



DANIEL PRENDA DE OLIVEIRA AGUIAR

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO ÍNDICE DE
SEGURANÇA DE BARRAGENS – ISB**

**CAMPINAS
2014**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

Daniel Prenda de Oliveira Aguiar

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO ÍNDICE DE
SEGURANÇA DE BARRAGENS – ISB**

Orientador: Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho

Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO DANIEL PRENDA DE OLIVEIRA ÁGUIAR E ORIENTADO PELO PROF. DR. JOSÉ GILBERTO DALFRÉ FILHO.

ASSINATURA DO ORIENTADOR

CAMPINAS
2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Ag93c Prenda de Oliveira Aguiar, Daniel, 1985-
Contribuição ao estudo do índice de segurança de barragens - ISB / Daniel
Prenda de Oliveira Aguiar. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: José Gilberto Dalfré Filho.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Estruturas hidráulicas. 2. Barragens. 3. Segurança. I. Dalfré Filho, José
Gilberto, 1976-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Contribution to the study of dam safety index - DSI

Palavras-chave em inglês:

Hydraulic structures

Dam

Security

Área de concentração: Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora:

José Gilberto Dalfré Filho [Orientador]

Tiago Zenker Gireli

Jorge de Saldanha Gonçalves Matos

Data de defesa: 09-05-2014

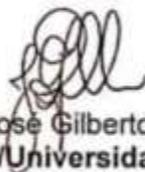
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

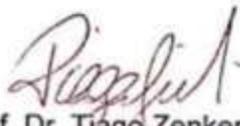
Contribuição ao Estudo do Índice de Segurança de Barragens – ISB

Daniel Prenda de Oliveira Aguiar

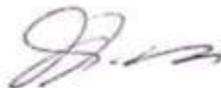
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho
Presidente e Orientador/Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Tiago Zenker Gireli
Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Jorge de Saldanha Gonçalves Matos
Instituto Superior Técnico de Lisboa**

Campinas, 09 de Maio de 2014.

Resumo

O Brasil tem uma ampla base de sistemas de produção hidroenergética, com alguns deles atendendo a múltiplas finalidades. Dentre os usos múltiplos da água, a geração de energia elétrica se diferencia pela sua natureza fundamental à continuidade das atividades produtivas na sociedade moderna. A geração de energia hidroelétrica requer um conjunto de estruturas e equipamentos hidráulicos. No Brasil, muitas estruturas estão envelhecendo e levam às discussões acerca da sua segurança. A questão da segurança de barragens é premente. Alguns países já se preocupam com a utilização de longo prazo destas estruturas. Contudo, poucos são os países que possuem uma legislação referente à segurança de barragens, como Portugal, Grã-Bretanha, Espanha, Estados Unidos, Canadá, dentre outros. Em 2005, Zuffo desenvolveu e propôs o Índice de Segurança de Barragens – ISB. O ISB visa reduzir a subjetividade na análise da segurança de barragens e é composto por vários critérios técnicos. A estes critérios, são atribuídos pesos por diversos profissionais da área e, através de um tratamento estatístico, compõem um índice global que indica o estado de segurança de uma barragem. Em 2010, foi sancionada a Lei Federal nº 12.334 que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens. Em 2012, a Resolução nº 143 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu critérios gerais de classificação de barragens e as Resoluções nº 91/12 e nº 742/11 da Agência Nacional de Águas estabeleceu critérios para o Plano de Segurança da Barragem e das inspeções de segurança regulares. Neste contexto, este trabalho propõe alterações nos critérios que compõem o ISB, visando diminuir a subjetividade e aumentar a precisão e aplicação prática do método, incorporando itens exigidos pela legislação brasileira sobre segurança de barragens. O Índice de Segurança de Barragens – ISB mostra ser uma importante ferramenta para o gestor da estrutura, órgãos governamentais, agências de fiscalização e uma proteção extra para a sociedade, pois considera os principais elementos e características técnicas do barramento, bem como dados de projeto, planos de operação e instalações existentes na área de influência da barragem.

Palavras chave: Estruturas hidráulicas, Barragem, Segurança.

Abstract

Brazil has a broad base of hydropower production systems, with some of them serving multiple purposes. Among the multiple uses of water, electric power generation is distinguished by being crucial to the continuity of production activities in modern society. The hydropower generation requires a set of structures and hydraulic equipment. In Brazil, many structures are aging and lead to discussions about their safety. The issue of dam safety is urgent. Some countries have been concerned about the long-term use of these structures. However, there are few countries that have legislation concerning the safety of dams, such as Portugal, Britain, Spain, USA, Canada, among others. In 2005, Zuffo developed and proposed the Dam Safety Index – DSI. The DSI aims to reduce subjectivity in the analysis of dam safety and consists of various technical criteria. To these criteria, weights are assigned by various professionals and, through a statistical treatment, make up a global index that indicates the security status of a dam. In 2010, was enacted Federal Law No. 12.334 which establishes the National Policy on Safety of Dams. In 2012, Resolution No. 143 of the National Water Resources Council established general criteria for the classification of dams and Resolution No. 91/12 and No. 742/11 of the National Water Agency has established criteria for the Dam Safety Plan and regular security inspections. In this context, this paper proposes changes to the criteria that make up the DSI in order to reduce subjectivity and increase the accuracy and practical application of the method, incorporating items required by the Brazilian legislation on dam safety. Dam Safety Index - DSI proved an important tool for managing the structure, government agencies, enforcement agencies and an extra protection for society, because it considers the main elements and technical characteristics of the bus, as well as design data, operation plans and existing facilities in the catchment area of the dam.

Keywords: Hydraulic structures, Dam, Security.

Sumário

Resumo.....	vii
Abstract	ix
Sumário	xi
Lista de Figuras.....	xv
Lista de Tabelas	xvii
Lista de siglas e abreviaturas.....	xix
1. Introdução	1
2. Objetivo Geral	3
2.1. Objetivo Específico	3
3. Revisão Bibliográfica.....	5
3.1. Introdução	5
3.2. Histórico de rompimentos.....	5
3.3. Segurança de Barragens.....	22
3.3.1. Aspectos Legislativos.....	25
3.3.2. Brasil.....	25
3.3.3. Portugal	38
3.4. Métodos para avaliação da segurança de barragens.....	41
4. Materiais e métodos	51
4.1. Justificativa dos parâmetros adotados.....	55
5. Resultados e discussão	61
5.1. Comentários técnicos adicionais	69
6. Conclusões.....	73
7. Referências	75
Apêndice A – Questionário para obtenção dos pesos.....	81
Anexo A – Projeto de Lei nº 1.181, de 2003	87
Anexo B – Lei Federal nº 12.334 de 2010.....	93
Anexo C – Resolução CNRH nº 143 de 2012.....	101
Anexo D – Resolução CNRH nº 144 de 2012.....	111
Anexo E – Resolução ANA nº 742 de 2011	117
Anexo F – Resolução ANA nº 91 de 2012	123

.....	132
Anexo G – Projeto de Lei nº 436 de 2007.....	141
Anexo H – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da FCM - UNICAMP	145

Agradecimentos

A Deus em primeiro lugar.

