000 m<sup>3</sup>, onde são indicadas as responsabilidades que envolvem os diversos organismos nas várias fases de um empreendimento.

Na França, instruções sobre inspeção de barragens foram definidas através de circulares ministeriais em 1927 e 1928. Em 1966, estas instruções foram revisadas e foi criada nesta época um comitê técnico permanente de barragens. Em 1968, um decreto impôs a preparação de um "plano de alarme" para todas as barragens com altura superior a 18 m e reservatório com capacidade acima de 15 milhões de metros cúbicos. Existe, ainda, uma regulamentação sobre as frequências de inspeção e sobre os especialistas que delas devem participar. Em 1992, novo decreto impôs a realização de análises de riscos e a obrigatoriedade de instalação de instrumentação e de dispositivos de alerta em determinadas barragens.

Situações similares, relativas à segurança de barragens são encontradas em muitos outros países tais como: África do Sul, Alemanha, Austrália, Áustria, Espanha, Indonésia, Holanda, Romênia, entre outros.

A crescente troca de informações entre as várias associações que se dedicam ao estudo do problema tem propiciado um avanço sensível nos regulamentos e critérios utilizados pelos diversos países, havendo uma tendência de uniformização de conceitos e práticas recomendadas.

## **AGÊNCIAS REGULADORAS**

---

Normalmente um ministério, secretaria, departamento ou outra unidade do Governo Federal ou Estadual autorizados por lei ou ato administrativo, para a supervisão geral de projetos, construção, operação e segurança de barragens e reservatórios, bem como qualquer entidade para a qual a totalidade ou parte das tarefas e funções executivas ou operacionais tenham sido delegadas pelo poder legalmente constituído.

## **BACIA DE CONTRIBUIÇÃO**

---

Área da superfície que é drenada para um ponto específico, tal como um reservatório; também conhecido como bacia hidrográfica ou área da bacia hidrológica.

## **BARRAGEM**

---

Estrutura construída transversalmente a um rio com a finalidade de obter a elevação do seu nível d'água e/ou de criar um reservatório de acumulação de água ou de regulação das vazões do rio ou de outro fluido.

## **BARRAGEM DE REJEITOS**

---

Barragem construída para reter rejeitos ou materiais estéreis de mineração ou de outros processos industriais.

## **BORDA LIVRE**

---

Distância vertical entre a maior cota da superfície da água junto à barragem e a cota mais baixa do topo de uma barragem ou outra estrutura de contenção.

## **CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO**

---

Capacidade bruta total do reservatório ao seu nível máximo de armazenamento.

## **CHEIA AFLUENTE DE PROJETO (CAP)**

---

Cheia afluente mais severa (volume, pico, forma, duração, sincronismo), para a qual a barragem, e suas estruturas associadas, são projetadas.

## **CHEIA MÁXIMA PROVÁVEL (CMP)**

---

Estimativa hipotética da cheia (fluxo de pico, volume e forma da hidrógrafa) que é considerada como a condição mais severa "fisicamente possível de ocorrer" numa determinada localidade e época do ano, com base em uma análise hidrometeorológica relativamente pormenorizada de uma precipitação crítica que resulte em escoamento, e fatores hidrológicos favoráveis a um escoamento máximo da cheia.

## **CONFIABILIDADE**

---

Probabilidade de desempenho satisfatório de um dado elemento do empreendimento.

## **CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA**

---

Impactos a montante e a jusante da barragem resultantes da sua ruptura ou das estruturas associadas. Uma escala de consequências adversas que poderiam ser causadas pela ruptura de uma barragem, pode ser utilizada para classificação.

### **CONSEQUÊNCIAS INCREMENTAIS DA RUPTURA**

---

Perdas incrementais ou danos que a ruptura da barragem pode infligir às áreas a montante, a jusante ou à estrutura da barragem, adicionais a quaisquer perdas que poderiam ter ocorrido para o mesmo evento natural, ou condição, caso a barragem não tivesse rompido.

### **CRISTA DA BARRAGEM**

---

Cota da superfície superior da barragem, não se levando em conta qualquer abaulamento, meio-fio, parapeitos, defensas ou outras estruturas que não sejam parte da estrutura principal do barramento de água.

### **CRISTA DO VERTEDOURO**

---

Parte superior da seção vertente do vertedouro.

### **DIQUE AUXILIAR**

---

Barramento de qualquer tipo, construído numa sela topográfica ou ponto de cota baixa no perímetro do reservatório.

### **EMERGÊNCIA**

---

Em termos de operação de barragens, qualquer condição que coloque em risco, a integridade da barragem e de vidas ou propriedades a jusante, e que requeira uma intervenção imediata.

### **ESTRUTURAS ASSOCIADAS**

---

Estruturas e equipamentos locais, que não façam parte da barragem propriamente dita. Incluem, estruturas tais como torres de tomada d'água, estruturas da casa de força, túneis, canais, condutos forçados, descargas de fundo, bacias de amortecimento, poços, galerias, mecanismos de acionamento de comportas, etc.

### **EVENTO EXTREMO**

---

Um evento que possui uma probabilidade de excepcionalidade anual muito pequena.

### **FUNDAÇÃO**

---

Mação de rocha e/ou solo que forma a base de assentamento para uma barragem, dique e suas estruturas associadas.

### **INSPEÇÃO**

---

Inspeção da barragem, diques e estruturas associadas, e suas fundações com a finalidade de se observar as suas condições e desempenho.

### **NÍVEL D'ÁGUA DE JUSANTE**

---

Nível da água no canal de descarga, imediatamente a jusante da barragem.

### **NÍVEL MÁXIMO NORMAL**

---

Cota da superfície da água em seu nível máximo normal de operação em um reservatório.

### **OMBREIRA**

---

Parte da encosta contra a qual a barragem é construída.

## ÓRGÃOS DE DESCARGA

---

Combinação de estruturas de tomada d'água, condutos, túneis, dispositivos de controle de fluxo e dissipação de energia, que permitam a liberação da água do reservatório de uma barragem.

## PÉ DA BARRAGEM

---

Junção da face de jusante (ou montante) da barragem, com a superfície de fundação.

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE)

---

Documento que contém os procedimentos para atuação em situações de emergência, bem como os meios de comunicação e os mapas de inundação que mostrem os níveis d'água de montante e jusante e os tempos de chegada das ondas de cheia, que poderiam resultar da ruptura da barragem ou de suas estruturas associadas.

## PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PROVÁVEL (PMP)

---

Maior precipitação pluviométrica para uma dada duração meteorologicamente possível, para uma dada área de tormenta em uma localização específica, em uma determinada época do ano sem levar em consideração tendências climáticas de longa duração. A PMP é uma estimativa e um limite físico conectado à precipitação que a atmosfera pode produzir.

## PROBABILIDADE DE EXCEPCIONALIDADE ANUAL (PEA)

---

Probabilidade de que um evento de magnitude específica seja igualado ou superado em qualquer ano.

## PROPRIETÁRIO

---

Pessoa física ou jurídica, incluindo-se uma companhia, organização, unidade governamental, concessionária, permissionária ou autorizada, corporação ou outra entidade, que detenha quer uma concessão, permissão, autorização ou licença governamental para operar a barragem, quer um título de propriedade legal sobre o local do barramento, barragem e/ou reservatório, o qual é responsável pela sua segurança.

## REAVLIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM

---

Uma reavaliação formal, pormenorizada, executada a intervalos regulares, para determinar qual o nível de segurança da barragem.

## RESERVATÓRIO

---

Lago (volume de água) acumulada por uma ou mais barragens e/ou diques, limitado por suas margens.

## PERIGO POTENCIAL

---

Ameaça ou condição em potencial que pode resultar de uma causa externa (p.ex. cheias), com possibilidade de criar consequências adversas.

## RISCO

---

Probabilidade e severidade de um efeito adverso para a saúde, para a propriedade ou para o meio ambiente. O risco é estimado por expectativas matemáticas das consequências de um evento adverso.

**RUPTURA DE BARRAGEM**

---

Em termos de integridade estrutural, uma liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso da barragem ou alguma parte dela. Em termos de desempenho, é a incapacidade de uma barragem em desempenhar suas funções.

**SISMO MÁXIMO DE PROJETO (SMP)**

---

O sismo que resultaria da mais severa movimentação da fundação que a estrutura da barragem pode ser capaz de resistir, sem uma liberação incontrolável de água do reservatório.

**SISMO PREVISÍVEL MÁXIMO (SPM)**

---

O maior sismo passível de ocorrer ao longo de uma falha reconhecível ou dentro de uma região tectônica geograficamente definida.

**TEMPO DE RECORRÊNCIA**

---

Recíproca da Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA). Por um longo período de registro, o período de recorrência equivale ao tempo médio decorrido entre ocorrências de um evento igual ou superior a uma certa magnitude específica.

**VERTEDOURO**

---

Estrutura projetada somente para permitir descargas d'água do reservatório, tais como soleira vertente, canal, túnel, etc.

## 1. GERAL

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

### 1.1. INTRODUÇÃO

Uma barragem segura é aquela cujo desempenho garanta um nível aceitável de proteção contra ruptura, ou galgamento sem ruptura, conforme os critérios de segurança utilizados pelo meio técnico.

A segurança das barragens existentes deve ser avaliada regularmente pelas reavaliações de segurança (ver item 2) de todas as estruturas e instalações. A segurança de uma barragem pode ser garantida por:

- ◆ Correção de qualquer deficiência constatada;
- ◆ Operação segura, continuada, manutenção e inspeção (item 3);
- ◆ Preparação adequada para emergências (item 4).

### 1.2. APLICABILIDADE DO GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Os requisitos técnicos e as diretrizes aqui apresentadas, são direcionados para barragens onde as consequências da ruptura incluem a possível perda de vidas ou danos adicionais aos do domínio do proprietário. Deve-se prever reavaliações regulares nas consequências de uma ruptura de barragem (ver item 2.1), na medida em que as consequências da ruptura podem mudar, por exemplo devido a alterações no uso de terras a jusante.

Este guia deve ser obrigatoriamente utilizado para barragens, e independente do material de que foi ou será construída, destinada a reter e/ou represar água ou rejeitos e que tenha:

- ◆ Altura superior a 15 (quinze) metros, do ponto mais baixo da fundação à crista, ou;
- ◆ Altura entre 10 (dez) e 15 (quinze) metros, do ponto mais baixo da fundação à crista, caso preenchida pelo menos uma das seguintes condições:
  - a) a crista tenha, no mínimo, 500 (quinhentos) metros de comprimento
  - b) a capacidade total de acumulação do reservatório seja igual ou maior que 1 (um) milhão de metros cúbicos.

Este guia pode também ser aplicado em barragens que não se enquadrem na definição acima, mas que possam provocar danos em caso de ruptura ou acidentes.

### 1.3. RESPONSABILIDADE PELA SEGURANÇA DA BARRAGEM

---

REQUISITO: A responsabilidade por todos os aspectos relacionados a segurança de barragens deve ser claramente definida.

---

O proprietário da barragem tem, em última instância, a responsabilidade por todos os aspectos relacionados a sua segurança. O proprietário deve assegurar que a operação da barragem e a sua manutenção sejam executadas por pessoas que tenham conhecimento e habilitação para tal. Iniciativas apropriadas devem ser tomadas com relação ao treinamento do quadro de pessoal.

O proprietário da barragem deve assegurar que as reavaliações de segurança da barragem (ver item 2) bem como os aperfeiçoamentos, sejam conduzidos sob a direção de engenheiros qualificados para tal. Todas as reavaliações de segurança da barragem, investigações, análises e melhorias devem utilizar métodos que sejam compatíveis com os requisitos exigidos por este guia.

---

REQUISITO: Quando a posse de uma barragem for transferida, as partes devem coletar e reunir toda a documentação técnica existente, especialmente aquela contendo os dados e eventuais preocupações concernentes à sua segurança e a responsabilidade pela continuidade ou criação da supervisão das condições de segurança da barragem deve ser claramente definida.

---

A transferência de documentação deve incluir as seguintes informações, caso disponíveis:

- ◆ Resultados de investigações das fundações;
- ◆ Detalhes de projeto e plantas de “como construído”;
- ◆ Registros da fase construtiva;
- ◆ Manuais de operação;
- ◆ Registros da instrumentação;
- ◆ Relatórios de inspeção;
- ◆ Relatórios de segurança;
- ◆ Estudos de inundação e planos para situações de emergência.

### 1.4. CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS

A posse de barragens de “Consequência Alta” e “Muito Alta”, conforme Tabela 1.1, deve ser transferida apenas se o novo proprietário tiver recursos adequados para monitorar e manter a barragem, assim como para realizar reparos ou melhorias necessários. O novo proprietário deve estar ciente da responsabilidade que está assumindo.

---

**REQUISITO:** Toda barragem deve ser classificada em termos de previsão quanto às consequências da ruptura. Cada estrutura de barramento, incluindo-se as passagens d'água, devem ser classificadas separadamente.

---

Cada barragem deve ser classificada de acordo com as consequências de sua ruptura. A classificação constitui a base para a análise da segurança da barragem e para fixar níveis apropriados de atividades de inspeção. A Tabela 1-1 apresenta o sistema de classificação mais comumente aceitável, que está baseado no potencial de perda de vidas e nos danos econômicos associados à ruptura da barragem. Este sistema de classificação é usado para relacionar as consequências da ruptura aos requisitos constantes nos itens de 2 a 10.

Sistemas alternativos de classificação podem ser adotados, para interpretar e distinguir os requisitos para observação de barragens e para as inspeções de segurança, de acordo com o estabelecido nos itens 2 e 3 desse guia. Tais sistemas de classificação devem incorporar as características físicas da barragem, suas condições e percepção de risco de ruptura em potencial, bem como as consequências que adviriam desta ruptura.

As estruturas associadas podem ser classificadas separadamente. Deste modo, os locais de passagem de água poderiam ser de categorias diferentes com relação à barragem, dependendo das consequências da ruptura. No caso de se considerar sistemas de alerta, para redução do potencial de perda de vidas, a confiabilidade de tais sistemas deve ser incorporada em todas as análises e avaliações.

As categorias de consequências, relacionadas na Tabela 1-1, são baseadas no incremento de perdas que uma ruptura pode infligir às áreas a montante ou jusante, ou ainda na própria barragem.

A diferenciação entre as categorias de consequência, e o relacionamento com os requisitos de segurança são sugeridos, para refletir os valores e prioridades da sociedade na alocação e distribuição de recursos e fundos a serem utilizados na proteção e salvamento de vidas, e para a salvaguarda de propriedades.

As "consequências incrementais" da ruptura de uma barragem devem ser avaliadas em termos de :

- ◆ Perda de vidas;
- ◆ Valor econômico de outras perdas e/ou danos a propriedades, instalações, outras barragens, bem como a perda na geração de energia e fornecimento de água. Onde apropriado, os custos devem ser classificados como de impacto social, cultural e ambiental;
- ◆ Outras consequências menos quantificáveis relacionadas a impactos sociais, culturais e ambientais, que não possam ser avaliadas

economicamente, podem exigir condições baseadas no local específico da ocorrência.

As consequências mais severas devem prevalecer. Por exemplo, se as perdas econômicas forem “Muito Altas” e a perda de vidas for “Alta”, a barragem deveria ser classificada como barragem de consequências de ruptura “Muito Alta”.