À minha família, namorada e amigos pelo apoio e compreensão.

Ao meu orientador José Gilberto Dalfré Filho e minha coorientadora Ana Inés Borri Genovez pela ajuda fundamental na conclusão deste trabalho.

Agradeço especialmente a Doutora Laura Maria Canno Ferreira Fais pelos conselhos e colaboração nas revisões.

Aos professores Tiago Zenker e Stefano Mambretti pelas orientações prestadas.

A CAPES pela bolsa de estudos concedida no início do curso.

Ao Departamento de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais da FEC como um todo, funcionários, professores e colegas.

A Prefeitura Municipal de Campinas em especial a Secretaria do Verde e do Desenvolvimento Sustentável, onde tenho atuado profissionalmente desde 2012 pelo apoio técnico.

Ao grupo virtual DamSafety pelas experiências trocadas e acervo de informações técnicas.

A todos os técnicos, pesquisadores e profissionais da área que contribuíram respondendo os questionários sobre o tema e assim tornaram esse trabalho possível.

Lista de Figuras

FIGURA 1 - VISÃO DO MACIÇO A PARTIR DE DENTRO DO RESERVATÓRIO APÓS O ROMPIMENTO. FONTE: HTTP://WWW.MICK-ARMITAGE.STAFF.SHEF.AC.UK/SHEFFIELD/PHOTOGAL/PICFLUD1.HTML	9
FIGURA 2 - BARRAGEM DE AUSTIN APÓS A FALHA. FONTE: MARTT <i>ET AL</i> , 2005.....	12
FIGURA 3 - BARRAGEM DE SAINT FRANCIS. FONTE: ROGERS, 2007.	13
FIGURA 4 - ROMPIMENTO PROVOCADO POR EROSIÃO INTERNA NA BARRAGEM DA PAMPULHA EM MINAS GERAIS. FONTE: BRAZ, 2003. .	14
FIGURA 5 - BARRAGEM DE MALPASSET ANTES E APÓS O ROMPIMENTO. FONTE: ÁGREDA, 2005.....	16
FIGURA 6 - IMAGEM DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE ORÓS E A MESMA RECONSTRUÍDA POSTERIORMENTE. FONTE: FOTO DA ESQUERDA: NÃO SE TEM MAIORES INFORMAÇÕES SOBRE AUTORIA, FOTO DA DIREITA: DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS – DNOCS.....	17
FIGURA 7 - A BARRAGEM DE VAJONT RESISTIU AO GALGAMENTO. FONTE: GENEVOIS & GHIROTTI, 2005.....	18
FIGURA 8 - EVOLUÇÃO DO FENÔMENO DE <i>PIPING</i> NA BARRAGEM DE TETON. FONTE: WWW.GEOL.UCSB.EDU , DEPARTMENT OF EARTH SCIENCE – UNIVERSITY OF CALIFORNIA UC SANTA BARBARA.....	19
FIGURA 9 – EXEMPLOS DE ILUSTRAÇÕES UTILIZADAS NO INSPECTION OF SMALL DAMS. FONTE: ADAPTADO E TRADUZIDO DE DAM SAFETY AND WATER PROJECTS BRANCH, 1998.....	24
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO DAS BARRAGENS CADASTRADAS PELA ANA CONFORME O ÓRGÃO FISCALIZADOR DA SEGURANÇA. FONTE: ADAPTADO DE AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2013).....	36
FIGURA 11 - EXEMPLO DE FUNÇÕES DE VALOR E SEUS GRÁFICOS. FONTE: ZUFFO, 2005.....	45
FIGURA 12 – GRÁFICO DE BARRAS ILUSTRANDO EM ORDEM DECRESCENTE OS PESOS OBTIDOS PARA CADA CRITÉRIO ANALISADO.	65
FIGURA 13 - GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS MÉDIAS DOS CRITÉRIOS COMUNS AOS TRABALHOS REALIZADOS.....	68

Lista de Tabelas

TABELA 1 - RELAÇÃO DE ACIDENTES OCORRIDOS COM BARRAGENS ENCONTRADOS NA BIBLIOGRAFIA, EM ORDEM CRONOLÓGICA.....	21
TABELA 2 - QUADRO RESUMO DOS ITENS A SEREM OBSERVADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS SEGUNDO A SEGURANÇA (BARRAGENS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA).	29
TABELA 3 - DETERMINAÇÃO DA PERIODICIDADE DA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA EM FUNÇÃO DO DANO POTENCIAL E DO RISCO.	31
TABELA 4 - MATRIZ DE CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO.	33
TABELA 5 - ÓRGÃOS FISCALIZADORES DA SEGURANÇA DE BARRAGENS E NÚMERO DE EMPREENDIMENTOS RESPECTIVOS.	37
TABELA 6 - INTERPRETAÇÃO DOS VALORES DO ISB OBTIDOS POR ZUFFO (2005).	46
TABELA 7 - CRITÉRIOS ANALISADOS NO CÁLCULO DO ISB, SEGUNDO ZUFFO (2005).	47
TABELA 8 - LISTA DE CRITÉRIOS QUE COMPÕE O ISB.	52
TABELA 9 - PARÂMETROS QUE COMPÕEM O ISB NESTE TRABALHO.	56
TABELA 10 - RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS DOS QUESTIONÁRIOS.	61
TABELA 11 - MÁXIMOS E MÍNIMOS VALORES ENCONTRADOS.....	62
TABELA 12 - QUANTIDADE DE NOTAS CONSIDERADAS APÓS ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O CÁLCULO DA MÉDIA FINAL E DO PESO POR CRITÉRIO.....	63
TABELA 13 - SELEÇÃO DE CRITÉRIOS COM MÉDIAS FINAIS ABAIXO DA MÉDIA GERAL.....	66
TABELA 14 - COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS OBTIDAS NESTE TRABALHO E EM ZUFFO (2005).	67
TABELA 15 – COMPOSIÇÃO FINAL DE CRITÉRIOS DO ISB.....	72

Lista de siglas e abreviaturas

ANA – Agência Nacional de Águas

ASCOM – Assessoria de Comunicação da Universidade Federal de Goiás

CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens

CNPGB – Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará

CONFEA - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

CR – Categoria de Risco

CREA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

CT – Características Técnicas

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

DPA – Dano Potencial Associado

DSI – Dam Safety Index

EC – Estado de Conservação

ICOLD – International Commission on Large Dam

ISB – Índice de Segurança de Barragens

PISB – Painel de Inspeção e Segurança de Barragem

PL – Projeto de Lei

PROURB-RH – Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos

PSB – Plano de Segurança da Barragem

RSB – Relatório de Segurança de Barragens

SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos

UCSB – University of California, Santa Barbara

1. Introdução

O Brasil tem uma ampla base de sistemas de produção hidroenergética, com alguns deles atendendo a múltiplas finalidades. Dentre os usos múltiplos da água, a geração de energia elétrica se diferencia pela sua natureza fundamental à continuidade das atividades produtivas na sociedade moderna.

A despeito da relevância estratégica, todavia, não há fundamentação científica suficientemente desenvolvida para embasar a tomada de decisão dos gestores diante de situações de risco de segurança das barragens. Muitas das tecnologias hoje em uso nos setores hídrico e energético foram desenvolvidas na década de 70, quando a base de consumo industrial era modesta e o país não dispunha de um sistema hidroenergético tão complexo como o atual.

Na produção hidroenergética, vários tipos de riscos podem ser considerados, tais como os riscos ambientais e os riscos tecnológicos, sendo estes últimos decorrentes de falhas nas estruturas propriamente ditas. BOWLES *et al* (1999) afirmam que, para se fazer uma análise de riscos para segurança de barragens, um dos primeiros passos é a identificação dos modos de falha em potencial para um vasto intervalo de vazões de cheia e carregamentos para as condições normais de operação e para as condições excepcionais de operação. A identificação dos riscos é um processo qualitativo de listagem dos potenciais modos de falha como uma sequência de eventos ou a combinação de condições que são consideradas necessárias para que ocorra a ruptura da barragem. Os resultados do processo de identificação de riscos podem melhorar o reconhecimento e o entendimento das questões relativas à segurança de barragens antes mesmo da análise quantitativa do risco. Apesar de não haver garantias de que todos os modos de falha sejam identificados, aumenta-se a probabilidade de se reconhecer os modos mais significantes de falha, quando um processo sistemático de identificação dos riscos é aplicado apropriadamente.

A questão da segurança de barragens é premente. Alguns países já se preocupam com a utilização de longo prazo destas estruturas. Contudo, poucos são os países que possuem uma legislação referente à segurança de barragens. Alguns países da Europa (Portugal, Grã-Bretanha, Espanha, dentre outros), Estados Unidos e Canadá possuem sua própria legislação.

A maioria dos acidentes ocorridos em território nacional continua sem explicação, prejudicando o avanço do conhecimento na área. Segundo Medeiros (2013), de acordo com dados do Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), da International Commission on Large Dams

(ICOLD), do Banco Mundial (World Bank) e Comissão Mundial de Barragens (World Commission on Dams), uma barragem para ser considerada segura deve, primordialmente, possuir integridade estrutural, não induzir sentimento de ameaça e não causar dano ambiental. Esses requisitos básicos podem ser desdobrados em diversos critérios, dado a complexidade de análise de cada um.

Visando nortear a questão de segurança de barragens no Brasil, o governo sancionou em 2010, a Lei nº 12.334 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, destinada à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB. O SNISB tem como objetivo o registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional e compreende um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de suas informações, devendo contemplar barragens em construção, em operação e desativadas. O órgão responsável por organizar, implantar e gerir o SNISB é a Agência Nacional de Águas – ANA. O SNISB é regido pela Resolução nº 144, de 10 de Julho de 2012, que *estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens*. O Artigo nº 16 do mesmo dispositivo legal dispõe que *o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) tem o objetivo de coletar, armazenar, tratar, gerir e disponibilizar para a sociedade as informações relacionadas à segurança de barragens em todo o território nacional*.

No âmbito da regulamentação da PNSB, os principais documentos existentes até o momento, além do dispositivo acima citado, são a Resolução CNRH nº 143/12, a Resolução ANA nº 742/11 e a Resolução ANA nº 91/12, as quais são abordadas com maiores detalhes no transcorrer desta dissertação.

No Brasil as barragens estão envelhecendo, o que reforça a necessidade de cuidados com relação à segurança. Além da ampliação do parque hidroenergético brasileiro com a construção de novas barragens, as já existentes carecem de avaliações periódicas para se verificarem as condições de segurança, a luz das novas tecnologias.

Barragens de pequeno porte são, por vezes, construídas em propriedades rurais particulares e sem a elaboração de projetos ou mesmo autorização dos órgãos competentes. Assim, sua execução se dá na completa informalidade. Segundo Zuffo e Genovez (2008), as

pequenas barragens somam a grande maioria das barragens construídas no mundo (cerca de 65%) e quase 2/3 das grandes barragens construídas na América Latina estão localizadas no Brasil, o que dificulta a fiscalização e gestão da segurança.

2. Objetivo Geral

Considerando-se os métodos técnicos de avaliação de segurança de barragens e as Resoluções nº 143/2012 e nº 144/2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e as Resoluções nº 742/2011 e nº 91/2012 da Agência Nacional de Águas, este trabalho tem por objetivo principal contribuir para o avanço do cálculo do Índice de Segurança de Barragens (ISB), proposto por Zuffo (2005).

2.1. Objetivo Específico

Neste trabalho, novos critérios foram incorporados ao ISB para, além de selecionar uma gama mais variada e concisa de parâmetros, incluir o conteúdo presente na legislação brasileira da época sobre o tema. Foram determinados pesos para cada critério representando assim a importância relativa dos mesmos na segurança global da estrutura. A atribuição de pesos aos critérios bem como a escolha dos mesmos objetivou reduzir a subjetividade da análise de segurança.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Introdução

A seguir, é feita uma revisão da literatura sobre segurança de barragens. O estudo dos acidentes ocorridos (item 3.2) aliado a leitura e compreensão da legislação (item 3.3) e aos modelos teóricos de avaliação da segurança de barragens (item 3.4) contribuirão para alcançar o objetivo principal deste trabalho, que é o aprimoramento do ISB (Índice de Segurança de Barragens), diminuindo-se a subjetividade do método, que é presente em qualquer avaliação de risco.

Neste capítulo, apresenta-se não somente o desenvolvimento alcançado na área, mas também um resumo de vários acidentes ocorridos com barramentos ao longo dos anos, enumerando-se os mais importantes que, assim, incentivaram a pesquisa sobre o tema, e a solução de questões até então não tratadas. O histórico das falhas em barragens apresenta as características técnicas da estrutura, as causas e as consequências da ruptura e, quando for o caso, os estudos e as medidas adotadas para evitarem-se novas falhas.

3.2. Histórico de rompimentos

O histórico das barragens não é plenamente documentado, muitos dados podem apenas ser estimados, pois muitos dos eventos de que se tem mais notícia envolvendo barramentos aconteceram depois do ano 1000 a.C. Grande parte das informações anteriores a esta data é oriunda do Egito, pois se têm mais dados a respeito da engenharia local na época¹. Os acidentes com barragens são tão antigos quanto a própria história da construção das mesmas. A primeira barragem de que se tem notícia foi a Sadd el Kafara e ficava localizada no antigo Egito. Ela foi construída com a finalidade de abastecimento e logo após sua conclusão sofreu um galgamento por não possuir uma estrutura vertente levando toda o maciço a ruínas.

Barramentos são estruturas importantes para o desenvolvimento da sociedade e, durante muitos anos, foram construídas e divulgadas para o mundo como um símbolo de superioridade tecnológica e econômica para uma nação. Além disso, a crescente necessidade de energia e

¹ Dams and Public Safety, Robert B. Jansen, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation (1980).

infraestrutura fez com que grandes barragens fossem construídas a partir do início da década de 50.