A avaliação do potencial de perdas, com ou sem a ruptura da barragem, deve ser baseada em estudos de inundação, e deve considerar o desenvolvimento existente e o previsto, na utilização das terras a jusante. Ao mesmo tempo, o estudo apropriado do nível de inundação deverá depender das consequências potenciais da ruptura. Para as barragens onde houver incertezas acerca das consequências de seu colapso, deve-se utilizar uma análise simplificada e conservadora, quanto às previsões preliminares. Se esta análise demonstrar um certo potencial de risco, uma análise mais sofisticada deve então ser adotada. No caso de barragens onde as consequências de ruptura recaiam claramente dentro da categoria “Muito Baixa”, um estudo formal de inundação não será necessário.

Um detalhamento do nível estimado no incremento das consequências da ruptura pode ser apropriado para uma barragem ser classificada na categoria de “Baixa Consequência”. Entretanto, se a barragem é passível de ser classificada em uma categoria de consequência “Alta”, ou “Muito Alta”, a avaliação das consequências incrementais da ruptura deve se basear em análises específicas do local e podem necessitar de investigações detalhadas.

**TABELA 1.1**  
**CLASSIFICAÇÃO DA CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA DE BARRAGENS**

**POTENCIAL CONSEQUÊNCIA INCREMENTAL DA RUPTURA<sup>(a)</sup>**

<b>CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA</b>	<b>PERDA DE VIDAS</b>	<b>ECONÔMICO, SOCIAL E DANOS AMBIENTAIS</b>
Muito alta	Significativa	Dano excessivo <sup>(a)</sup>
Alta	Alguma	Dano substancial
Baixa	Nenhuma	Dano moderado
Muito baixa	Nenhuma	Dano mínimo

(a) - os critérios de classificação de categorias de danos econômicos, sociais e ambientais devem ser baseados nas consequências das perdas em relação a região afetada.

## 1.5. SELEÇÃO DO CRITÉRIO DE SEGURANÇA

---

**REQUISITO:** A barragem, ao longo de suas fundações e ombreiras, deve possuir estabilidade adequada para suportar com segurança os carregamentos extremos, bem como as cargas normais de projeto.

A seleção do critério de segurança para carregamentos extremos, deve-se basear nas consequências da ruptura da barragem.

---

Métodos para se determinar apropriadamente os carregamentos normais de projeto e os fatores de segurança, estão cobertos nos itens de 5 a 9 deste documento. Os itens 5 e 6 versam sobre carregamento por sismos e cheias, respectivamente.

Para se selecionar os critérios para eventos extremos, pode-se usar uma consideração baseada no risco. O princípio é que uma barragem, cuja ruptura possa causar um dano excessivo ou a perda de muitas vidas, deve ser projetada para um padrão de segurança proporcionalmente mais alto do que o de uma barragem cuja ruptura resultaria em menos danos ou menor perda de vidas. Na avaliação da segurança de uma barragem existente, os métodos probabilísticos de análise de riscos podem auxiliar na verificação de que fatores qualitativos, tais como erosão interna, bloqueamento de vertedouro por entulhos, não sejam omitidos e que eles recebam uma atenção equiparável à sua contribuição para a probabilidade de ruptura. O nível de segurança de uma barragem pode algumas vezes ser melhorado pela adoção, nas avaliações, de condições menos severas, porém mais prováveis, do que aquelas associadas à tais eventos extremos como a Cheia Máxima Provável (CMP).

Os critérios para eventos extremos que não sejam cheias e sismos, devem ser coerentes com os níveis requeridos para cheias e sismos.

## 1.6. DESCOMISSIONAMENTO E ABANDONO

---

**REQUISITO:** Uma barragem deve ser descomissionada ou abandonada, apenas quando todos os requisitos do plano de descomissionamento ou abandono forem executados.

---

Uma barragem é considerada descomissionada caso ela não seja mais utilizada para os propósitos de capacitar a acumulação ou desvio de água (ou qualquer outra substância), ou se ela tiver sido removida e/ou demolida.

Antes do descomissionamento ou abandono, o proprietário deve preparar um estudo detalhado para a retirada da barragem de serviço, indicando medidas necessárias para a segurança com uma especial atenção voltada à capacidade de descarga das estruturas vertentes. A possibilidade de se expor qualquer estrutura remanescente a carregamentos ou combinação de

carregamentos não previstos no projeto original, ou sob condições adversamente inaceitáveis, deve ser verificada em detalhes.

O descomissionamento não pode resultar em abandono da barragem. Caso esta não tenha sido totalmente removida, e/ou demolida, ainda assim pode requerer inspeções periódicas. A necessidade de inspeções subsequentes, deve ser determinada antes do descomissionamento.

As possíveis consequências do descomissionamento, a jusante, incluindo a operação e a segurança das barragens e reservatórios a jusante, deve ser examinada com uma atenção especial voltada aos aspectos relacionados a emergências e a subsequente necessidade de se elaborar planos de preparação para condições emergenciais.

Uma barragem pode ser abandonada se parte suficiente de sua estrutura tiver sido removida, ao ponto de torná-la incapaz de acumular um reservatório, que se constitua em ameaça para os habitantes, propriedades ou ao meio ambiente à jusante.

De qualquer modo, o proprietário da barragem deve trabalhar intimamente ligado às agências ou autoridades governamentais, a fim de cumprir os requisitos, interesses ou implicações legais.

---

**REQUISITO:** A demolição de uma barragem, ou a remoção de qualquer de suas estruturas associadas, deve basear-se em práticas seguras e ser executada sem o aumento do risco de ruptura das estruturas remanescentes e associadas, não causando impactos adversos a jusante da barragem.

As operações de demolição não podem resultar em bloqueamento ou redução na descarga segura de cheias naturais.

---

**REQUISITO:** Estruturas remanescentes, após o descomissionamento não podem infligir um risco inaceitável à saúde e segurança pública ou ao meio ambiente.

---

A estabilidade das estruturas remanescentes deve ser examinada levando-se em conta os possíveis efeitos e consequências de deformação excessiva, erosão e/ou deterioração da fundação.

Estruturas remanescentes e quaisquer materiais que nelas estejam, não devem erodir ou se mover de suas posições planejadas por efeito de eventos extremos ou esforços de desagregação contínuos aos quais estejam passíveis de serem submetidas, quando tais movimentos ou erosões possam ameaçar a saúde e segurança pública ou o meio ambiente adjacente. As consequências de qualquer instabilidade química e lixiviação de produtos químicos para o meio ambiente, não poderá ameaçar a saúde e segurança pública ou o meio-ambiente.

## 2. REAVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

### 2.1. GERAL

**REQUISITO:** A reavaliação da segurança de barragens deve ser executada em intervalos de tempo regulares, para a barragem e suas estruturas associadas, incluindo-se seus planos de operação, manutenção, inspeção e de emergência, a fim de se determinar se estes são seguros em todos os aspectos e, caso não o sejam, determinar as melhorias necessárias para a segurança.

A primeira reavaliação de segurança da barragem, para uma barragem nova, deve ser completada em até 5 anos após o enchimento inicial.

A reavaliação da segurança da barragem é uma avaliação sistemática da segurança desta, por meio de inspeções pormenorizadas das estruturas, avaliação do desempenho e verificação dos registros originais de projeto e construção, para assegurar que estes obedeçam os critérios em vigor.

Os componentes para uma reavaliação da segurança de barragem estão resumidos no item 2.2.

A reavaliação deverá ser executada por engenheiros e geólogos que sejam qualificados, por seu conhecimento e experiência, em projeto, construção, avaliação de desempenho e operação de barragens.

Especial atenção deve ser dedicada para aquelas áreas que apresentam, reconhecidamente, suspeitas de deficiência ou que sejam cruciais para a segurança da barragem. A reavaliação deve utilizar as informações oriundas de qualquer reavaliação anterior, desde que a sua confiabilidade e validade possam ser verificadas.

No relatório de cada reavaliação deve-se fixar a data da próxima. A Tabela 2-1 fornece indicativos das recomendações para os períodos de reavaliação, baseado no sistema de classificação por consequência de ruptura da Tabela 1-1. Um sistema de classificação diferente pode ser usado, incorporando a avaliação do nível de proteção por probabilidade de ruptura da barragem, considerando fatores tais como tipo, altura e condições da barragem. Nesse caso, baseado nas condições e comportamento da barragem, os períodos apropriados de reavaliação, podem ser diferentes.

O nível de detalhes necessários para uma reavaliação da segurança da barragem, deve ser função da importância, do conservadorismo do projeto e da complexidade da barragem, bem como das consequências de sua ruptura.

Deve-se reavaliar periodicamente a segurança de barragens de consequência de ruptura “Muito Baixa”, uma vez que tal consequência pode mudar com o tempo e o desenvolvimento da região.

Caso ocorram mudanças significativas no comportamento da barragem ou nas condições locais (alterações significativas de projeto, eventos hidrológicos ou sismos de caráter extremo, etc.) deve-se efetuar uma reavaliação da segurança.

**TABELA 2-1**

**FREQUÊNCIA DE REAVALIAÇÕES DA SEGURANÇA DE BARRAGENS**

(Baseado no sistema de classificação de consequência da Tabela 1-1)

<b>CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA</b>	<b>PERÍODO ENTRE REAVALIAÇÕES</b>
Muito Alta	5 anos
Alta	7 anos
Baixa	10 anos
Muito baixa	10 anos

**2.2.**  
DETALHES DA  
REAVALIAÇÃO

**2.2.1 Classificação da barragem**

**REQUISITO:** A reavaliação deverá incluir a classificação da barragem de acordo com o descrito no item 1.4.

As consequências da ruptura de uma barragem devem ser avaliadas com base nas condições de jusante, previstas ou existentes, e na categoria por consequência de ruptura confirmada. Se a classificação não foi previamente determinada, ela deve ser estabelecida durante a reavaliação.

**2.2.2 Inspeção do local**

**REQUISITO:** A reavaliação deve incluir uma inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas, bem como a documentação pertinente.

Devem ser incluídas na inspeção do local, a barragem, sua fundação, órgãos de descarga, dispositivos de saída, reservatório, áreas imediatamente a jusante, dispositivos de auscultação e as vias de acesso.

### 2.2.3 Projeto e construção

---

**REQUISITO:** A reavaliação do projeto e da construção deve ser suficientemente pormenorizada para verificar se a barragem, órgãos de descarga e taludes do reservatório, satisfazem todos os requisitos de segurança atualmente aplicáveis.

---

A reavaliação do projeto, na medida em que registra as condições atuais da barragem a nível de “como construída”, deve incluir, onde aplicável, mas não ser limitada, ao seguinte:

- ◆ Registros de construção, para determinar se a barragem foi construída em conformidade com as hipóteses de projeto e para verificar a adequabilidade da sua estrutura e dos materiais de fundação;
- ◆ Atualizar a avaliação de eventos extremos, enchentes e sismos, para os quais a barragem está projetada, levando-se em conta qualquer evento extremo que possa ter ocorrido desde o comissionamento da barragem;
- ◆ Estabilidade e adequação estrutural, resistência à percolação e erosão de todas as partes dos barramentos, incluindo-se suas fundações, bem como quaisquer barreiras naturais sob condições de carregamentos, normais e extremos;
- ◆ Capacidade de todos os canais e condutos hidráulicos para descarregar seguramente as vazões de projeto e a adequação desses condutos hidráulicos para suportar a vazão afluente de projeto e de esvaziamento do reservatório, caso necessário, em condições emergenciais;
- ◆ O projeto de todas as comportas, válvulas, dispositivos de acionamento e controle de fluxo, incluindo-se os controles de fornecimento de energia ou de fluidos hidráulicos para assegurar a operação segura e confiável;
- ◆ Verificar a adequação das instalações para enfrentar fenômenos especiais que afetem a segurança, por exemplo, entulhos ou erosão, que podem ter sido insuficientemente avaliados na fase de projeto.

Quando a barragem estiver deteriorada devido ao envelhecimento, as investigações de campo devem ser executadas para se determinar as características atuais mais críticas.

A avaliação da segurança de uma barragem deverá incluir uma comparação com outras barragens similares existentes.

### 2.2.4 Operação

---

**REQUISITO:** A reavaliação deve determinar se foram elaborados, documentados e seguidos em todos os aspectos, os procedimentos seguros de operação. A adequação da documentação deve ser revista.

A reavaliação deve incluir o ensaio dos equipamentos necessários para se operar os órgãos de descarga (incluindo-se os equipamentos sobressalentes e de emergência, para o fornecimento de energia), que sejam necessários para a passagem segura da Cheia Afluente de Projeto (CAP).

---

A documentação dos procedimentos para operação segura devem constar de um Manual de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI), o qual deve estar disponível para o pessoal de operação, no local da barragem (ver item 3).

Se as comportas e equipamentos de descarga tiverem sido testados e operados no decorrer do ano, uma revisão desses ensaios ou da operação, podem ser suficientes para a reavaliação.

### 2.2.5 Manutenção

---

**REQUISITO:** A reavaliação deverá atestar se todas as instalações necessárias à segurança da barragem, inclusive sua instrumentação de auscultação, são mantidas em condições satisfatórias, de acordo com os requisitos de manutenção, definidos no manual de segurança da barragem.

---

Ver item 3.

### 2.2.6 Inspeção e monitoração do desempenho da barragem

---

**REQUISITO:** A reavaliação deve determinar se os métodos e a frequência de observação e monitoração são adequados e suficientes para se detectar qualquer condição de anomalia ou instabilidade em função do tempo.

A reavaliação deve determinar se os dados de monitoração foram regularmente analisados e usados, para assegurar pronta detecção de qualquer condição potencialmente insegura na barragem, relativa aos níveis d'água e dos taludes do reservatório.

---

Ver item 3.4

### 2.2.7 Plano de ação emergencial

---

**REQUISITO:** A reavaliação deve determinar se existe um nível apropriado de preparação para emergência, e se estes preparativos estão adequadamente documentados. A adequação dos sistemas de alerta, treinamento e planos de resposta emergencial deve ser revista, bem como o treinamento, exercícios práticos e atualização dos planos.

---

Ver item 4

### 2.2.8 Fidelidade com reavaliações anteriores

---

REQUISITO: Relatórios anteriores de segurança da barragem devem ser revistos, a fim de se determinar sua concordância com as recomendações deste guia.

---

Ver itens 2.3 e 2.4

## 2.3. RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

---

REQUISITO: O relatório de segurança da barragem deverá abranger todos os aspectos da segurança da barragem e deverá ser preparado para documentar a reavaliação da sua segurança.

O relatório deve identificar qualquer providência adicional necessária à operação segura, manutenção e inspeção adequada da barragem.

---

O relatório deve quantificar as deficiências, de modo que as prioridades para implementação das medidas corretivas, possam ser rapidamente estabelecidas. Cópias do relatório devem estar disponíveis e serem encaminhados aos órgãos reguladores.

## 2.4. INSUFICIÊNCIA DOS REQUISITOS DE SEGURANÇA

---

REQUISITO: Se uma barragem não apresentar os requisitos de segurança, deve-se executar melhoramentos apropriados, incluindo-se:

- ◆ Melhorias na segurança das instalações físicas;
  - ◆ Melhorias não estruturais;
  - ◆ Recuperação de qualquer deficiência na operação, observação, inspeção ou manutenção da barragem, ou na preparação de seus operadores para condições da emergência.
- 

Se a barragem não atender os padrões necessários de projeto e desempenho, estabelecidos nos itens de 5 a 10, normalmente serão necessárias melhorias na segurança. Alternativamente, as condições de carregamento da barragem podem ser mudadas, por exemplo, rebaixando-se os níveis de operação permitidos do reservatório, a fim de capacitá-la a atingir os padrões.

Na eventualidade de se identificar deficiências sérias (de alto risco), podem ser necessárias medidas corretivas de caráter temporário, ou então restrições

na operação, antes da implantação das melhorias de caráter permanente na segurança da barragem.

Sendo os métodos iniciais de análise usados na inspeção ou os dados disponíveis insuficientes para se demonstrar claramente um nível aceitável de segurança na barragem, estruturas de descarga ou níveis de reservatório potencialmente instáveis, deve-se tomar medidas adicionais para se avaliar e documentar a segurança da barragem, incluindo-se:

- ◆ Análises mais sofisticadas;
- ◆ Investigações para se obter dados mais atuais ou mais confiáveis, ao invés de assumir hipóteses simplificadoras ou pouco confiáveis.

Se os planos de emergência ou a operação, manutenção e inspeção da barragem não atingirem os padrões descritos nos itens 3 e 4, de um modo geral serão necessárias melhorias. Os requisitos identificados no relatório da segurança de barragem para operação, manutenção e inspeção, devem ser documentados no manual de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI) (item 3).

### 3. OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO (OMI)

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

#### 3.1. GERAL

---

**REQUISITO:** A operação da barragem, sua manutenção e inspeção devem ser executadas de modo a garantir um nível aceitável em suas condições de segurança.

Um manual de OMI deve ser preparado com a documentação de operação, manutenção e inspeção para cada uma das barragens. O manual de OMI deve ser implementado, seguido e atualizado a intervalos regulares. O manual deve conter informações suficientes e adequadas para permitir operar a barragem de maneira segura, mantê-la em condições seguras e monitorar seu desempenho de modo eficiente para fornecer sinais antecipados de qualquer anomalia.

---

O manual de OMI deve documentar todos os requisitos para operação, manutenção e inspeção da barragem, de acordo com o estabelecido nos itens 3.2, 3.3 e 3.4. Um item de descrição geral da barragem deve ser incluído, constando tipo, tamanho, classificação de consequência de ruptura, idade, localização e acessos. O nível de detalhes do manual de OMI dependerá da classificação da barragem (ver item 1.4). Por exemplo, um manual bastante simples pode ser adequado para uma barragem de “Baixa Consequência de Ruptura”.

O manual de OMI deve estabelecer uma escala de responsabilidades e requisitos operacionais, para treinamento do pessoal nos seus vários níveis.

O manual de OMI deve conter os procedimentos e a designação de responsabilidades relativas à publicação e revisão do mesmo. As revisões, no que diz respeito a reavaliação formal de segurança da barragem, deve ser validada com a aprovação do engenheiro responsável pela reavaliação. As revisões relacionadas às mudanças no quadro de pessoal, ou na estrutura organizacional, devem ser reajustadas na medida em que forem implementadas. Como padrão mínimo o manual de OMI deve ser revisto anualmente, para assegurar que todas as atualizações quanto a pessoal e organização tenham sido registradas.

---

**REQUISITO:** A execução da operação, manutenção e inspeção da barragem deve ser executada por pessoal qualificado e treinado para tal fim.

---

Os encargos e qualificações necessários aos operadores, com relação a segurança da barragem, devem ser definidos de acordo com as áreas

apropriadas de envolvimento. A descrição deve incluir detalhes adequados dos programas de treinamento.

---

REQUISITO: Devem ser mantidos registros adequados.

---

Um arquivo permanente deve ser mantido, contendo informações e anotações apropriadas para cada barragem, tais como:

- ◆ Dados hidrometeorológicos;
- ◆ Mudanças nos procedimentos de operação;
- ◆ Eventos, condições ou atividades não usuais;
- ◆ Atividades não usuais de manutenção;
- ◆ Instruções de serviços e operações;
- ◆ Alarmes ou avisos;
- ◆ Instruções fornecidas por órgãos regulamentadores, pelo projetista da barragem ou outra autoridade e o registro do cumprimento, bem como detalhes de quaisquer ações corretivas executadas;
- ◆ Desenhos "como construído";
- ◆ Leituras e gráficos da instrumentação;
- ◆ Todos os dados de projeto, incluindo modificações e revisões;
- ◆ Todas as inspeções e o relatório de reavaliação;
- ◆ Histórico cronológico da estrutura;
- ◆ Registro fotográfico.

Instruções adequadas devem estar à disposição para registro e arquivo destas informações, incluindo-se referências a desenhos e manuais técnicos de operação e manutenção.

## 3.2. OPERAÇÃO

### 3.2.1 Procedimentos para a operação em regime de cheias

---

REQUISITO: Durante a estação de cheias, comportas e instalações com capacidades suficientes, necessárias para o descarregamento de vazões, até a Cheia Afluente de Projeto (CAP), devem ser mantidas em condições operacionais e especificados os procedimentos para a operação segura.

Qualquer restrição com relação à operação de comportas deve ser documentada.

O reservatório deverá ser operado de tal modo que a Cheia Afluente de Projeto possa ser seguramente controlada. O esvaziamento, bem como quaisquer outras operações de controle do reservatório, devem ser documentadas.

---

Deve estar disponível uma descrição de todas as partes da barragem que afetem os requisitos acima e, inclusive, os manuais de operação dos respectivos fabricantes.

Instruções concisas de operação, tanto para os procedimentos de operação normal quanto para o caso de cheia extrema, devem estar disponíveis para operadores qualificados de barragens.

Os detalhes das condições normais de operação devem informar itens tais como: afluência e descargas, níveis normais, volumes de acumulação, curvas de descarga do vertedouro e de jusante, parâmetros de operação do vertedouro, fornecimento de energia e restrições ambientais. As condições de emergência em potencial devem ser identificadas e listadas, juntamente com os parâmetros e restrições de operação recomendados.

As instruções devem detalhar a capacidade de vazão das estruturas e o correspondente nível d'água, listar as áreas de risco à jusante e as vazões para as quais elas serão afetadas e fornecer detalhes com relação a sistemas de advertência, bem como a sistemas de energia primária e de segurança.

### 3.2.2 Procedimentos para operação de emergência

---

**REQUISITO:** Devem ser estabelecidos procedimentos para o controle da descarga no caso de se desenvolver uma fissura, ou brecha em potencial, e qualquer esvaziamento de emergência do reservatório.

---

Os procedimentos e considerações gerais devem ser resumidos, tais como qualquer instrução especial para a operação do vertedouro e instruções sobre o esvaziamento do reservatório. Esses procedimentos deverão incluir limitações no enchimento ou no esvaziamento do reservatório, implicações quanto ao aumento do fluxo à jusante, uma lista de áreas de bancos do rio propensas à erosão e taludes do reservatório que deverão ser monitorados. Os procedimentos de operação durante uma emergência poderão seguir o preconizado no Plano de Ação Emergencial (PAE), como descrito no item 4.2.

Deverão ser fornecidos procedimentos de operação para o esvaziamento do reservatório na eventualidade de um dano à barragem, incluindo-se aí as precauções necessárias para se evitar danos às instalações e restrições à velocidade de rebaixamento.

### 3.2.3 Controle de materiais flutuantes e/ou entulhos

---

**REQUISITO:** Nos locais onde houver quantidade significativa de materiais flutuantes, deve-se estabelecer procedimentos para se lidar seguramente com esses materiais.

---

Os detalhes, as funções e as atividades operacionais necessárias para controle e remoção de materiais flutuantes e as correspondentes restrições

na operação das comportas ou nas estruturas, devem ser descritas no manual de OMI.

### 3.2.4 Previsão de cheias

---

REQUISITO: Caso disponível, a fonte de informações quanto à previsão de cheias deve ser identificada.

---

Órgãos autorizados de previsões de cheias devem ser designados, juntamente com uma lista de outras fontes disponíveis. Devem ser descritas a Cheia Afluente de Projeto (CAP), a base de sua estimativa e a capacidade das instalações.

## 3.3. MANUTENÇÃO

---

REQUISITO: As regras de manutenção, procedimentos, registros e responsabilidades, devem ser desenvolvidas e implementadas para assegurar que a barragem, juntamente com suas estruturas associadas e equipamentos necessários para descarga de cheias, sejam mantidos em condições totalmente operacionais e seguras.

Os equipamentos devem ser inspecionados e ensaiados a intervalos regulares, objetivando-se assegurar condições de operações seguras e confiáveis.

---

Programas de manutenção devem ser organizados e avaliados no mínimo anualmente. Deverão estar disponíveis uma descrição das regras de manutenção, de procedimentos, de registros e de responsabilidades para as barragens, estruturas e equipamentos associados (inclusive instrumentação), essenciais para a segurança da barragem.

Os requisitos de manutenção devem também ser documentados para as diversas estruturas, inclusive estruturas em madeira e condutos.

Todos os manuais de manutenção relevantes, fornecidos por fabricantes e projetistas, devem estar disponíveis.

Devem ser avaliadas as mudanças nas condições das instalações e ações apropriadas deverão ser tomadas, tanto em relação a revisão de projeto quanto às mudanças necessárias na construção e/ou reparos.

A instrumentação necessária para verificar a continuidade das condições de segurança de uma barragem, juntamente com qualquer sistema de aquisição, processamento e transmissão de dados, devem ser mantidos em boas condições de funcionamento.

As considerações para manutenção de diferentes tipos de estruturas e equipamentos estão resumidamente descritas abaixo.

## **Estruturas de Concreto**

Subpressão e percolação de água são as principais causas de instabilidade em potencial, sob condições normais de carregamento, de parte ou da totalidade das estruturas. Reações álcali-agregado podem ocasionar sérios impactos na segurança das estruturas. Programas anuais e de longo prazo de manutenção para as estruturas de concreto devem incluir, mas não se limitar, à limpeza regular de drenos ou sistemas de drenagem, manutenção dos sistemas impermeabilizantes, equipamentos de bombeamento e dos equipamentos e instrumentação de monitoramento, necessários para garantir a segurança das estruturas.

## **Estruturas Metálicas**

Os requisitos de manutenção para os componentes de estruturas metálicas tais como comportas, stop-logs, guias, estruturas de içamento, monotrilhos e condutos, devem se aplicar ao seguinte:

Alinhamentos, parafusos de ancoragem, conexões aparafusadas, rebitadas e soldadas, revestimentos de proteção, detalhes de suporte e grautes.

## **Barragens de Terra**

Estruturas em aterro necessitam de trabalhos de manutenção essencialmente direcionados ao controle da percolação e erosão a fim de se prevenir a deterioração do maciço e/ou fundação, e o desenvolvimento de caminhos preferencias de percolação.

Programas de manutenção periódicas para estruturas em aterro devem incluir a manutenção regular da instrumentação, manutenção da crista e do enrocamento, o controle da vegetação e 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.

## **Equipamentos**

Requisitos de manutenção devem ser aplicados a todos os componentes elétricos e mecânicos, essenciais à segurança da barragem, a saber: vertedouro, condutos, comportas, acionadores, dispositivos de acionamento de comportas, instrumentação, iluminação normal e de emergência e bombas.

Um programa de manutenção preventiva deve ser planejado de acordo com a classificação por consequência de ruptura da barragem, padrão da indústria, recomendações do fabricante e o histórico operacional de cada peça, em particular, do equipamento.

Referências devem ser feitas (com informações suplementares onde necessário), aos manuais de operação e manutenção dos fabricantes e

projetistas, com relação a manutenção necessária, peças de reposição e testes regulares apropriados para se confirmar a funcionalidade de trabalho.

### Comunicações e Controle

A equipe de operação deve possuir uma descrição, que inclua uma visualização completa com o diagrama esquemático, dos sistemas com todos os equipamentos de comunicação e controle. Os equipamentos devem ser continuamente operados e monitorados para se garantir a integridade. A documentação deve incluir todas as práticas correntes de manutenção e ensaios.

### Vias de Acesso à Barragem e às Estruturas Anexas

Essas vias devem ser mantidas em condições, tais que, permitam o acesso de pessoal, veículos e equipamentos de manutenção em qualquer situação de tempo.

## 3.4. INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO

### 3.4.1 Padronizações

---

REQUISITO: As inspeções, monitoração de estruturas de barramento d'água e os testes das instalações de descarga devem ser padronizados.

---

Devem ser fornecidas padronizações e diretrizes para o estabelecimento dos tipos de inspeção a serem executadas, o propósito de cada tipo de inspeção, a frequência destas, os itens a serem inspecionados, a documentação necessária, a qualificação e o treinamento dos inspetores e os procedimentos para a correção das deficiências.

### 3.4.2 Inspeções regulares

---

REQUISITO: Inspeções periódicas devem ser executadas para se determinar as condições das partes integrantes das estruturas de barramento d'água.

Investigações apropriadas, como descrito no item 2, devem cobrir todas as deficiências em potencial, reveladas por estas inspeções.

---

As instruções e procedimentos de inspeção para a barragem devem fornecer as seguintes informações:

- ◆ Itens a serem observados em inspeções, em todas as estruturas e equipamentos;

- ◆ Frequência, responsabilidade e requisitos para registro e confecção de relatório;
- ◆ Descrição de inspeções adicionais, eventualmente necessárias, que podem incluir inspeções subaquáticas e aquelas necessárias durante o primeiro enchimento do reservatório;
- ◆ Requisitos e frequência de leitura da instrumentação, incluindo nivelamento topográfico e deslocamentos horizontais.

O programa de inspeções, incluindo-se a frequência, deve ser planejado de acordo com a classificação da barragem (ver item 1.4), padrões de qualidade da empresa, recomendações dos fabricantes de equipamentos, histórico operacional e condições das estruturas e equipamentos em particular.

Como diretriz 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 semanal ou mensal, definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado, e podendo ser mais reduzida em função de restrições sazonais. Não gera relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.
- ◆ **Inspeções Periódicas:** são aquelas que devem ser executadas por equipes técnicas do proprietário, responsáveis pelo gerenciamento da segurança da barragem, ou por seus representantes. A frequência dessas inspeções deve ser semestral ou anual. Exige 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 Formais:** são aquelas que devem ser executadas por equipe multidisciplinar, envolvendo especialistas das áreas de hidráulica, geotecnia, geologia, estruturas, tecnologia de concreto, elétrica e mecânica. É recomendável que esta equipe não pertença ao quadro de funcionários do proprietário da barragem, mas é imprescindível que estes acompanhem e assessorem esta equipe. A frequência destas inspeções deve ser de cinco a dez anos, dependendo da sua categoria de consequências de ruptura. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção, estão detalhados no item 2.

Procedimentos, incluindo-se as definições de responsabilidade, devem estar disponíveis, objetivando-se a avaliação:

- ◆ dos dados obtidos a partir de inspeções visuais, registros de instrumentação e de projeto;
- ◆ das condições das operações em curso tais como controle da capacidade de vertedouro, borda livre, do esvaziamento, dos níveis máximos d'água;
- ◆ da confirmação da segurança estrutural e operacional;

- ◆ da identificação das áreas que necessitem de investigações de deficiências.

É recomendável que esses procedimentos incluam um “código de ação”, que é função da severidade da deficiência observada, de modo a assegurar que uma ação apropriada seja tomada.

### 3.4.3 Inspeções especiais ou emergenciais

---

REQUISITO: Inspeções especiais ou emergenciais devem ser executadas em função do potencial de danos provocados por eventos ou pela ocorrência de deficiências severas.

---

As instruções e procedimentos para a barragem devem descrever as inspeções especiais ou emergenciais, e outras observações e procedimentos necessários após cheias, chuvas torrenciais, sismos e observações não usuais tais como fissuras, recalques, surgências d’água e indícios de instabilidade de taludes. A responsabilidade para empreender essas inspeções especiais ou emergenciais, deve ser atribuída à equipe local e ao engenheiro responsável pelo gerenciamento da segurança da barragem. Esta atribuição visa assegurar inspeções periódicas após qualquer evento potencialmente danoso.