Esse grande interesse nas barragens, principalmente com a finalidade de abastecimento de água e de geração de energia, também representou o natural aumento no índice de acidentes. Proprietários particulares lançavam mão da construção de estruturas sem nenhum conhecimento técnico sobre o assunto ou investigações mais detalhadas da região, o que aumentava a insegurança de toda população a jusante. Neste período, houve um grande avanço tecnológico no campo da construção de barragens e, conseqüentemente, na área de segurança de barragens.

O trecho de texto abaixo foi traduzido do livro *Silenced Rivers – The Ecology and Politics of Large Dams* (1996) de autoria de Patrick McCully e resume como uma barragem, através da formação de um reservatório e elevação do nível d'água, pode ser uma importante ferramenta para múltiplos usos.

Barragens possuem essencialmente duas funções principais. A primeira é armazenar água para compensar variações no fluxo do rio ou na demanda de água e energia elétrica. A segunda é elevar o nível da água a montante para que a mesma possa ser conduzida a um canal, ou aumentar a 'Carga Hidráulica' – diferença de altura entre a superfície do reservatório e o rio a jusante. A formação de um reservatório e da carga hidráulica permite que a barragem seja usada para a geração de energia elétrica (hidroelétricas são responsáveis pela geração de cerca de 50% da energia elétrica do planeta); suprimento de água para agricultura, indústrias e residências; controle de enchentes; auxílio à navegação através da regularização da vazão e do afogamento das corredeiras. Outros motivos para a construção de grandes barragens incluem a formação de reservatórios para pesca e atividades de lazer tais como passeios de barco (McCULLY, 1996:11)².

A definição de barragem dificilmente é encontrada na literatura. O conceito parece ser tão primitivo e estar enraizado na literatura geral que basta discorrer sobre o assunto. Porém o Artigo 2º, Alínea I da Lei Federal 12334/10 define barragem como sendo “*qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias*

² Traduzido por Daniel Prenda de Oliveira Aguiar. Segue o trecho original: *Dams have two main functions. The first is to store water to compensate for fluctuations in river flow or in demand for water and energy. The second to raise the level of the water upstream to enable water to be diverted into a canal or to increase 'hydraulic head' — the difference in height between the surface of a reservoir and the river downstream. The creation of storage and head allow dams to generate electricity (hydropower provides nearly a fifth of the world's electricity); to supply water for agriculture, industries and households; to control flooding; and to assist river navigation by providing regular flows and drowning rapids. Other reasons for building large dams include reservoir fisheries and leisure activities such as boating* (McCULLY, 1996:11).

líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas”.

Para este trabalho foi adotada a definição dada pela lei citada, não somente por abranger estruturas para acumulação de água, mas também barramentos para quaisquer fins que possam de alguma forma representar riscos para qualquer ocupação que esteja a jusante. Além disso, ressalta-se que este trabalho prima por incorporar a legislação recente e vigente no cálculo do ISB.

A principal causa das mortes em decorrência de rompimentos de barragens advém da onda de cheia provocada pelo rápido esvaziamento do reservatório. Considerando-se isoladamente o evento de ruína da estrutura da barragem, devido a uma falha qualquer, o potencial de vítimas fatais é muito reduzido em relação ao que pode ser causado pela enchente associada.

De acordo com Balbi (2008), as inundações são transbordamentos de água provenientes de rios, lagos e açudes, provocando o alagamento temporário de terrenos, normalmente secos, como consequência de um aporte atípico de um volume de água superior ao habitual, o que pode provocar danos a pessoas e bens. Quando extensas, destroem ou danificam plantações, residências e indústrias, e exigem um grande esforço para garantir o salvamento de animais e pessoas. Essa situação de crise é mais agravada pelos prejuízos que sofrem os serviços essenciais, especialmente os relacionados à distribuição de energia elétrica, ao saneamento básico e à saúde.

Segundo Mello (1966), o acidente é tido como um evento imprevisto e indesejável e deve ser diferenciado de manutenção preventiva, uma vez que esta última está associada a uma agenda já programada pelo gestor da estrutura, enquanto que o acidente resulta de uma falha ou risco e deve ser corrigido a partir do momento da detecção. O mesmo autor ainda diferencia o acidente comum do catastrófico. O primeiro representa, em relação à manutenção preventiva, um dano maior que o esperado e mais custoso para ser reparado (entende-se custo não somente financeiro, mas de tempo, mão de obra, planejamento e outros) e o acidente catastrófico é aquele no qual existem danos a terceiros, devastação e possivelmente mortes além do colapso total da estrutura.

O desenvolvimento dos métodos construtivos e de monitoramento de barragens sempre ganhou impulso devido aos desastres ocorridos com as mesmas. Balbi (2008) afirma que os países que mais se destacam na construção de barragens também tiveram mais experiências negativas relacionadas a acidentes envolvendo essas estruturas.

Portanto, o histórico de falhas de barragens é uma importante ferramenta para se visualizar os equívocos ocorridos anteriormente, bem como negligências e situações inesperadas para que se possa propor, baseando-se na experiência adquirida, medidas de prevenção e planos de ação emergencial.

A seguir apresentam-se, em ordem cronológica, grandes acidentes ocorridos ao redor do mundo devido a falhas em barragens que vitimaram mais de 10 pessoas ou causaram danos e prejuízos relevantes a jusante, afetando serviços de infraestrutura e destruindo instalações diversas.

A Barragem de Dale Dyke, localizada na Inglaterra, construída em 1858 foi um dos primeiros casos de rompimento da era moderna. Seu rompimento ocorreu em 1864. A barragem foi construída com o propósito de abastecimento local, motivado por uma grande demanda de infraestrutura na Inglaterra na época da revolução industrial. A barragem era de terra com núcleo de argila e dotada inclusive de vertedouro e tubulações de descarga de fundo. O rompimento ocorreu na noite de 11 de Março de 1864, quando o reservatório já estava quase cheio. Um trabalhador da região que passava pelo local em um dia de chuva forte ouviu um ‘*crack*’ ao longo da estrutura, onde foi aberta uma fissura não maior que um dedo. O engenheiro responsável pela obra foi chamado imediatamente e ordenou o esvaziamento do reservatório, porém já não havia tempo suficiente para tal manobra. O rompimento causou uma enchente que resultou em mais de 250 mortes. Ao longo dos anos diversas teorias tentaram explicar as causas do rompimento, porém somente em 1978, G.M. Binnie, vice-presidente do *Institute of Civil Engineers*, após uma extensa pesquisa pode concluir que o barramento rompeu devido à percolação de água através do núcleo impermeabilizante, a qual desestruturou o talude da represa e levou ao rompimento drástico da estrutura. Contribuiu para o ocorrido o fato das estruturas vertentes e de descarga não possuírem capacidade para esgotar o reservatório a tempo. Na época, o administrador chegou a dar a ordem para o esvaziamento através do uso de pólvora para ampliar a abertura do vertedouro, porém não foi possível dar ignição ao explosivo devido a chuva intensa e os fortes ventos (Harrison, 1974).

A Figura 1 ilustra um dos poucos registros fotográficos da época.