Requisitos quanto à documentação e confecção de relatórios devem ser especificados com os itens e os procedimentos para a inspeção pelo engenheiro responsável pelo gerenciamento da segurança da barragem, seguindo a ocorrência dos eventos acima.

### 3.4.4 Instrumentação

---

REQUISITO: A instrumentação deve ser monitorada, analisada e mantida, para garantir a operação segura da barragem.

---

Juntamente com todas as descrições dos instrumentos devem estar suas leituras iniciais, limites de projeto, dados e requisitos para sua calibração, faixas normais de operação e níveis de “alarme”, valores para os quais uma revisão detalhada das leituras é necessária. Responsabilidades devem ser atribuídas para leituras rotineiras dos instrumentos, mudanças de leituras iniciais, calibração e interpretação dos resultados.

O modo e a metodologia de leitura automático ou manual devem ser descritas. Se automatizado, o sistema deve ser descrito incluindo-se números dos telefones utilizados pelo modem. Sendo manual, deve haver documentação quanto a metodologia, manutenção, calibração e estocagem dos equipamentos de leitura dos instrumentos.

A localização exata e os detalhes de instalação dos instrumentos deve ser fornecida e complementada com desenhos de plantas, vistas e seções transversais.

A documentação da instrumentação pode ser coberta por um relatório de instrumentação em separado com referência a ela no manual de OMI.

### 3.4.5 Ensaios

---

**REQUISITO:** Todo equipamento e instalação operacional sujeitos a vazões, devem ser inspecionados e testados anualmente, para assegurar seu funcionamento, durante cheias extremas.

---

O equipamento de controle de vazão da tomada d'água deve ser submetido anualmente a um ensaio de variação de pressão antes da estação de cheias. As comportas do vertedouro devem ter sua operação testada anualmente para assegurar uma correta operação. A frequência e o nível de inspeção e de ensaios devem ser compatíveis com a classificação da categoria da barragem por consequência de ruptura.

Todos os procedimentos para ensaios devem ser especificados no manual de OMI e incorporados aos itens de inspeção. As instruções e procedimentos devem fornecer descrições dos ensaios operacionais e de integridade para todos os componentes eletro-mecânicos dos equipamentos de controle de vazão para assegurar uma condição operacional total.

### 3.5. IMPLEMENTAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES, OBRAS E/OU REPAROS

---

**REQUISITO:** Todas recomendações, obras e/ou reparos que tenham sido definidos pela equipe responsável pelo gerenciamento da segurança, devem ser implementados em prazo compatível com os riscos envolvidos.

---

Para viabilizar uma rápida execução de obras e/ou reparos, ou mesmo do atendimento de recomendações relativas as atividades de segurança, deverão ser tomadas em caráter prioritário, as medidas necessárias a redução dos riscos associados.

### 3.6. SEGURANÇA PATRIMONIAL

---

**REQUISITO:** Toda barragem deverá ser protegida de invasões, depredações e ações individuais, feitas por terceiros.

---

Para atender ao requisito e determinar o tipo de proteção e intensidade da vigilância a ser exercida, o proprietário deverá considerar a classificação da barragem (item 1.4), o seu histórico relativo à segurança patrimonial, além do meio social das redondezas.

## 4. PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

### 4.1. GERAL

**REQUISITO:** Emergências potenciais em uma barragem devem ser identificadas e avaliadas levando-se em consideração as consequências da ruptura, de modo que ações apropriadas, corretivas ou preventivas, possam ser empreendidas.

Um Plano de Ação Emergencial (PAE) deve ser preparado, testado, divulgado e mantido para qualquer barragem cuja ruptura possa ensejar como resultado a perda de vidas, bem como para qualquer barragem para a qual um alerta antecipado possa reduzir os danos a montante ou jusante.

Um processo notificativo deve ser iniciado, imediatamente, em se encontrando uma condição insegura, que poderia conduzir a uma brecha na barragem, ou quando se descubra uma erosão em progresso, como especificado no PAE.

O proprietário da barragem ou o operador, deve avaliar se a população das áreas imediatamente a jusante da barragem deve ser avisada da condição de brecha na barragem, devido ao curto espaço de tempo antes da chegada antecipada da onda de cheia provocada pela ruptura.

Ações preventivas devem ser iniciadas de maneira apropriada, para prevenir a ruptura ou para limitar danos onde a ruptura for inevitável.

O governo local ou estadual normalmente tem a responsabilidade de prevenir a população quanto a uma situação perigosa, porém esses alertas devem se basear nas informações prestadas pelo proprietário ou operador da barragem. Esses últimos são responsáveis pela conexão apropriada da observação da barragem (ver item 3.4) com os procedimentos de resposta a situações de emergência.

A falta de regulamentos ou reguladores governamentais não isentam o proprietário da barragem do Plano de Ação Emergencial (PAE).

Um PAE é um plano formalmente escrito que identifica os procedimentos e processos que serão seguidos pelos operadores da barragem na eventualidade de uma situação de emergência. A emergência pode ser, por exemplo, a falha de um equipamento essencial tal como uma comporta de

controle de cheias, uma ruptura de talude que possua o potencial de causar a ruptura da barragem, ou a ruptura completa da barragem, causada por galgamento, sismo ou erosão interna (piping). Pela sua natureza, os PAE's são específicos de cada local.

Um PAE possibilita um planejamento pela municipalidade, polícia local, agências estaduais, companhias telefônicas e de transporte e outras entidades afetadas na eventualidade de uma cheia capaz de provocar a ruptura de uma barragem e a coordenação de esforços entre os diferentes níveis de governo.

## 4.2. PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE)

### 4.2.1 Necessidade de um PAE

---

**REQUISITO:** Um Plano de Ação Emergencial (PAE) deve ser preparado para cada barragem, a menos que as consequências da ruptura desta barragem sejam baixas.

---

A definição quanto a necessidade da preparação de um PAE deverá ser tomada, através de uma análise específica, quanto as condições de risco a jusante.

Por exemplo, uma grande barragem que retém um grande volume de acumulação, dentro de um vale confinado possuindo uma população significativa, necessitaria claramente de um PAE. Inversamente, uma pequena barragem de fazenda, em uma área relativamente desabitada, normalmente não precisaria. Se as áreas habitadas são potencialmente afetadas, então um PAE deve ser preparado.

As consequências da ruptura devem ser avaliadas de acordo com o descrito no item 1.4.

### 4.2.2 Desenvolvimento de um PAE

---

**REQUISITO:** Um PAE deve descrever as ações a serem tomadas pelo proprietário e operador da barragem, no caso de emergência. O PAE deverá delegar a indivíduos e/ou prepostos, as responsabilidades para cada ação a ser tomada.

Cópias do PAE ou um resumo das informações mais relevantes, devem ser fornecidas para aqueles a quem responsabilidades foram delegadas, de acordo com o plano.

---

As etapas no desenvolvimento de um PAE são geralmente as seguintes:

- 1- Identificar aquelas situações, ou eventos, que poderiam requerer o início de uma ação de emergência, especificar as ações a serem tomadas e por quem;
- 2- Identificar todas as jurisdições, agências e indivíduos que serão envolvidos na implementação do PAE;
- 3- Identificar os sistemas de comunicação primários e auxiliares, quer sejam internos (entre as pessoas da barragem), quer sejam externos (entre o pessoal da barragem e as agências externas);
- 4- Identificar todas as pessoas e agências envolvidas no processo de notificação, e esboçar um fluxograma que mostre quem deve ser notificado, em qual ordem e qual a expectativa das outras ações das agências de jusante. Cada agência governamental, municipal, estadual ou federal envolvida, pode possuir o seu próprio plano de emergência. Estes planos irão normalmente requerer modificações para incluir ações necessárias, resultante de uma inundação por ruptura de barragem;
- 5- Desenvolver um esboço do PAE;
- 6- Realizar reuniões de coordenação com todas as partes envolvidas na lista de notificação, para revisar e comentar o PAE esboçado;
- 7- Fazer as revisões, obter a aprovação de regulamentação necessária, concluir e distribuir o PAE.

#### 4.2.3 Conteúdo de um PAE

---

REQUISITO: O PAE deve conter os seguintes procedimentos e informações:

- ◆ Identificação e avaliação de emergências
  - ◆ Ações preventivas
  - ◆ Procedimentos de notificação
  - ◆ Fluxograma da notificação
  - ◆ Sistemas de comunicação
  - ◆ Acessos ao local
  - ◆ Resposta durante períodos de falta de energia elétrica
  - ◆ Resposta durante períodos de intempéries
  - ◆ Fontes de equipamentos e mão de obra
  - ◆ Estoques de materiais de suprimentos
  - ◆ Fontes de energia de emergência
  - ◆ Mapas de inundação
  - ◆ Sistemas de advertência
  - ◆ Apêndices
-

## Identificação e avaliação de situações de emergência

Caso detectadas com antecipação suficiente, as emergências potenciais podem ser avaliadas e as ações preventivas ou corretivas podem ser tomadas. O PAE deve conter procedimentos claros quanto à adoção de ações, uma vez identificada uma emergência em potencial. A notificação da situação de emergência requer que a pessoa responsável pelo contato inicie a ação corretiva e decida se, e quando, uma emergência deve ser declarada e o PAE executado. Orientações claras devem ser fornecidas no PAE sobre as condições que requeiram que uma emergência seja declarada.

### Ações Preventivas

O PAE deve detalhar as ações preventivas necessárias, incluindo uma listagem de equipamentos, materiais e mão de obra, que estejam facilmente à disposição do operador da barragem, em uma situação de emergência.

### Procedimentos de Notificação

Os procedimentos para notificação devem ser claros e fáceis de serem seguidos. O PAE deve conter uma lista de todas as pessoas e entidades que deverão ser notificadas, na eventualidade de uma emergência declarada.

### Fluxograma da Notificação

O fluxograma da notificação é um diagrama que mostra a hierarquia das notificações durante uma emergência. O PAE deve conter um fluxograma da notificação resumindo os procedimentos para cada uma das condições de emergência consideradas.

### Sistemas de Comunicação

Devem ser incluídos detalhes completos dos sistemas de comunicação internos e externos, à medida que se apliquem ao PAE.

### Acessos ao Local

A descrição dos acessos deve se concentrar nas rotas primárias, secundárias e nos meios para se alcançar o local sob várias condições (acessos rodoviários, ferroviários, hidroviários e aéreos).

### Resposta durante períodos de falta de energia elétrica

Um PAE deve prever as respostas às condições de emergência, reais ou potenciais, durante os períodos de escuridão, incluindo aqueles causados por falha elétrica.

### Resposta durante períodos de intempéries

O PAE deve contemplar respostas de emergência sob condições adversas de tempo.

### Fontes de Equipamentos e Mão de Obra

A localização e a disponibilidade de equipamentos e empreiteiros, que podem ser mobilizados devem ser incluídos.

### Estoques e Materiais de Suprimentos

A localização e a disponibilidade de materiais estocados e os equipamentos para uso de emergência, devem ser contemplados.

### Fontes de Energia de Emergência

Os detalhes sobre a localização e operação das fontes de energia de emergência, devem ser incluídos.

### Mapas de Inundação

Os mapas de inundação são necessários para as autoridades locais desenvolverem um adequado plano de evacuação.

### Sistemas de Advertência

Sistemas de advertência são as vezes usados para fornecer avisos à população, áreas de camping e parques que estejam próximos à barragem. Detalhes completos devem estar contidos no PAE.

### Apêndices

Itens adicionais podem ser cobertos em apêndices no PAE. Plantas gerais do local podem ser úteis. Desenhos que mostrem a localização da ruptura em potencial, usados nos estudos de inundação, podem ser incluídos. Tabelas mostrando a variação no estágio da enchente, em relação ao tempo, para cada localização chave na área inundada, também devem ser incluídas.

## **4.2.4 Manutenção e teste de um PAE**

---

REQUISITO: O PAE deve ser remetido áqueles que estiverem envolvidos e todas as cópias registradas (protocoladas) do PAE devem ser atualizadas.

O PAE deve ser testado.

---

A medida que são produzidas emendas ou atualizações ao PAE, elas são encaminhados para cada possuidor (de acordo com o listado no PAE) e as modificações adotadas. Os nomes e os números de telefone das pessoas de

contato devem ser constantemente atualizados, como medida de rotina, pelo menos uma vez por ano. O método de encadernação do PAE deve facilitar a troca rápida de folhas que sofreram revisão ou que foram atualizadas. Uma lista dos possuidores dos planos deve aparecer no PAE.

O teste é parte integrante de um PAE para assegurar que ambos, documento e treinamento das partes envolvidas, sejam adequados. Os testes podem abranger desde um exercício teórico em cima de uma prancheta, até uma simulação em escala total de uma emergência, bem como podem incluir rupturas múltiplas.

#### 4.2.5 Treinamento

---

**REQUISITO:** Deve-se fornecer treinamento para assegurar que o pessoal da barragem, envolvido no PAE, esteja totalmente familiarizado com todos os elementos do PAE, a disponibilidade de equipamentos, seus encargos e responsabilidades.

---

O pessoal tecnicamente qualificado deve ser treinado para detectar, avaliar os problemas e providenciar as medidas corretivas apropriadas, quer sejam emergenciais ou não. Esse treinamento é essencial para a avaliação adequada das situações em desenvolvimento, em todos os níveis de responsabilidade, as quais, em princípio, são normalmente baseadas nas observações "in loco". Um número suficiente de pessoas deverá ser treinado para assegurar uma assistência adequada, a qualquer tempo.

### 4.3. ESTUDOS DE INUNDAÇÃO

---

**REQUISITO:** Um estudo de inundação deve ser executado para todas as barragens que necessitem claramente de um PAE (ver item 4.1) e para barragens onde não é óbvia a necessidade ou não de um PAE.

Um estudo de inundação deve basear-se em hipóteses que irão indicar todas as áreas que poderiam ser inundadas, para a combinação mais severa de condições fisicamente possíveis.

---

Vários cenários de ruptura de barragens são normalmente estudados. Esses cenários cobrem tempos rápidos de ruptura e vários tamanhos de brechas. A área potencialmente inundável deve ser determinada e as seguintes condições consideradas:

- ◆ Erro na cheia de projeto;
- ◆ Ruptura induzida pela falha de uma estrutura a montante.

Devem ser preparados mapas de inundação mostrando as áreas máximas inundadas. Um grande número de programas de computador disponíveis podem ser eficientemente utilizados para estas análises.

Mapas de inundação também devem ser preparados para as margens do reservatório e para as áreas afetadas pelo efeito do remanso, a montante do mesmo. Esses dois casos devem ser analisados:

- ◆ Cheias extremas que excedam a capacidade de descarga;
- ◆ Redução da capacidade de descarga durante a passagem de uma grande cheia (por exemplo, bloqueamento por entulho, mal funcionamento ou a não abertura de comportas).

## 5. SISMOS

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

*OBS - Este item estabelece critérios apenas para sismos de projeto. Os requisitos para a resistência estrutural à sismos são apresentados nos itens 8 e 9.*

---

**REQUISITO:** Barragens devem ser projetadas e avaliadas para suportar movimentos de fundação associados com o Sismo Máximo de Projeto (SMP), sem a perda da capacidade do reservatório de serviço.

A seleção do SMP, para uma barragem, deve se basear nas consequências da sua ruptura.

---

O SMP, ou seja o Sismo Máximo de Projeto, é normalmente representado pela movimentação mais severa da fundação, que foi selecionada para a implantação do projeto ou para a avaliação de segurança da barragem. Os parâmetros de movimentação específicos do local, necessários para o projeto ou avaliação, são determinados à partir do SMP.

Para um dado local, o SMP deve aumentar proporcionalmente ao aumento das consequências da ruptura da barragem, como ilustrado na Tabela 5.1. Para uma dada Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA), o SMP pode variar de um local para o outro, dependendo das condições tectônicas do local e da distância ao epicentro do sismo. Em alguns casos, a seleção do SMP pode basear-se em um carregamento sísmico artificial que poderia ser eventualmente disparado por atividade humana, sendo alguns exemplos a extração ou injeção em campos de petróleo, água subterrânea ou sismicidade induzida pelo reservatório.

Os parâmetros sísmicos específicos do local, tais como velocidade, aceleração e espectros de resposta, devem ser derivados dos critérios de projeto para sismos na Tabela 5-1. A derivação dos parâmetros sísmicos devem ser determinados ou supervisionados por pessoas com especialização em análise de sismicidade.

Barragens de terra, assentes sobre fundações resistentes e não suscetíveis à liquefação e que não incorporem grandes massas de materiais que, caso saturados possam perder grande parte de sua resistência durante um sismo, podem ser projetadas e avaliadas usando-se o método do coeficiente de sismicidade (análise pseudoestática) sob as condições descritas no item 8.1. O coeficiente de sismicidade deve refletir a sismicidade do local da barragem e pode ser obtido a partir de mapas de zoneamento criados para aquele propósito.

**TABELA 5.1**  
**CRITÉRIOS MÍNIMOS USUAIS PARA SISMOS DE PROJETO**

CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA (a)	SISMO MÁXIMO DE PROJETO (SMP)	
	deterministicamente determinado	probabilisticamente determinado (probabilidade de excepcionalidade anual)
Muito alta	SPM (b) (c)	1/10.000 (c)
Alta	de 50% a 100% do SPM (d) (e)	1/1000 a 1/10.000 (e)
Baixa	(f)	1/100 a 1/1000 (f)

- (a) - Ver item 1.4 para a classificação de consequências da ruptura.
- (b) - Para uma falha conhecida, ou província tectônica geograficamente definida, o Sismo Previsível Máximo (SPM) é o maior sismo conceitualmente possível. Para o local da barragem, a movimentação pelo SPM é a movimentação mais severa, passível de ocorrer, que é produzida no mesmo arcabouço tectônico onde a estrutura for implantada.
- (c) - Um nível apropriado de conservadorismo deve ser aplicado ao fator de segurança calculado a partir desses carregamentos a fim de reduzir os riscos de ruptura da barragem a valores toleráveis. Assim, a probabilidade de ruptura da barragem poderia ser muito menor do que a probabilidade de um carregamento por evento extremo.
- (d) - As acelerações e velocidades em fundações resistentes no SMP podem ser estimadas como de 50% a 100% dos valores do SPM. Para fins de projeto, a magnitude deve permanecer a mesma como no SPM.
- (e) - Na categoria de consequência alta, o SMP baseia-se nas consequências da ruptura. Por exemplo, se uma fatalidade incremental pode resultar de uma ruptura, uma PEA (Probabilidade de Excepcionalidade Anual) de 1/1000 poderia ser aceitável, porém para as consequências que se aproximam daquelas barragens de consequências muito altas, valores de SPM que se aproximem dos sismos de projeto poderiam ser necessários.
- (f) - Se uma estrutura de baixa consequência não pode suportar o critério mínimo, o nível de atualização pode ser determinado por análises de riscos econômicos, com consideração aos impactos sociais e ambientais.

## 6. CHEIAS

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

### 6.1. GERAL

**REQUISITO:** As barragens devem ser projetadas e avaliadas para a passagem de uma Cheia Afluente de Projeto (CAP) sem perda de capacidade do reservatório.

A seleção da CAP para uma barragem deve basear-se na consequência da sua ruptura.

A CAP é a maior cheia selecionada para propósitos de projeto ou avaliação de segurança de uma barragem. O valor da CAP selecionado deve aumentar com o aumento da consequência de ruptura da barragem, como ilustrado na Tabela 6-1. Outras considerações, tal como resistência a erosão em barragens de concreto, também podem afetar a seleção da CAP.

Os itens 6.2 e 6.3 englobam dois métodos de desenvolvimento do hidrograma da CAP. Um é baseado no hidrograma Cheia Máxima Provável (CMP) e o outro em hidrograma com uma probabilidade de excepcionalidade anual especificada. Após a determinação apropriada da CAP de pico afluente, e seu correspondente volume para propósitos de projeto, a próxima tarefa é revisar ou desenvolver o hidrograma correspondente. Este hidrograma é usada para avaliar a borda livre (freeboard) e a capacidade do vertedouro.

A determinação da CMP e a estatística de cheias devem ser executadas ou supervisionadas por pessoas com conhecimento e experiência especial em hidrologia e meteorologia.

**TABELA 6-1**  
**CRITÉRIOS MÍNIMOS USUAIS PARA CHEIAS DE PROJETO AFLUENTE**

<b>CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA</b> (a)	<b>CHEIA AFLUENTE DE PROJETO (CAP)</b>
Muito Alta	Cheia Máxima de Projeto (CMP) (b)
Alta	Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA) entre 1/1000 e a CMP (c)
Baixa	PEA de 1/1000 (c) e (d)

(a) - Ver item 1.4 para a classificação por consequência de ruptura.

(b) - Um nível apropriado de conservadorismo deve ser aplicado ao carregamento provocado por esse evento, a fim de reduzir os riscos de ruptura da barragem a valores toleráveis. Assim, a probabilidade de ruptura da barragem poderia ser muito menor do que a probabilidade de um carregamento por evento extremo.

- (c) - Dentro da categoria de Alta consequência de ruptura, a CAP é baseada nas consequências da ruptura. Por exemplo, se uma fatalidade incremental resultasse de uma ruptura, um PEA de 1/1000 poderia ser aceitável, mas para as consequências que se aproximam daquelas de uma barragem de consequência Muito Alta, cheias de projeto que se aproximem da CMP poderiam ser necessárias.
- (d) - Se uma estrutura de Baixa consequência de ruptura não pode suportar o critério mínimo, o nível de atualização pode ser determinado por análises de riscos econômicos, com consideração aos impactos sociais e ambientais.

## 6.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CHEIAS

---

**REQUISITO:** Se a Cheia Afluente de Projeto (CAP) é estatisticamente determinada, a confiabilidade da análise estatística de cheias existente deve ser confirmada ou uma nova análise deve ser desenvolvida.

Se um evento excepcional tiver sido registrado, desde que a cheia estatística tenha sido avaliada, ou caso o período de observação tenha sido aumentado em mais de 50%, uma nova análise de cheias deve ser executada.

---

Na análise estatística são analisadas tanto as séries de vazões de pico anual ou de duração parcial (picos acima do limiar) e/ou os volumes vão sendo ajustados em função da distribuição de probabilidades a fim de permitir a extrapolação de dados de cheias de magnitudes excepcionais. Cuidados devem ser tomados para que as séries de dados satisfaçam os requisitos estatísticos de homogeneidade e independência.

Em geral, limitações na disponibilidade de dados e nos procedimentos de ajuste, restringem o grau de facilidade na extrapolação. O exame da confiança estatisticamente determinada ou faixas de confiabilidade devem ser úteis na indicação de um limite razoável de extrapolação. Uma análise regional de dados de cheias pode ser usada para aumentar a confiabilidade nos valores extrapolados, desde que as bacias incluídas sejam hidrologicamente similares e que haja um intervalo adequado nos períodos de registro.

Quando a vazão da cheia a jusante estiver significativamente reduzida pela atenuação da acumulação do reservatório, o volume total da CAP deve ser avaliado em adição ao afluente de pico para estudos de cheias de rotina. Ela deve possuir a mesma probabilidade de ocorrência da correspondente cheia de pico.

Para pequenos empreendimentos, com uma expectativa de avaliação como Baixa consequência (ver item 1.4), pode ser suficiente determinar ou rever a CAP pelo uso de uma análise regional ou de curva envoltória.

### 6.3. CHEIA MÁXIMA PROVÁVEL (CMP)

---

REQUISITO: Um estudo para a Cheia Máxima Provável (CMP), deve considerar a combinação mais severa “fisicamente possível” dos seguintes fenômenos sobre a bacia hidrológica a montante da estrutura sendo estudada:

- ◆ Tempestades;
- ◆ Condições iniciais da bacia (exemplo: umidade do solo, níveis do lago e do rio);
- ◆ Previsão de distúrbios atmosféricos.

Quando a CMP é identificada como CAP, em um empreendimento determinado, a aceitabilidade de qualquer análise anterior da CMP deve ser confirmada, ou uma nova análise de CMP deve ser executada.

---

Se um evento não usual de grande magnitude ocorrer, após a avaliação da CMP, ou se a bacia hidrológica sofreu modificações que afetem seriamente as características do amortecimento de cheias, deve-se considerar a possibilidade de se rever a CMP.

Quando a CAP é a CMP, a análise estatística de cheias pode ser usada para comparação com a CMP como uma simples verificação de confiabilidade, e também para permitir ao analista desenvolver uma apreciação quanto aos requisitos de expectativa de uso e de capacidade das instalações de descarga de cheias.

## 7. ÓRGÃOS DE DESCARGA

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

### 7.1. GERAL

---

REQUISITO: Os órgãos de descarga de cada barragem devem ser capazes de suportar seguramente a passagem da Cheia Afluente de Projeto (CAP) no empreendimento.

---

O critério para a seleção da Cheia Afluente de Projeto (CAP), apropriada para cada empreendimento em particular, é discutido no item 1.5 e Tabela 6-1, sendo o desenvolvimento do hidrograma da CAP discutido no item 6.

As recomendações do item 3.4.5, deverão ser atendidas.

### 7.2. BORDA LIVRE

---

REQUISITO: Sob todas as condições operacionais, a borda livre deve ser suficiente para restringir a percentagem de ondas que poderiam galgar a barragem, a níveis que não conduzam a sua ruptura, sob níveis de cheia específicos e condições excepcionais de vento.

---

Para barragens de terra, a borda livre deve, de modo geral, ser suficiente para evitar o galgamento da barragem para 95% das ondas criadas sob condições específicas de vento. Se um galgamento maior é permitido, o volume do fluxo galgado e seus efeitos potenciais não podem colocar a barragem em perigo. A crista da barragem é normalmente ajustada a um nível que satisfaça todas as seguintes condições:

- ◆ Condições de onda devido a ventos com 1/100 da PEA (Probabilidade de Excepcionalidade Anual), estando o reservatório na sua cota máxima normal, ou determinada pelo uso da relação da duração total da velocidade do vento sobre a expectativa de vida útil do empreendimento;
- ◆ Condições de onda devido a condições de vento razoavelmente mais severas para o reservatório e o seu nível máximo extremo baseado na CAP selecionada. Para pequenos reservatórios e/ou bacias, usa-se normalmente 1/100 da PEA do vento anual máximo. Para os casos na média, o vento apropriado deve ser selecionado entre esses dois limites.

Uma borda livre adicional, ou providências contra galgamento, podem ser necessários para barragens em reservatórios sujeitos a ondas que poderiam ser induzidas por deslizamentos de encosta na área do reservatório.

Para barragens de concreto, classificadas como de Baixa Consequência, a borda livre pode ser baseada em uma análise econômica de danos.

### 7.3. CAPACIDADE DE DESCARGA DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS

---

**REQUISITO:** Os órgãos de descarga devem ser capazes de suportar a passagem da cheia afluyente de projeto (CAP), levando em conta o efeito do amortecimento de cheias, sem que o nível do reservatório ultrapasse a borda livre estabelecida no item 7.2.

---

A capacidade de descarga do vertedouro e outros órgãos de descarga deve ser determinada com base nas condições existentes e na operação das estruturas componentes. As curvas de descarga disponíveis devem ser avaliadas com base nas práticas atuais de projeto, nas hipóteses do projeto original e nas condições existentes. Caso as curvas de descarga estejam incorretas ou não disponíveis, elas deverão ser novamente calculadas e usadas na avaliação de segurança.

Quando o empreendimento possuir casa de força, a usina deve ser considerada como fora de operação durante a passagem da CAP de período curto (inferiores a duas semanas). Na medida em que as instalações de transmissão podem ser afetadas, uma capacidade de descarga apropriada pode ser atribuída para as turbinas fora de condição de carga. Entretanto, caso o nível d'água de jusante exceda a cota do piso da casa de força, a capacidade da turbina deve ser reduzida a zero.

Caso as Instalações de Descarga não possam suportar com segurança, a passagem da CAP, serão necessários reparos, modificações, novos trabalhos ou revisões das regras de operação do reservatório, ou alguma combinação dessas ações. Estudos de engenharia que levem em conta alternativas econômicas irão formar a base para a decisão de como reunir esse requisito para a passagem da Cheia Afluyente de Projeto (CAP). Se a CAP é baseada na PEA e nenhuma fatalidade resulta da ruptura da barragem, os custos de modificação no empreendimento, podem ser considerados em uma análise de riscos, para se determinar se as modificações são necessárias ou se os requisitos da CAP podem ser reduzidos.

#### Vertedouro

Um vertedouro seguro, (inclusive canais de aproximação e de descarga) possui as seguintes características ou detalhes:

- 1- Resistências adequadas à erosão e cavitação, bem como uma altura adequada dos muros laterais para a passagem segura da cheia afluyente de projeto;
- 2- Adequada dissipação de energia a fim de prevenir solapamentos e/ou erosões que poderiam por em risco o vertedouro ou a barragem, durante a CAP;
- 3- Capacidade para suportar a passagem de entulho flutuante durante a CAP, ou provisão de uma barreira efetiva contra entulhos, projetada para carregamento por CAP;
- 4- Confiabilidade nos mecanismos de abertura das comportas durante grandes cheias incluindo-se o fornecimento de energia, controle e comunicações. Deve existir processo alternativo para sua abertura;

- 5- Segurança adequada quanto a deslizamentos de terra, entulhos acumulados no canal de aproximação, rampas e canais de saída, que poderiam restringir sua capacidade de descarga;
- 6- Acesso assegurado sob quaisquer condições para o caso das comportas do vertedouro terem de ser operadas no local.

#### 7.4. OPERAÇÃO DURANTE AS CHEIAS

---

**REQUISITO:** Todas as instalações de descarga devem ser operadas sempre de acordo com regras pré-determinadas. No desenvolvimento de tais regras deve-se considerar a passagem segura de todos os eventos hidrológicos, inclusive a CAP.

---

Regras para a operação sob condição de cheias são normalmente baseadas na cota do reservatório, na taxa de elevação desta cota, precipitação pluviométrica, estação do ano e na previsão do tempo. Tais regras devem ser documentadas no manual de operação, manutenção e inspeção (ver item 3.2).

#### 7.5. OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE DESCARGAS

---

**REQUISITO:** As condições sob as quais os órgãos de descarga e a tomada d'água devem operar, bem como o nível de automação associado com esses equipamentos devem ser determinados com base em uma situação específica do local.

---

Na eventualidade de uma enchente resultar em dano, a operação remota e automática dos equipamentos do vertedouro deverá ser projetada para uma operação confiável a fim de se prevenir inundação a montante ou a jusante. A operação remota do equipamento do vertedouro deve ser utilizada apenas onde as condições e a distância tornem impraticável sua operação no local. A operação remota deve basear-se na leitura da instrumentação interpretada pelos operadores.