Figura 1 - Visão do maciço a partir de dentro do reservatório após o rompimento. Fonte: <http://www.mick-armitage.staff.shef.ac.uk/sheffield/photogal/picflud1.html>

No Japão, pode ser citado o evento ocorrido com a barragem de Iruhaike, construída em 1633, com rompimento em 1868. Esta barragem foi construída para armazenar água para irrigação dos campos de arroz. Era de terra com cerca de 27 a 28 metros de altura e 700 metros de largura. Colapsou devido a uma onda de cheia excepcional que varreu a região. Os relatos de mortes variam entre 1000 e 1200 vítimas. As causas prováveis deste rompimento não necessariamente são ligadas a uma falha em si, pois a barragem permaneceu em funcionamento por muitos anos desde sua construção e não resistiu à passagem da onda de cheia que excedeu a capacidade prevista de suas instalações (Lemperiere, 1993).

Um país que possui muitos casos de colapsos de barramentos são os Estados Unidos. A barragem de Mill River, construída em 1865 e com rompimento em 1874, foi construída para controlar as vazões de cheia e armazenar água para períodos de seca. Na época, os empreendedores da região solicitaram projetos para a construção da barragem, porém ficaram assustados com os enormes preços cobrados pelos engenheiros, desta forma decidiram construir eles mesmos com a experiência que possuíam da construção e manutenção de pequenos barramentos. Após a construção, o reservatório ficou completamente cheio na primavera de 1866, com diversos vazamentos que preocupavam a população local. Após cerca de 4 anos sem nenhum evento alarmante o povo das cidades a jusante começou a acreditar na segurança da barragem.

Durante uma forte chuva na primavera de 1874 a parte leste da barragem foi levada pela água. Imediatamente o operador da barragem tentou emitir um alerta e evacuar a população de jusante, porém era tarde demais e toda a estrutura se rompeu bruscamente, lavando tudo que havia em seu caminho. Essa falha causou a morte de cerca de 143 pessoas. A barragem tinha aproximadamente 13 metros de altura e ficava a montante da cidade de Williamsburg no Estado de Massachusetts (Sharpe, 2004).

Novamente nos Estados Unidos, tem-se a barragem de South Fork em Johnstown, construída em 1853 para controle de cheias e abastecimento de água. O rompimento ocorreu em 1889. A cidade de Johnstown sempre teve um histórico conturbado com as inundações constantes ao longo dos anos, tendo fama de cidade que sempre inunda. A referida barragem foi construída com a finalidade de conter as cheias, porém a estrutura foi abandonada pelo governo em favor da construção de rodovias na própria região. Posteriormente foi comprada por um clube local de pesca e caça a um preço aproximadamente 100 vezes menor que o custo de construção. Os administradores do clube resolveram fazer mudanças na estrutura da barragem sem nenhum conhecimento técnico e sem consultar os engenheiros da época. Tubulações de drenagem que ficavam no pé da barragem para aliviar a pressão foram retirados e nenhum vertedor foi construído ou se quer previsto na reforma. Em 1889 uma grande onda de cheia fez com que o rio galgasse o barramento, provocando o rompimento do corpo da barragem, que, era de terra. A onda atingiu a cidade que ficava cerca de 22,5 quilômetros a jusante. O número de mortes chegou a 2200 pessoas (Kozlovac, 1995).

Ainda nos Estados Unidos pode-se citar o caso da barragem de Walnut Grove no Arizona, construída em 1888 e com rompimento em 1890. O local na época era uma grande atração para mineradores, pois possuía grandes jazidas de ouro, com pepitas que brotavam na superfície. O rápido crescimento do local devido à febre do ouro também exigiu grande demanda de água para as atividades de mineração e irrigação de campos a jusante. O rio Hassayampa, que cruzava a região, possuía ciclo hidrológico anual com grande amplitude entre as vazões de cheia e o período seco. No inverno era possível navegar com grandes barcos a vapor enquanto que no verão o rio praticamente secava. Para conseguir prover água o ano todo para a região foi construída a barragem de Walnut Grove. O barramento foi construído com rochas soltas. Seu rompimento ocorreu durante uma cheia em 1890 e as falhas que levaram a catástrofe não foram resultado de um projeto mal feito, mas sim de falta de cuidado durante a construção da mesma.

Os executores não tomaram o devido cuidado quando da colocação das rochas; pequenas pedras deveriam ser colocadas nos espaços entre as maiores, o que não foi feito. Um vertedouro de 16,8 metros de largura por 3,7 metros de profundidade chegou a ser projetado, porém foi executado com somente 4,6 metros de largura por 2,4 de profundidade devido a cortes de gastos³.

Na Europa um dos grandes exemplos de acidente é o da barragem de Bouzey, na França. A construção, em concreto, foi finalizada em 1881 e o rompimento ocorreu em 1895. Desde 1884 o barramento apresentava vazamentos, a estrutura era muito esbelta e a penetração de água gerava forças de sobrepressão abaixo da parede. Durante uma enchente em 27 de Abril de 1895, a barragem estava operando com sua capacidade máxima. O carregamento não foi suportado e um trecho de 12m da parede desmoronou. O número de vítimas fatais varia bastante e dados indicam desde 86 até 200 mortes. Devido a este acidente, Maurice Lévy realizou estudos sobre as forças de sobrepressão, o que foi considerado um avanço tecnológico no campo da construção de barragens (US Department of Interior, 1998 e Smith, 1994).

Um dos casos mais graves ocorridos em barragens de concreto foi o caso da cidade de Austin na Pensilvânia, Estados Unidos. A barragem teve sua construção finalizada em 1909 e o rompimento se deu em 1911. A cidade havia sofrido uma grande cheia no mesmo dia da grande catástrofe em Johnstown, já citada anteriormente e, desde então, a pequena cidade de 2000 habitantes na época sofreu diversos desastres entre enchentes e incêndios. A barragem foi construída para suprir uma recém-instalada fábrica de papel que gerou grande entusiasmo na população e expectativa de geração de empregos e aceleração da economia. Originalmente, a estrutura deveria possuir uma cortina impermeável abaixo do pé da barragem, impedindo que a percolação da água abaixo do barramento desestabilizasse a estrutura. Um dispositivo que fechava a saída de uma tubulação de drenagem, e que poderia ser aberto em casos de emergência, estava inicialmente nos planos, mas foi retirado posteriormente.

Assim que a barragem foi completada, trincas verticais foram vistas ao longo da parede, em consequência do tempo de cura inadequado e do rápido processo de construção.

Durante uma cheia em 1910, parte da barragem precisou ser dinamitada para esvaziar o reservatório e evitar a catástrofe. Os engenheiros da fábrica de papel continuaram com os planos de reviver a barragem para alimentar a fábrica e tiveram apoio da população no momento. A barragem foi reconstruída sem que se tomassem os devidos cuidados com sua segurança. Em 30

³ Disponível em: <http://www.wickenburg-az.com/2009/06/the-walnut-grove-dam/>, acessado em Maio/2014.

de setembro de 1911 a barragem rompeu bruscamente e levou diversos detritos, principalmente toras de madeira da própria fábrica de papel diretamente para a cidade que ficava não muito mais de 1,6 quilômetros a jusante. Como se não bastasse a enchente, conexões de gás foram danificadas e um incêndio destruiu as edificações restantes⁴.

A Figura 2 mostra uma foto da barragem de Austin após o rompimento.

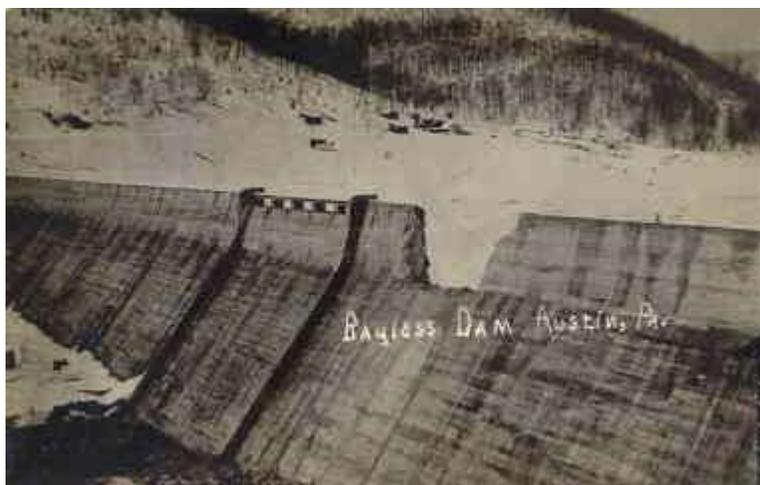


Figura 2 - Barragem de Austin após a falha. Fonte: Martt *et al*, 2005.

A investigação geológica na região onde se pretende construir um barramento é fundamental, e falhas podem ocorrer por deficiências nesses estudos. A barragem de Saint Francis em San Andreas nos Estados Unidos, construída em 1926 e com rompimento em 1928 pode ser citada como exemplo. A estrutura era do tipo concreto gravidade arqueada e foi construída com o propósito de acumular água para abastecimento da referida cidade. A estrutura possuía originalmente cerca de 56,40 metros de altura, porém em duas ocasiões ela foi alteada em 3 metros sem nenhuma compensação na largura da base. A altura final, modificada para aumentar o volume do reservatório, deixou o barramento 11 % mais pesado. Em 12 de Março de 1928 houve um grande deslizamento de terra que afetou a ombreira esquerda da barragem. Cerca de 1,52 milhões de toneladas de xisto se moveram contra a estrutura de concreto causando um rompimento abrupto. A inundação provocada pelo acidente matou pelo menos 420 pessoas, sendo que desse número 179 corpos nunca foram achados. Acredita-se que a fundação não suportou a força exercida pelo barramento e pela água. Trincas, vazamento e surgências foram

⁴ Disponível em: <http://austindam.net/>, acessado em Maio/2014.

detectados alguns dias antes do rompimento, porém não se julgou que a estrutura estivesse ameaçada (Balbi, 2008 e Rogers, 2007).

Na Figura 3 são apresentadas fotos da barragem de Saint Francis antes e após o rompimento.



Figura 3 - Barragem de Saint Francis. Fonte: Rogers, 2007.

Na região de Sella Zerbino na Itália foram construídas duas barragens, finalizadas no ano de 1925, para formar um único reservatório no rio Orba, cidade de South Piedmont. A barragem principal media 47 metros de altura em arco gravidade enquanto que a segunda, adicionada tardiamente no projeto, possuía 14 metros construídos em concreto do tipo gravidade. A segunda barragem tinha a finalidade de aumentar a capacidade do reservatório e foi projetada e construída rapidamente sem nenhuma investigação geológica em terreno de xisto altamente frágil e fraturado. Durante o primeiro enchimento foram observadas infiltrações na base da barragem. No dia 13 de Agosto de 1935 uma forte chuva com período de retorno calculado em 1000 anos atingiu a região e provocou o galgamento das duas estruturas em cerca de 2 metros. A segunda barragem não resistiu e foi levada pela cheia causando mais de 100 vítimas fatais (USBR, 2009).

No Brasil, tem-se a barragem da Pampulha, que teve sua segunda fase de construção terminada em 1941, atingindo 16,5 metros de altura e 330 metros de comprimento. Consiste em uma estrutura de terra com reservatório de 18 hm³ e placa de concreto armado recobrimdo o

talude de montante como elemento de vedação. Em 16 de Maio de 1954 foi detectada uma surgência no pé do talude de jusante o qual no dia seguinte já havia atingido um diâmetro de 2 metros. O problema chegou a ser detectado antes do rompimento, consistia em uma fenda de 0,6 metros de largura por 2,5 metros de comprimento à 6,5 metros abaixo da crista na face de montante. Medidas emergenciais para vedação da fenda e esvaziamento do reservatório foram tomadas. Duas aberturas no vertedouro foram feitas a base de dinamite, porém 4 dias após a detecção da fenda o maciço se rompeu formando um canal em “S” entre a fenda à montante e o ponto de vazamento a jusante. O rompimento dessa barragem é um exemplo de falha por erosão interna provocada pela percolação da água através do maciço (Balbi, 2008).

Não houve vítimas, apenas danos materiais. A barragem foi reconstruída e encontra-se em funcionamento atualmente. A Figura 4 mostra uma foto do rompimento da barragem citada, onde é possível verificar o caminho realizado pela água através do maciço.



**Figura 4 - Rompimento provocado por erosão interna na barragem da Pampulha em Minas Gerais.
Fonte: Braz, 2003.**

Novamente, deficiências construtivas foram a causa de um rompimento ocorrido na Espanha na barragem de Veja de Tera. Sua construção ocorreu em algum período entre 1955 e 1957, não se sabe ao certo. A barragem foi construída com o intuito de ser um pequeno aproveitamento hidroelétrico e possuía de 33 a 34 metros de altura por 200 a 270 metros de

largura. De acordo com os próprios trabalhadores locais, a barragem possuía diversos problemas estruturais devido à má construção. O material usado na obra foi concreto e o barramento projetado com estruturas de contrafortes. Os especialistas que analisaram a estrutura após o rompimento informaram que a concretagem dos contrafortes 19 a 21 foi realizado de maneira inadequada, o que comprometeu grande parte da resistência. O acidente ocorreu durante a noite de 9 de Janeiro de 1959 e vitimou 144 pessoas. O reservatório de 8 hm³ vazou em cerca de 20 minutos (Balbi, 2008).

Um dos rompimentos mais graves ocorreu na França com a barragem de Malpasset. A mesma terminou de ser construída em 1954 e teve seu rompimento em 1959. A barragem era do tipo arco em concreto e seu reservatório era destinado para abastecimento de água e irrigação. Suas dimensões eram 61 metros de altura por 223 metros de comprimento com um vertedouro de 30 metros de largura. Algumas trincas foram notadas na face de jusante da barragem e apenas algumas semanas depois, em 2 de Dezembro de 1959, a barragem falhou subitamente matando 421 pessoas. Nenhuma outra barragem desse tipo havia falhado antes. Após diversos estudos para tentar determinar a causa da falha, não se chegou a uma causa definitiva, mas sim a uma sequência de fatores que culminaram com o rompimento da mesma. Uma combinação de subpressões na base da barragem, o estado das rochas na ombreira esquerda e uma falha geológica logo a jusante não identificada durante as etapas de projeto aliados a uma chuva forte na região que elevou o nível do reservatório em 4,5 metros levaram o barramento à ruína. Estudos posteriores indicam que o processo foi instantâneo, gerando uma onda de cheia que se estendeu por 11 quilômetros até o Mar Mediterrâneo (Balbi, 2008).