---

**REQUISITO:** Todo equipamento de controle de descarga deve ser capaz de abrir e fechar sob as condições de operação.

---

Os atuadores (dispositivos de acionamento) deverão ser adequadamente dimensionados para suportar os esforços de carregamento estrutural e hidráulico.

Os equipamentos de controle de fluxo da tomada d'água devem ser capaz de fechar sob condições de fluxo de projeto. Caso esse fechamento seja por meios outros que não seu próprio peso, uma fonte de energia de emergência deverá estar disponível. Caso necessário, os atuadores do equipamento de controle de fluxo deverão ser adequados para operação automática e/ou remota.

Deve-se atentar para a possibilidade de ocorrências de acúmulo de detritos, que possam interferir no acionamento das comportas.

## 7.6. INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE

---

REQUISITO: Os equipamentos instalados em estruturas de consequências de ruptura Muito Altas e Altas devem ser municiados com instrumentação que permita a monitoração local ou remota.

---

O nível de instrumentação de controle deve ser determinado pela avaliação de requisitos específicos do local.

A taxa de subida do nível d'água deve ser usada para se iniciar os procedimentos de alarme.

A posição da comporta e os níveis d'água devem ser monitorados tanto local quanto remotamente.

## 7.7. EQUIPAMENTO DE EMERGÊNCIA

---

REQUISITO: Um equipamento de fornecimento de energia de emergência, deve estar disponível em estruturas de consequência de ruptura Alta e Muito Alta.

---

O requisito para o equipamento permanentemente deve levar em conta a disponibilidade do equipamento, a velocidade de resposta, o tamanho do reservatório e a expectativa da sua taxa de elevação do nível d'água. O equipamento de emergência, caso permanentemente instalado, deve operar automaticamente durante interrupções de energia e ser capaz de prover uma capacidade contínua de operação até a restauração da principal fonte de energia. O equipamento de emergência consiste tipicamente de unidades geradoras a diesel.

---

REQUISITO: Os controles e a instrumentação devem permitir a operação e a monitoração durante as condições de interrupção de energia para as estruturas de consequência Alta e Muito Alta.

---

Nos locais onde não houver fonte de energia de emergência disponível, equipamentos de corrente contínua, bancos de baterias e equipamentos auxiliares devem ser fornecidos para se permitir a operação da instrumentação e dos controle por um período de oito horas.

## 8. CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

### 8.1. BARRAGENS DE TERRA E FUNDAÇÕES EM SOLO

Neste item estão agrupados tanto as fundações em solo quanto as barragens de aterro, por possuírem requisitos geotécnicos semelhantes. Os requisitos e diretrizes são igualmente aplicáveis a barragens de aterro e fundações em solo para outros tipos de barragens.

#### 8.1.1 Monitoração e instrumentação

---

**REQUISITO:** Para barragens de consequência de ruptura Alta e Muito Alta, deverá haver disponibilidade suficiente de instrumentos para a barragem de terra e suas fundações, de modo que seu desempenho possa ser adequadamente monitorado e a segurança da barragem avaliada.

---

Um programa de instrumentação de maciços de terra ou fundação bem planejado serve para monitorar o desempenho e fornecer indicativos de situações de perigo. Os propósitos da instrumentação são:

- ◆ Fornecer dados para avaliar os critérios de projeto.
- ◆ Fornecer informações sobre o desempenho vigente da barragem e suas fundações.
- ◆ Observar o desempenho de áreas críticas.

Os requisitos gerais para instrumentação devem ser determinados anteriormente à avaliação da segurança do empreendimento, e a necessidade de instrumentação adicional deverá ser totalmente justificada e documentada. Os fatores que irão influenciar a necessidade e o tipo de instrumentação adicional a ser instalada incluem a geologia da fundação, o tamanho e o tipo de barragem e seu reservatório, a classificação por consequência de ruptura, a localização do empreendimento e seu desempenho anterior.

Intrínseco a um programa de instrumentação está a programação para a leitura dos instrumentos. Não menos importante é a necessidade de instruções bem claras para uma pronta avaliação de dados e uma pronta notificação ao pessoal responsável quando as observações forem atípicas ou divergirem dos critérios de projeto.

#### 8.1.2 Estabilidade

---

**REQUISITO:** Os carregamentos provenientes da barragem e a distribuição desses esforços sobre as fundações, não

deverão causar deformações totais ou diferenciais excessivas ou causar ruptura da fundação por cisalhamento.

Os taludes de montante e jusante da barragem e as ombreiras deverão ser estáveis sob todos os níveis de reservatório, bem como sob todas as condições de operação.

A crista, os taludes da barragem e as ombreiras devem ser examinados quanto à fissuras, abatimentos e desalinhamentos da superfície.

A Tabela 8.1 resume os fatores mínimos de segurança que são normalmente aceitáveis para os cálculos de estabilidade de taludes. Valores inferiores podem ser eventualmente aceitáveis em certos casos, desde que justificados, (por exemplo, quando um bom desempenho é demonstrado, com base em medidas de movimentação ou em análises mais sofisticadas). Os coeficientes de segurança obtidos e aceitos para os taludes, devem levar em conta a confiabilidade dos dados utilizados nas análises de estabilidade, a adequabilidade e as limitações das análises selecionadas, as magnitudes das deformações toleráveis e as consequências da ruptura em potencial.

**TABELA 8-1**

**COEFICIENTES DE SEGURANÇA, AVALIAÇÃO ESTÁTICA**

<b>CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO</b>	<b>COEFICIENTE MÍN. DE SEGURANÇA</b>	<b>TALUDE</b>
Percolação permanente com o reservatório na cota máxima normal	1,5	Jusante
Esvaziamento rápido	De 1,2 a 1,3	Montante
Término da construção, antes do enchimento do reservatório	De 1,25 a 1,3	Jusante e montante

Obs: Coeficientes de segurança maiores podem ser necessários, caso ocorram rebaixamentos com uma relativa frequência durante a operação normal.

**REQUISITO:** Os taludes do reservatório devem ser estáveis sob condições de carregamento sísmico, precipitações pluviométricas severas, rebaixamento rápido e qualquer outra condição, caso a ruptura do talude possa induzir a formação de ondas que ameacem a segurança pública, a barragem ou suas estruturas associadas.

Ver item 10 para diretrizes quanto a estabilidade das margens do reservatório.

### 8.1.3 Borda livre

---

REQUISITO: A borda livre deve considerar a expectativa do recalque da crista.

---

Ver item 7.2 para requisitos adicionais e diretrizes de borda livre.

### 8.1.4 Percolação e controle da drenagem

---

REQUISITO: O carreamento das partículas de solo pelas forças de percolação deve ser evitado por filtros adequados.

---

A percolação deve ser monitorada e verificada quanto à presença de partículas em suspensão.

Os filtros e drenos internos são particularmente importantes onde se considerar possível a ocorrência de fissuramento na barragem, devido a recalques diferenciais, arqueamento e/ou fraturamento hidráulico. Fissuras podem causar fluxos de percolação concentrados que podem conduzir a ruptura da barragem por erosão interna (piping), a menos que estes sejam interceptados e controlados por meio de filtros e drenos.

---

REQUISITO: Os gradientes hidráulicos na barragem, nas fundações, nas ombreiras, e ao longo de condutos, devem ser baixos o suficiente para prevenir erosão regressiva.

A capacidade de vazão dos filtros e drenos não deve ser excedida.

---

Altas pressões neutras podem indicar que a drenagem é insuficiente ou se a permeabilidade dos drenos é excessivamente baixa. A diminuição da percolação proveniente dos drenos pode indicar a colmatação física, química ou bacteriológica.

### 8.1.5 Fissuração

---

REQUISITO: A barragem deve manter o reservatório em condições de segurança, em relação a qualquer fissuração que possa ser induzida por recalque ou fraturamento hidráulico.

---

Uma inspeção completa deve ser executada para se identificar fissuras e suas causas. Análises, ou investigações adicionais, podem ser necessárias caso seja considerado possível o fissuramento do núcleo, por exemplo, caso tenha sido detectado um recalque diferencial.

### 8.1.6 Erosão superficial

---

**REQUISITO:** Os taludes de montante da barragem e suas ombreiras, devem ser providos de proteção adequada para resguardá-los contra a erosão, inclusive devida à ondas.

Os taludes de jusante devem ser protegidos contra a ação erosiva de escoamentos superficiais, eventuais surgências de percolações, do tráfego, de pessoas e de animais.

Os canais de entrada e saída para vertedouros e condutos devem ser adequadamente protegidos contra erosão.

---

Ver também item 10.

### 8.1.7 Liquefação

---

**REQUISITO:** Todos os materiais de aterro e da fundação susceptíveis à liquefação devem ser identificados.

---

A filosofia geral para a avaliação dos métodos a serem utilizados deverá aquela que selecione os métodos mais atualizados e aceitáveis e que estejam no “estado da arte”. No entanto, uma vez que a análise de liquefação é um assunto de desenvolvimento bastante dinâmico, métodos aceitáveis e que estejam no “estado da arte” podem ser considerados como conservadores. Pareceres especializados devem ser buscados, para uma avaliação mais avançada de susceptibilidade à liquefação. O nível de avaliação deve ser apropriado à estrutura que estiver sob revisão. Ensaios de laboratório em amostras não deformadas, ensaios de penetração e métodos geofísicos podem ser usados para a caracterização do solo. Os fatores que conduzem à liquefação incluem:

- ◆ Deformação excessiva por carregamento estático;
- ◆ Carregamento por impacto;
- ◆ Carregamento cíclico, tal como um carregamento por sismo.

---

**REQUISITO:** Se a liquefação é possível, então a estabilidade da barragem pós-liquefação deverá ser avaliada.

---

O objetivo é o de verificar se a extensão prevista da liquefação não irá resultar em uma ruptura.

---

**REQUISITO:** Se o fluxo por deslizamento (corrida de lama) é possível, deve-se então providenciar medidas corretivas apropriadas.

Se não houver potencial para fluxo de deslizamento, provisões devem ser feitas, para se adequar a borda livre e os filtros a fim de acomodar os movimentos induzidos por sismo.

---

### 8.1.8 Resistência a sismos

---

**REQUISITO:** A barragem, suas estruturas associadas, fundações, ombreiras e as margens do reservatório devem ser capazes de resistir às forças associadas com o Sismo Máximo de Projeto (SMP).

---

A determinação do SMP está coberta no capítulo 5. O nível de avaliação para resistência a sismos de uma barragem, deverá depender das consequências da ruptura.

## 8.2.

### BARRAGENS SOBRE FUNDAÇÃO EM ROCHA

O termo fundação refere-se ao maciço que forma a base para a estrutura, bem como suas ombreiras.

#### 8.2.1 Estabilidade da fundação

---

**REQUISITO:** A resistência e a rigidez da rocha deverão ser suficientes para prover a estabilidade adequada sob carregamentos de projeto para a barragem, estruturas associadas, ombreiras e fundação, e as deformações limitadas a valores aceitáveis.

---

Uma quantidade suficiente de informações geológico/geotécnicas deverão estar disponíveis, ou deverão ser obtidas, para se definir o modelo da fundação, adequado à caracterização de quaisquer discontinuidades e para determinar todas as modalidades de rupturas possíveis.

Uma avaliação das condições da rocha de fundação deve cobrir a qualidade da rocha e a sua capacidade de suporte. As condições podem ser avaliadas a partir de dados de ensaios "in situ", testemunhos de sondagens, inspeção visual e dados da instrumentação instalada.

Diretamente abaixo da barragem, a principal consideração deve ser a natureza do contato rocha/barragem, sua forma e as características da fundação. Onde as fundações estiverem expostas, ou em contato com o maciço de terra, a ênfase deverá ser na impermeabilidade e nas variações em função do tempo. Deverá ser determinado se detalhes geológicos poderiam conduzir à deterioração do maciço rochoso. Deve-se determinar a necessidade de executar investigações e ensaios de campo.

Todos os tratamentos corretivos sub-superficiais executados durante o período de construção da barragem devem ser identificados e avaliados para se determinar se eles permanecem eficientes e em condições estáveis.

A estabilidade das fundações em rocha pode ser avaliada em termos dos coeficientes de segurança. Os valores do coeficiente de segurança indicados na Tabela 8-1, são apropriados.

### 8.2.2 Parâmetros de resistência ao cisalhamento

---

**REQUISITO:** Fundações em rocha devem possuir uma resistência adequada ao cisalhamento, para assegurar a estabilidade da barragem ao longo de todas as superfícies potenciais de ruptura.

---

A compatibilidade entre a deformação da barragem e sua fundação precisa ser considerada quando da determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento da fundação.

Geralmente não é considerado nas análises a resistência à tração na interface barragem/fundação, e abaixo destas. No entanto, para barragens de concreto, onde a existência de fissuração nesta interface é dependente de alguma resistência à tração, esta deve ser baseada em uma quantidade representativa de ensaios executados em amostras retiradas da zona de interface. Se a fundação é composta de vários tipos e qualidades de rocha, os valores devem ser avaliados para cada área correspondente ao tipo de rocha dentro da zona de influência da barragem.

Se as fundações são irregularmente fraturadas, métodos e programas devem ser estabelecidos para se determinar os dados de resistência para as partes mais críticas das fundações em rocha.

### 8.2.3 Percolação e drenagem

---

**REQUISITO:** Dependendo do tipo de rocha, uma proteção adequada deve ser prevista para protegê-la contra erosão interna, lixiviação ou efeitos de dissolução nas fundações e ombreiras.

Os sistemas de drenagem e injeção nas fundações e ombreiras deverão manter as subpressões em níveis aceitáveis, pelo projetista ou avaliadores.

Onde os maciços de terra são construídos sobre fundação em rocha, o tratamento da fundação deve ser compatível com os materiais do maciço, de tal modo a se prevenir o carreamento de partículas.

---

Um sistema de drenagem de fundação é normalmente utilizado para reduzir a subpressão que atua na base da barragem e no corpo do maciço rochoso. O sistema mais comum, consiste de drenos a jusante da cortina de injeção principal.

A avaliação das fundações da barragem inclui as seguintes etapas:

- ◆ Determinar se a vazão de percolação é aceitável com relação às condições geológicas;
- ◆ Identificar qualquer evidência de infiltração ao longo de lentes intemperizadas (alteradas), juntas abertas ou zonas de contato;
- ◆ Verificar se o sistema de drenagem está funcionando;
- ◆ Verificar se a cortina de injeção está tendo um desempenho satisfatório;
- ◆ A detecção da percolação, no seu estágio inicial de desenvolvimento, é importante para se avaliar sua origem e causa. A avaliação inicial deve considerar qual é a extensão da percolação que pode conduzir a problemas maiores de erosão ou instabilidade.

### 8.3. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

#### 8.3.1 Movimentação da fundação

---

**REQUISITO:** Fundações e ombreiras, bem como maciços de terra, através dos quais, ou sobre os quais uma estrutura associada tenha sido construída, devem ser livres de movimentações que poderiam prejudicar a capacidade operacional da estrutura ou conduzir a um dano estrutural, tal como um fissuramento excessivo, deformação, deflexão, dano à juntas, separação de juntas ou de algum outro modo ameaçar a integridade estrutural e o seu desempenho hidráulico.

---

A fundação de uma estrutura associada deverá possuir resistência suficiente para resistir a deslizamentos, e uma capacidade de suporte adequada para prevenir recalques excessivos.