A Figura 5 ilustra o estado da barragem antes e após o rompimento.

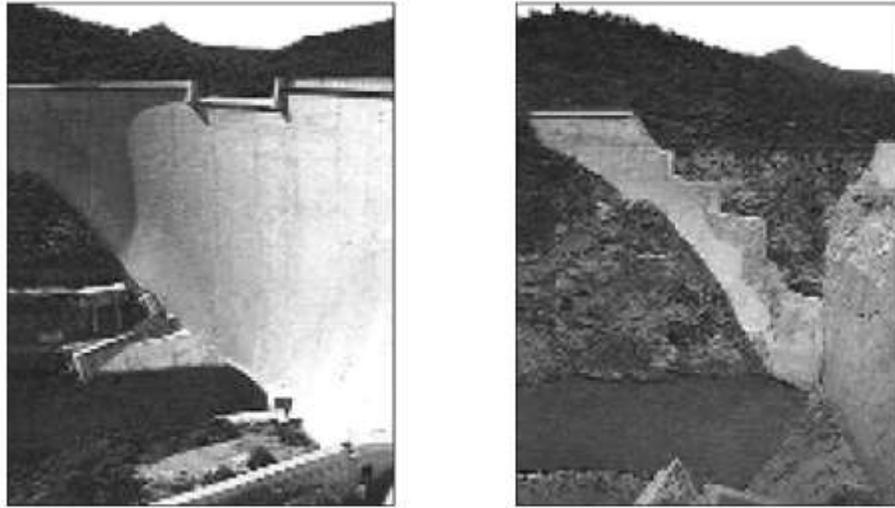


Figura 5 - Barragem de Malpasset antes e após o rompimento. Fonte: Ágreda, 2005.

Outro caso ocorrido no Brasil foi o da barragem de Orós no Ceará. Seu rompimento ocorreu em 1960 enquanto a mesma estava sendo construída. A barragem de terra possuía um formato semicircular com 54 metros de altura e 620 metros de comprimento. Em 25 de Março de 1960 uma onda de cheia iniciou o galgamento da estrutura, inicialmente com uma lamina de 30 centímetros acima da crista. Para tentar evitar a ruptura, um canal foi escavado à direita do maciço. As medidas não foram suficientes e no dia 26 a barragem rompeu formando uma brecha de 200 metros de comprimento por 35 metros de altura. Forças do exército tentaram evacuar as pessoas do Vale do Jaguaribe, região localizada a jusante do barramento, e em 12 horas a enchente atingiu o vale que se localiza 75 quilômetros abaixo da barragem. Estimativas indicam que o número de mortos que pode chegar a 1000 pessoas (Balbi, 2008).

A Figura 6 mostra como ficou a barragem após o rompimento e o maciço após ser reconstruído. Após o acidente, a obra foi retomada e o reservatório entrou em operação em 1961.



**Figura 6 - Imagem do rompimento da barragem de Orós e a mesma reconstruída posteriormente.
Fonte: Foto da esquerda: não se tem maiores informações sobre autoria, foto da direita:
Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS.**

O acidente envolvendo a barragem de Vajont, na Itália, está entre os mais catastróficos já ocorridos, porém a estrutura em si não chegou a romper. A barragem de Vajont foi construída entre 1957 e 1960 e se constituía por uma estrutura de concreto em arco com 276 metros de altura. O acidente ocorreu na noite de 9 de Outubro de 1963, quando um deslizamento de terra para dentro do reservatório provocou uma onda que galgou a barragem. Os números associados ao evento são impressionantes, o volume de massa que deslizou para o reservatório representava cerca de 1,6 vezes o volume do próprio reservatório; o movimento do material atingiu velocidades de 30 m/s; a onda galgou o barramento em uma altura de 100 metros sobre a crista; estudos posteriores mostram que durante o acidente a barragem foi solicitada por esforços 8 vezes acima da qual foi projetada. Não houve tempo para alertar a população das cidades que ficavam a jusante da represa e a inundação provocou a morte de cerca de 2600 pessoas. A vila de Longarone que ficava a menos de 2 quilômetros do local teve 1260 vítimas, o que correspondia a 94% dos habitantes (Balbi, 2008).

Muitos estudos e investigações foram levados a diante após o evento, para tentar desvendar as causas do acidente. Segundo Genevois & Ghirotti (2005) o deslizamento ocorreu ao longo de interface frágil entre argila e calcário, devido às chuvas constantes que atingiram a região na época.

A Figura 7 ilustra o estado da Barragem de Vajont após o galgamento.

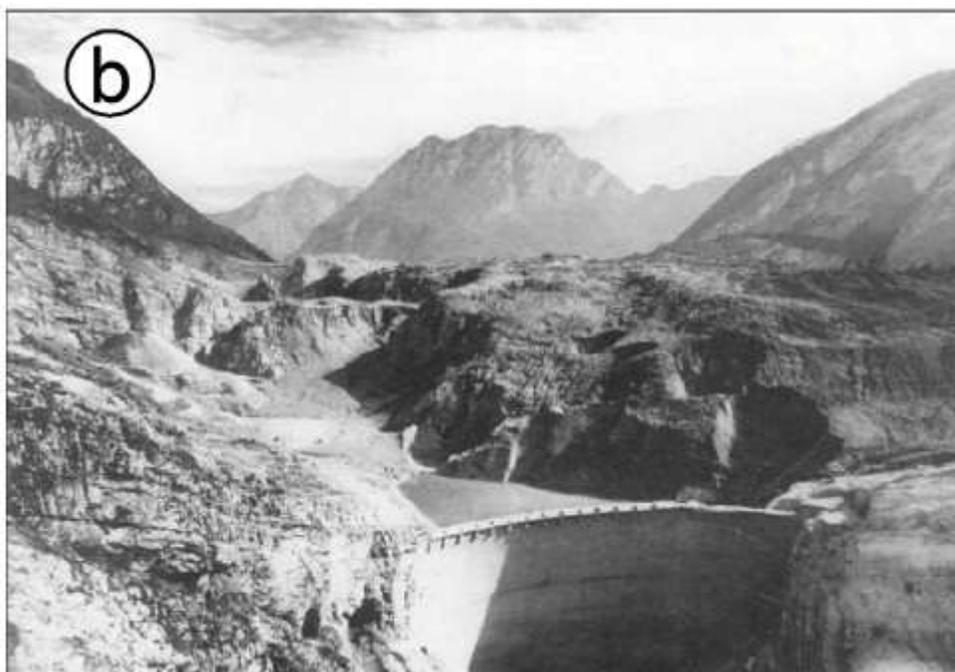


Figura 7 - A barragem de Vajont resistiu ao galgamento. Fonte: Genevois & Ghirotti, 2005.