#### 8.3.2 Estabilidade de taludes

---

**REQUISITO:** Taludes que flanqueiam os canais de aproximação e de descarga de uma estrutura associada, devem ser estáveis, de modo a evitar que qualquer instabilidade provocada pela grande variedade de solos de assoreamento e movimentações de rocha, não imponham restrições a estes canais.

---

Ver item 8.1.2.

#### 8.3.3 Percolação

---

**REQUISITO:** A zona impermeável, imediatamente subjacente ou incluída na parte de montante de uma estrutura associada, incluindo-se aí componentes tais como trincheira de

vedação (cut-off), seção do núcleo ou tapete impermeável, devem ser livres de concentrações localizadas de percolação, que poderiam resultar em erosão interna (piping).

---

Os gradientes hidráulicos devem ser mantidos dentro dos limites recomendados para os materiais de fundação e zonas de filtro, incluindo-se aterros, bem como os solos e as rochas "in situ".

---

#### 8.4. ESTRUTURAS CELULARES COM PREENCHIMENTO E OUTRAS ESTRUTURAS EM PRANCHÕES DE MADEIRA

**REQUISITO:** Todas as estruturas celulares com preenchimento (enrocamento, areia, etc), e outras estruturas em pranchões e suas fundações, devem seguir os mesmos requisitos de estabilidade preconizados para barragens de aterro. Além disso, os pranchões de madeira deverão manter sua durabilidade e ser capaz de transmitir as cargas induzidas.

---

Ver Seções 8.1 e 8.2.

As condições de percolação devem ser analisadas.

A estabilidade deve ser avaliada como para as estruturas de concreto de gravidade (deslizamento e tombamento).

---

#### 8.5. BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO

**REQUISITO:** Barragens de enrocamento com face de concreto e suas fundações, devem seguir os mesmos requisitos das barragens de terra, quando aplicáveis. Além disso, recalques e deformações deverão ser controlados para prevenir fissuração excessivas da face de concreto de montante. A percolação ou infiltração através do revestimento de concreto deve ser limitada a valores aceitáveis.

---

Ver seção 8.2.

O desempenho depende dos métodos construtivos e dos detalhes das juntas entre lajes e da junta perimetral, caso o reservatório esteja sujeito a rebaixamento o paramento deverá ser inspecionado e as percolações deverão ser medidas.

---

#### 8.6. BARRAGENS DE ENROCAMENTO SUJEITAS À PERCOLAÇÃO

**REQUISITO:** Barragens de enrocamento sujeitas à percolação pelo maciço devem ser capazes de suportar, sem instabilização, o eventual arraste de partículas ou fragmentos de rocha e os efeitos combinados da ação da percolação emergente na face de jusante, com os esforços resultantes de qualquer tipo de transbordamento.

---

Não é recomendável que ocorra galgamento d'água, a menos que o talude de jusante tenha sido projetado.

## 9. ESTRUTURAS DE CONCRETO

### 9.1. GERAL

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

Este item do guia se aplica às avaliações de estabilidade de todas as estruturas de concreto de barramento d'água incluindo-se barragens, vertedouros, tomadas d'água e outras instalações hidráulicas associadas, bem como as estruturas de contenção de terra tais como muros tipo cortina e muros de arrimo.

As barragens de concreto podem geralmente ser classificadas dentro de três tipos principais de acordo com sua forma física particular e projeto específico: barragens de gravidade, de contrafortes e em arco.

Este item é aplicável às estruturas assentes sobre fundações em rocha suficientemente resistentes e que não tenham descontinuidades significativas. Para as estruturas construídas sobre outros tipos de fundação, tais como solos, rocha alterada ou rocha com descontinuidades significativas, devem ser estabelecidos métodos e critérios especiais de acordo com os princípios e práticas aceitáveis de engenharia, bem como aqueles requeridos no item 8.2.

---

**REQUISITO:** O nível de avaliação de segurança para barragens de concreto e outras estruturas de barramento d'água deve levar em conta as consequências de ruptura da estrutura.

---

As consequências da ruptura são classificadas de acordo com as diretrizes apresentadas no item 1.4. A avaliação de barragens de concreto e outras estruturas de barramento d'água deverá ser executada por profissionais experientes e de acordo com essas diretrizes. Entretanto, estruturas classificadas como de Consequência Muito Baixa, podem ser isentadas dos requisitos técnicos aqui apresentados.

As técnicas de análise podem abranger desde os relativamente simples bidimensionais "corpos rígidos" sobre superfícies de suporte plana até aos complexos métodos tridimensionais de elementos finitos.

Em termos gerais essas diretrizes são válidas para todos os tipos de estruturas em concreto, para as quais aplicam-se os princípios gerais da engenharia estrutural. Entretanto alguns tipos de estruturas de concreto sob certas condições requerem uma atenção especial.

## Análise Estática

Análises estáticas para barragens de gravidade são normalmente baseadas no método do equilíbrio limite de “corpo rígido” e no método da linearidade elástica. As três primeiras combinações de forças listadas no item 9.4, as qualificam como casos de carregamento estático, devido à natureza relativamente permanente das cargas envolvidas. Uma exceção a essas combinações de carga, pode advir daqueles componentes estruturais cujo desempenho pode ser influenciada pelos efeitos potencialmente dinâmicos do fluxo d’água.

Qualquer uma das técnicas de análise aceitáveis, fornecem informações e dados que são relativos aos indicadores de desempenho discutidos no item 9.5.

As barragens de contrafortes devem reunir a totalidade dos requisitos de estabilidade para barragens de gravidade e todos os outros componentes em concreto armado devem seguir as normas de cálculo de estruturas.

Uma inspeção detalhada, assim como um programa de amostragem e de ensaios, é parte essencial para um programa de avaliação de uma barragem de contrafortes. Uma atenção particular deve ser dada para a resistência do concreto através das juntas de construção. A seleção das tensões permissíveis deve ser baseada na condição real dos materiais da estrutura.

Devem ser determinadas a estabilidade ao deslizamento na direção montante-jusante e as tensões sobre os contrafortes no contato rocha/concreto e nos vários níveis representativos.

A avaliação de barragens em arco, requer uma experiência especial e uma compreensão geral acerca dos detalhes únicos destas estruturas. Conseqüentemente, as inspeções de segurança devem ser realizadas por engenheiros e geólogos experimentados na análise e construção de barragens em arco.

As análises de tensões e estabilidade das barragens em arco, podem ser baseadas no método de carregamentos sucessivos ou pelo método de elementos finitos ou outro aplicável. As propriedades de deformação da fundação devem ser incluídas e, especificamente, os efeitos da sequência construtiva. As temperaturas e os deslocamentos diferenciais devem ser avaliados. Efeitos de juntas (de dilatação vertical e de construção) devem ser considerados.

## Análise Sísmica

---

REQUISITO: Uma análise sísmica deve ser executada, onde apropriado.  
A fissuração, bem como a interação do reservatório e fundação, deve ser incluído na análise, quando necessário.

---

Análises sísmicas ou dinâmicas são normalmente executadas em diferentes níveis de sofisticação, dependendo da consequente avaliação da barragem e da probabilidade de desempenho não aceitável.

---

REQUISITO: As tensões e a estabilidade de uma barragem deve ser avaliada quanto a movimentação do terreno na direção montante-jusante. Em determinados casos poderá ser necessária a análise na direção transversal do vale.

---

## 9.2. CONDIÇÕES DA ESTRUTURA E DO LOCAL

---

REQUISITO: A resistência e a condição da barragem e da fundação devem ser determinadas de forma a possibilitar a análise.

Caso o concreto esteja aparentemente danificado ou enfraquecido, devem ser executados ensaios para se determinar os parâmetros de resistência ou hipóteses de adequação conservadoras feitas na análise da sua segurança.

Para as barragens de classificação de consequência de ruptura Alta e Muito Alta, deve-se prover a estrutura e a fundação com uma instrumentação suficiente a fim de se permitir uma monitoração do desempenho e a avaliação da sua segurança.

---

A revisão do projeto, os registros de construção e o comportamento histórico, em conjunto com uma inspeção visual, podem ser suficientes, porém a amostragem e ensaios podem ser necessários onde estes registros sejam inadequados ou onde a estrutura possa estar deteriorada. O nível de investigação também depende da classificação da estrutura quanto a consequência de ruptura (ver item 1.4).

A vistoria é necessária, incluindo-se:

- ◆ Um exame visual das faces do concreto, tanto acima quanto abaixo do nível d'água;
- ◆ Amostragem, ensaio e a estimativa de qualidade do concreto e armações;
- ◆ Inspeção de todos os elementos estruturais;
- ◆ Verificação da ocorrência de reações expansíveis, tais como reação álcali-agregado.

O conhecimento do comportamento das estruturas e suas fundações, pode ser obtido por meio do estudo das solicitações das estruturas em operação, usando-se as observações da instrumentação.

As condições da fundação e da interface rocha/concreto devem ser investigadas a um nível suficiente de detalhe que permita a obtenção de dados apropriados para a avaliação estrutural.

### 9.3. AÇÕES DO PROJETO

---

REQUISITO:	<p>As seguintes ações devem ser consideradas na avaliação das estruturas de concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>◆ Ancoragens ativas;</li><li>◆ Peso próprio da estrutura e dos equipamentos permanentes;</li><li>◆ Empuxo de aterros, reaterros e assoreamentos;</li><li>◆ Cargas acidentais uniformemente distribuídas, concentradas e cargas móveis e vento;</li><li>◆ Cargas relativas a equipamentos de construção;</li><li>◆ Esforços hidrostáticos resultantes de combinações dos diversos níveis d'água do reservatório com os de jusante;</li><li>◆ Subpressões devidas às condições de funcionamento dos drenos de fundação (operantes/inoperantes);</li><li>◆ Esforços hidrodinâmicos decorrentes de fluxos d'água;</li><li>◆ Esforços devidos à variação de temperatura e à retração do concreto;</li><li>◆ Esforços introduzidos por ancoragens ativas;</li><li>◆ Esforços sobre a estrutura relativos ao primeiro estágio de operação, em casos onde o segundo estágio da estrutura deva ser completado posteriormente;</li><li>◆ Cargas relativas às atividades de operação e manutenção do empreendimento;</li><li>◆ Esforços devidos a sismos naturais ou induzidos.</li></ul>
------------	--

---

### 9.4. COMBINAÇÃO DE CARREGAMENTOS

Os seguintes casos de carregamentos serão considerados nos estudos de estabilidade e respectivos cálculos dos esforços internos (tensões).

#### 9.4.1 Caso de Carregamento Normal (CCN)

Corresponde a todas as combinações de ações que apresentem grande probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, durante a operação normal ou manutenção normal da obra, em condições hidrológicas normais.

---

REQUISITO:	<p>As seguintes ações devem ser consideradas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>◆ Peso próprio, empuxo de aterros, reaterros e assoreamentos;</li><li>◆ Carga acidental uniformemente distribuída, concentrada e cargas móveis e vento;</li><li>◆ Carga relativa às atividades rotineiras de operação e manutenção da obra;</li><li>◆ Esforços hidrostáticos com NA do reservatório e do canal de fuga variando entre os níveis máximo normal e</li></ul>
------------	---

mínimo normal, sendo que a condição mais severa de carregamento deverá ser selecionada para cada estrutura;

- ◆ Subpressão, drenos operantes;
- ◆ Esforços hidrodinâmicos decorrentes de fluxo hidráulico pelas passagens d'água e durante a operação da usina;
- ◆ Temperatura e retração do concreto;
- ◆ Ancoragens ativas;
- ◆ Esforços sobre a estrutura no primeiro estágio de operação, em casos onde o segundo estágio da estrutura deva ser completado posteriormente.

---

#### 9.4.2 Caso de Carregamento Excepcional (CCE)

Corresponde a quaisquer ações de cargas de ocorrência eventual de baixa probabilidade de: condições hidrológicas excepcionais, falha no sistema de drenagem, manobra de caráter excepcional, efeito sísmico, etc.

---

REQUISITO:	Considerar a mesma relação de esforços do Caso de Carregamento Normal (CCN), calculados, no entanto, para as condições excepcionais de operação ou manutenção e com as seguintes modificações: <ul style="list-style-type: none"><li>◆ reservatório no NA máximo normal e NA jusante no máximo correspondente ou reservatório no NA máximo normal e NA jusante correspondente a vazão zero incluindo efeitos sísmicos;</li><li>◆ subpressão com drenos inoperantes e NA jusante máximo e drenos operantes com NA jusante entre normal e mínimo;</li><li>◆ quaisquer esforços excepcionais sobre as estruturas de primeiro estágio.</li></ul>
------------	--

---

#### 9.4.3 Casos de Carregamento de Construção (CCC)

Corresponde a todas as combinações de ações que apresentem probabilidade de ocorrência durante a construção da obra, apenas durante períodos curtos em relação à sua vida útil e em boas condições de controle. Podem ser devidas a carregamentos de equipamentos de construção, a estruturas executadas apenas parcialmente, carregamentos anormais durante o transporte de equipamentos permanentes e quaisquer outras condições semelhantes.

---

REQUISITO:	Neste caso deverão ser considerados os esforços: <ul style="list-style-type: none"><li>◆ da fase de construção;</li><li>◆ de montagem, instalação e testes de equipamentos permanentes ou temporários;</li><li>◆ de cimbramento e descimbramento;</li></ul>
------------	---

- ◆ de construção como execução e ancoragens, injeções, esgotamento, enchimento, compactação e outros, inclusive os níveis de água a montante e a jusante durante a fase de construção.

#### 9.4.4 Combinações de ações

REQUISITO: Na combinação de ações devem ser observadas as seguintes condições:

- ◆ cargas variáveis serão consideradas em intensidade e direção do modo mais desfavorável;
- ◆ cargas acidentais, uniformemente distribuídas ou concentradas, serão consideradas na combinação mais desfavorável em termos de intensidade, localização, direção e sentido, não se considerando qualquer redução de esforços internos por elas causada;
- ◆ combinação mais desfavorável de NA's de montante e jusante com os correspondentes diagramas de subpressão;
- ◆ peças e elementos estruturais na região da fundação e no interior das estruturas serão analisados com e sem subpressão;
- ◆ os empuxos de terra nas estruturas levarão em conta a ocorrência de lençol freático, caso exista;
- ◆ os esforços de ondas podem ser desprezados nos estudos das estruturas de gravidade;
- ◆ para as barragens de contrafortes e em arco também deverão ser considerados os efeitos de temperatura sobre as estruturas.

### 9.5. INDICADORES DE DESEMPENHO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

REQUISITO: A análise de segurança global deve ser feita para todas as estruturas principais, elementos estruturais e sistemas de interação entre as fundações e as estruturas submetidas aos diversos casos de carregamentos e englobará a análise de estabilidade no contato concreto-rocha, análise de estabilidade em planos inferiores ao da fundação, a definição dos coeficientes de segurança e a verificação entre as tensões atuantes e as tensões admissíveis dos materiais.

#### 9.5.1 Análise de estabilidade e coeficientes de segurança

A análise de estabilidade da estrutura é feita considerando-a como um conjunto monolítico, podendo desse modo ser assimilada a um corpo rígido.

### a) Coeficiente de Segurança a Flutuação (CSF)

Coeficiente de segurança à flutuação é definido como a relação entre o somatório das forças gravitacionais e o somatório das forças de subpressão e será dado pela expressão:

$$C.S.F = \frac{\sum V}{\sum U}$$

onde,

$C.S.F$	=	Coeficiente de segurança à flutuação
$\sum V$	=	Somatório das forças gravitacionais
$\sum U$	=	Somatório das forças de subpressão

Despreza-se, em geral, o efeito do atrito nas faces laterais do bloco. A consideração do atrito lateral implica em ajustar o coeficiente de segurança mínimo, que deverá, então, ser aumentado. Os coeficientes de segurança à flutuação obtidos devem ser superiores aos seguintes:

CASOS DE CARREGAMENTO			
	CCN	CCE	CCC
CSF	1,3	1,1	1,2

### b) Coeficiente de Segurança contra Tombamento (CST)

O coeficiente de segurança ao tombamento em qualquer direção é definido como a relação entre o momento estabilizante e o momento de tombamento em relação a um ponto ou uma linha efetiva de rotação e será dado pela expressão:

$$C.S.T. = \frac{\sum M_e}{\sum M_t}$$

onde,

$C.S.T.$	=	Coeficiente de segurança ao tombamento
$\sum M_e$	=	Somatório dos momentos estabilizantes
$\sum M_t$	=	Somatório dos momentos de tombamento

Deverão ser desprezados os efeitos estabilizantes de coesão e de atrito despertados nas superfícies em contato com a fundação.

Na estrutura cuja base tem dimensão igual ou superior à sua altura, dispensa-se a análise de estabilidade ao tombamento.

Os coeficientes de segurança ao tombamento obtidos, devem ser superiores aos da tabela abaixo:

CASOS DE CARREGAMENTO			
	CCN	CCE	CCC
CST	1,5	1,2	1,3

### c) Segurança ao deslizamento para estruturas

Considera-se que a segurança ao deslizamento está verificada se:

$$\frac{\sum Ni \tan(\phi_i) + \sum Ci Ai}{\sum Ti} \geq 1,0$$

onde,

$CSD_{\phi}$  = Coeficiente de segurança relativamente ao atrito

$CSD_c$  = Coeficiente de segurança relativamente à coesão

$Ni$  = Força normal à superfície de escorregamento em análise

$\phi_i$  = Ângulo de atrito característico da superfície de escorregamento em análise

$Ci$  = Coesão característica ao longo da superfície de escorregamento

$Ai$  = Área efetiva de contato da estrutura no plano em análise

$Ti$  = Resultante das forças paralelas à superfície de escorregamento

Os valores característicos serão definidos para cada caso particular e de forma adequada para cada estrutura sob análise.

Os valores dos coeficientes de segurança a adotar são os seguintes:

CASOS DE CARREGAMENTO			
	CCN	CCE	CCC
$CSD_c$	3,0 (4,0)	1,5 (2,0)	2,0 (2,5)
$CSD_{\phi}$	1,5 (2,0)	1,1 (1,3)	1,3 (1,5)

Nos casos em que o conhecimento dos parâmetros de resistência dos materiais é precário ou os materiais não apresentem constância de comportamento, adotar os valores entre parênteses.

## 9.5.2 Análise de Tensões, Tensões Admissíveis, Tensões de Serviço e Deformações

### a) Tensões Normais (de Serviço) na Base das Fundações e em Estruturas de Massa

Apresenta-se, a seguir, a equação para determinação das tensões normais nas seções transversais, a partir das solicitações de serviço, isto é, a partir de esforços não majorados por quaisquer coeficientes, na base da fundação ou em qualquer outro plano, constituído de materiais isotópos e homogêneos, resistentes a tração e a compressão, no regime da lei de Hooke.

A equação das tensões normais é igual a:

$$\sigma_{cal} = a + bx + cy$$

onde,

$$a = \frac{\sum N}{A}$$

$$b = \frac{1}{I_x I_y - I_{xy}^2} (\sum M_y I_x - \sum M_x I_{xy})$$

$$c = \frac{1}{I_x I_y - I_{xy}^2} (\sum M_y I_y - \sum M_y I_{xy})$$

$\sigma_{cal}$	=	tensão normal calculada
$\sum N$	=	somatório das forças normais ao plano considerado
$A$	=	área da seção transversal da estrutura ou do contato concreto-fundação
$xx$ e $yy$	=	eixos perpendiculares entre si que têm origem no centro de gravidade da seção transversal
$\sum M_x$ e $\sum M_y$	=	somatório dos momentos de todos os esforços em relação aos eixos XX e YY, respectivamente
$x$ e $y$	=	coordenadas do ponto analisado em relação aos eixos XX e YY
$I_{xx}$ e $I_{yy}$	=	momentos de inércia da área "A" em relação aos eixos XX e YY
$I_{xy}$	=	produto de inércia da área "A" em relação aos eixos XX e YY

As tensões obtidas desta forma, deverão ser comparadas com as tensões admissíveis fixadas no item b adiante.

Para os carregamentos normais as seções nas estruturas permanentes de concreto massa, deverão trabalhar a compressão ou com tensões de tração menores que a tensão admissível do concreto. Para as seções nas fundações não serão admitidas tensões de tração, devendo a resultante dos esforços solicitantes estar aplicada no núcleo central da área da base.

Nos carregamentos excepcionais e de construção admitir-se-á que a resultante possa estar aplicada fora do núcleo central. Nestes casos deverão ser realizados os procedimentos correspondentes a abertura de fissura, que nas seções de concreto dependem de processo iterativo considerando a modificação do diagrama de subpressões em relação a tensão admissível do concreto.

Na base e em seções na fundação o aparecimento de tensões de tração poderá ocorrer desde que fiquem limitados a certos valores e que a estabilidade da estrutura quanto ao tombamento e tensão de compressão no terreno estejam garantidas.

Nos carregamentos com aplicação do efeito sísmico deve-se considerar que, devido a natureza cíclica do fenómeno, não haverá aumento da supressão na situação de fissura aberta.

## b) Tensões Admissíveis do Concreto Massa e nas Fundações

Para efeito de tensões admissíveis nas estruturas em concreto massa, serão distinguidos os dois tipos de tensões normais que poderão ocorrer: de compressão e de tração.

As tensões admissíveis serão sempre fornecidas em função da resistência característica do concreto à compressão ( $f_{ck}$ ).

### b.1) Tensões Admissíveis do Concreto Massa a Compressão

As tensões admissíveis do concreto à compressão, constam do quadro a seguir:

CASO DE CARREGAMENTO	TENSÃO ADMISSÍVEL À COMPRESSÃO
CCN	$0,50 f_{ck}$
CCC	$0,55 f_{ck}$
CCE	$0,60 f_{ck}$

### b.2) Tensões Admissíveis do Concreto Massa a Tração

As tensões admissíveis do concreto a tração constam do quadro a seguir:

CASO DE CARREGAMENTO	TENSÃO ADMISSÍVEL À TRAÇÃO
CCN	$0,050 f_{ck}$
CCC	$0,055 f_{ck}$
CCE	$0,060 f_{ck}$

### b.3) Tensões Admissíveis nas Fundações

A capacidade de carga das fundações é relacionada à tensão normal máxima, definida mediante critérios que atendam as condições de ruptura, e as limitações relativas aos recalques excessivos, prejudiciais ao comportamento e perfeita utilização da estrutura.

A tensão normal máxima admissível na fundação deverá ser obtida a partir da seguinte relação:

$$s_{t,adm} = \frac{\text{Capacidade de carga da fundação}}{\text{Coeficiente de segurança}}$$

A capacidade de carga do material de fundação deverá ser determinada por métodos adequados, utilizando-se como subsídios os resultados de ensaios de laboratório.

Já para o coeficiente de segurança, são recomendados os valores especificados a seguir:

CASO DE CARREGAMENTO	COEFICIENTE DE SEGURANÇA
CCN	3,0 (4,0)
CCC	2,0 (3,0)
CCE	1,5 (2,0)

A adoção destes valores pressupõe razoável conhecimento dos parâmetros de resistência dos materiais envolvidos.

Os coeficientes de segurança devem ser aumentados nos casos em que tal conhecimento é precário ou os materiais não apresentem constância de comportamento. Neste caso, devem-se adotar os valores indicados entre parênteses.

## 10. RESERVATÓRIO E EFEITOS DO MEIO AMBIENTE

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

*OBS - Este item versa sobre os efeitos ambientais do reservatório sobre a segurança da barragem. Não cobre interesses ambientais resultantes da presença da barragem (tais como impactos provenientes da construção e operação da barragem). Os efeitos potenciais da ruptura da barragem são levados em conta na classificação da barragem (ver item 1.4).*

### 10.1. ENTULHO E VEGETAÇÃO NO RESERVATÓRIO

---

**REQUISITO:** Entulhos e vegetações no reservatório devem ser controlados de tal maneira que não constituam em ameaça à segurança da barragem.

---

Os entulhos e vegetações no reservatório, se não forem interceptados antes de chegarem às instalações de descarga, poderão ocasionar uma situação de perigo. A extensão do risco dependerá da quantidade e volume dos entulhos e vegetações, e do tipo e configuração das instalações de descarga. Por exemplo, os entulhos e vegetações podem interferir ou bloquear o fluxo hidráulico, reduzindo assim a capacidade de descarga ou causar danos que impeçam a operação segura das instalações.

A capacidade de fluxo das estruturas hidráulicas, quando potencialmente afetadas por entulhos e vegetações no reservatório, é descrita no item 7.3. Procedimentos para uma operação segura e manutenção, estão cobertas no item 3.

### 10.2. MARGENS DO RESERVATÓRIO

---

**REQUISITO:** Os taludes em volta das margens do reservatório não podem ameaçar a segurança da barragem.

---

As margens do reservatório devem ser investigadas para se determinar se a ruptura dos taludes podem constituir em ameaça para a segurança da barragem, para vidas, ou propriedades ao longo das margens do reservatório, ou a jusante da barragem. As consequências de qualquer tipo de ameaça deve igualmente ser avaliada. Ações corretivas que assegurem um nível adequado de segurança, devem ser implementadas de forma proporcional às consequências da ruptura do talude. O nível necessário de segurança e os níveis apropriados de correções devem ser consistentes com os critérios resumidos para cheias e sismos.

A resistência dos taludes do reservatório à solicitações por sismos é coberta no item 8.1.8. Os requisitos de borda livre para ondas induzidas por deslizamento estão no item 7.2. Os requisitos de segurança quanto a deslizamentos, que poderiam diretamente afetar as instalações de descarga, estão cobertos no item 7.3.

---

**REQUISITO:** Qualquer barreira natural deve ser investigada do mesmo modo que a barragem, caso sua ruptura possa ameaçar a operação do reservatório e por em risco vidas humanas e/ou propriedades.

---

A margem do reservatório deve ser investigada para determinar se existe alguma barreira natural, tal como células topográficas estreitas, que poderiam romper e ameaçar a operação do reservatório.

### 10.3. QUALIDADE DA ÁGUA

---

**REQUISITO:** A qualidade da água do reservatório deve ser monitorada e medidas de proteção devem ser tomadas se a sua qualidade puder causar a deterioração da barragem ou de suas estruturas associadas.

---

A severidade do ataque químico sobre os materiais da barragem, tais como concreto e aço, pode variar consideravelmente. Nos casos mais severos, o corpo principal do concreto da barragem pode ser atacado por agentes de lixiviação, ocasionando a formação de caminhos de percolação, fluxos inaceitáveis de drenagem e de pressões neutras, originando uma causa de preocupação de ordem estrutural.

Os tipos de ataque em potencial incluem o seguinte:

- ◆ Águas puras;
- ◆ Sulfatos;
- ◆ Sulfitos;
- ◆ Cloretos;
- ◆ Ácidos;
- ◆ Desenvolvimento de plantas;
- ◆ Ataque combinado (o efeito é geralmente mais severo do que o proveniente de uma causa única);
- ◆ Sais marinhos, em empreendimentos próximos ao mar.

### 10.4. SEDIMENTAÇÃO E ASSOREAMENTO

---

**REQUISITO:** A ocorrência de assoreamento próximo à barragem e suas instalações de descarga, não pode ser permitida ao ponto de afetar adversamente o controle e a descarga de cheias, a operação ou um esvaziamento de emergência, ou a estabilidade da barragem.

---

Meios adequados deverão ser estabelecidos para se prevenir a excessiva sedimentação do reservatório devido a incêndios florestais ou mudanças na utilização das terras de montante, bem como as rupturas dos taludes do reservatório ou padrões de erosão. As ações de transporte de sólidos pela água do rio devem ser investigadas bem como as fontes potenciais de sedimentos dentro da área de drenagem a montante do reservatório.

Nos locais onde houver a entrada de quantidades substanciais de sedimentos no reservatório, as regras de operação de cheias devem levar em conta a correspondente redução do volume útil.

As comportas e saídas das descargas de fundo, devem ser projetadas, e sua operação programada, de modo a minimizar a deposição de sedimentos e o arraste de fundo próximo à tomada d'água.

Medidas corretivas podem ser necessárias devido à abrasão no concreto e nas armaduras onde houver a passagem de sedimentos erosivos, pelas descargas, em grandes concentrações.

## 10.5. ESVAZIAMENTO DO RESERVATÓRIO

---

**REQUISITO:** A necessidade de esvaziamento do reservatório deve ser analisada caso possa se desenvolver uma situação de perigo, que poderia, de algum modo, conduzir à ruptura da barragem.

---

A capacidade para se esvaziar o reservatório de uma barragem é desejável, particularmente para barragens nas categorias de consequência Alta e Muito Alta. O esvaziamento do reservatório permite que o carregamento hidrostático seja reduzido, facilitando assim a inspeção e os reparos de partes de montante da barragem, ou de uma estrutura associada.

Onde existir uma situação potencial de perigo, a necessidade de se prover o reservatório com uma capacidade de esvaziamento pode ser avaliada com base no aumento da segurança que poderia advir. Isto poderia incluir a determinação do valor e da duração necessários de qualquer diminuição do nível do reservatório. Uma avaliação baseada no risco poderia auxiliar nesta determinação.

A capacidade de vazão que permita o esvaziamento do reservatório, está coberta no item 7.3. Os procedimentos de operação para facilitar o esvaziamento do reservatório estão listados no item 3.2.2.

## 10.6. ECOLOGIA

---

**REQUISITO:** A barragem deve ser monitorada quanto à presença de animais, vegetação de porte e outros organismos, e ações de proteção da barragem deverão ser tomadas, caso necessário.

---

Em geral, as árvores e a mata devem ser removidos dos maciços da barragem e esses podem ser gramados, especialmente para pequenas barragens, a fim de protegê-las contra os seguintes riscos em potencial:

- ◆ Redução na seção transversal da barragem;
- ◆ Redução da borda livre;

- ◆ Erosão interna (piping) originada pelo apodrecimento de raízes de árvores mortas, tocas escavadas por insetos ou animais, etc.

Uma vegetação excessiva também pode interferir com a manutenção e na inspeção eficiente do maciço. Inspeções visuais dos maciços de terra devem ser feitas frequentemente para se detectar atividades de vida animal.

## 11. REQUISITOS ADICIONAIS PARA BARRAGENS DE REJEITOS

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento podem eventualmente ser necessários levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

---

**REQUISITO:** Barragens de rejeitos devem reunir todos os requisitos aplicáveis estabelecidos nas seções de 1 a 10 desse documento.

Especial atenção deve ser dada à barragens que armazenem rejeitos tóxicos, de forma a garantir a segurança ambiental.

---

Existem requisitos adicionais para barragens de rejeitos, sendo que variam conforme o tipo e quantidade de materiais a serem armazenados. Os cuidados com inspeções e instrumentações específicas deverão ser discutidos caso a caso por especialistas nesse tipo de barragem.