Na China, o grande desastre com barragens é representado pelo rompimento dos barramentos de Ban Qiao e Shimantan, no ano de 1975. As duas represas foram construídas em 1950, para períodos de retorno de 1000 e 500 anos respectivamente, porém, no momento de seu transbordo houve um evento com tempo de recorrência, acredita-se, de 2000 anos. Desta forma, não foi possível conter a vazão afluyente do rio e, embora os números sejam controversos, cerca de 230000 pessoas morreram devido às inundações provocadas pelo galgamento das duas barragens e de 62 barragens menores ao longo do rio, que romperam devido à onda de cheia. Esse número exorbitante leva em conta também as mortes indiretas provocadas por doenças e pela fome, decorrentes do alagamento. As estruturas foram inicialmente concebidas com o propósito de acumular água para abastecimento (McCully, 2001).

Um dos mais famosos acidentes já ocorrido e amplamente documentado é o caso da falha da barragem de Teton nos Estados Unidos. A estrutura foi terminada em 1975, quando se iniciou seu primeiro enchimento e o mesmo continuou até 1976, ano da ruptura do maciço. Esta barragem era uma estrutura de terra no rio Teton com 93 metros de altura e volume do reservatório de 356 hm³. O rompimento ocorreu devido à erosão interna provocada pela percolação de água através do maciço. O fenômeno evoluiu de maneira extremamente rápida, não

demorando mais que 2 horas entre a detecção do problema e o rompimento da barragem. Na cheia ocasionada pelo rompimento 11 pessoas morreram (Arthur, 1976).

A erosão interna que levou o barramento de Teton é conhecida como *piping* ou Erosão Tubular Regressiva e segundo Azevedo (2005) difere da erosão superficial, pois ocorre internamente ao maciço e contrário ao sentido do fluxo. Para um barramento de terra, o *piping* é uma das principais preocupações e ocorre em barragens com deficiências nos filtros ou mal compactadas. Na Figura 8 mostra-se a evolução do fenômeno até o total rompimento da barragem.

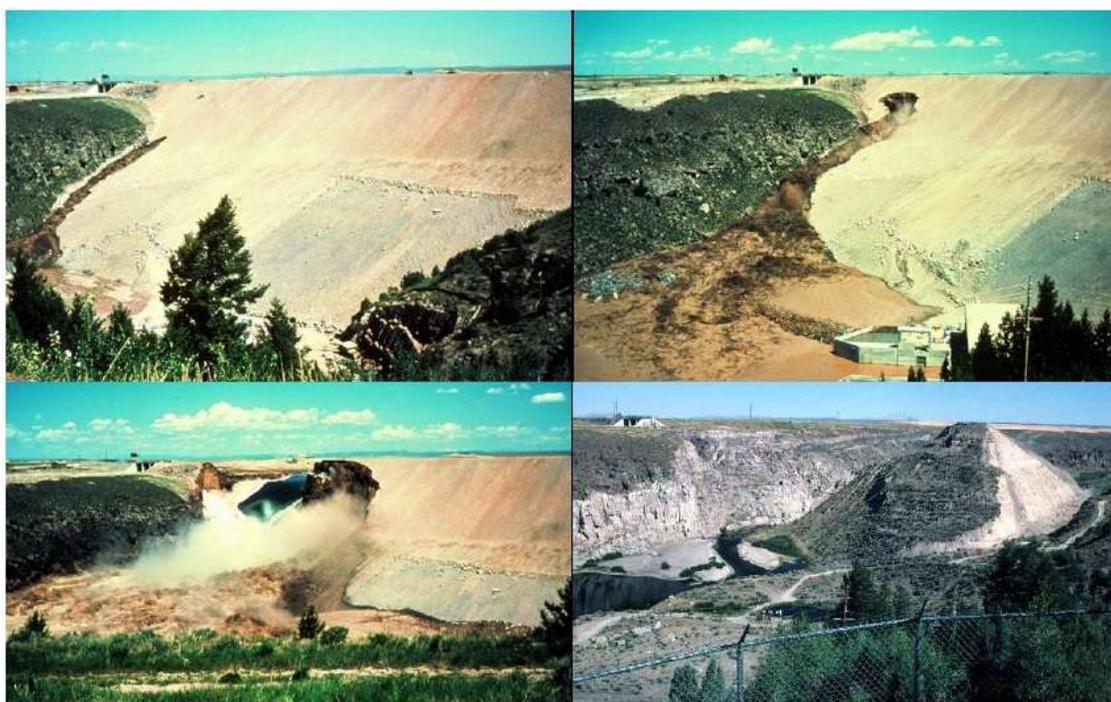


Figura 8 - Evolução do fenômeno de *piping* na barragem de Teton. Fonte: www.geol.ucsb.edu, Department of Earth Science – University of California UC Santa Barbara.

É sabido que um número ainda maior de rompimentos ocorre em barragens de pequeno porte, muitas vezes particulares, mas que mesmo assim podem causar danos significativos. Embora seja relativamente abundante o material bibliográfico disponível sobre acidentes com grandes barragens, as informações disponíveis sobre as pequenas estruturas são difíceis de serem encontradas, sendo esse tipo de acidente muitas vezes sequer documentado.

Segundo a ICOLD, o número de barragens registradas com altura superior a 15 metros é de 37641 e desse montante 63% são construídas de terra. Isso pode significar que exista um número ainda maior de barragens com altura inferior a 15 metros.

Os eventos mais bem documentados ocorreram principalmente nos Estados Unidos e porção ocidental da Europa. O caso mais antigo aqui discutido data de 1864 (Rompimento da Barragem de Dale Dyke, Inglaterra), ou seja, o mais antigo acidente documentado e analisado por profissionais da área.

Na maioria das vezes, as informações sobre os acidentes não são apresentadas de uma maneira técnica, mas sim em sites de instituições que se propõem a manter viva a memória do acidente, relatando mais o drama vivido pelas vítimas do que os eventos técnicos que levaram à falha, o que evidencia que o impacto social associado ao rompimento de uma barragem é significativo. Um exemplo desse impacto decorre do rompimento da barragem de Austin, onde, mesmo se passando mais de cem anos do ocorrido, existe um memorial e um museu sobre a tragédia.

O número de vítimas contabilizado também é uma variável a ser questionada. Em alguns casos, como no rompimento das barragens de Ban Qiao e Shimantan na China, McCully (2001) afirma que as autoridades chinesas encobriram o caso por quase duas décadas. Outra questão é a dificuldade na contagem das vítimas, como é o caso do rompimento da barragem de Saint Francis no EUA em 1928, onde até hoje 179 corpos não foram encontrados.

Com base no histórico de rompimentos apresentado, percebe-se que os danos causados por tais acidentes são, na maioria das vezes, devastadores para qualquer tipo de ocupação que esteja a jusante do local da falha, tanto economicamente quanto socialmente falando. Pode-se concluir, portanto, que tais estruturas devem ser constantemente monitoradas e avaliadas com o objetivo de garantir o correto funcionamento e integridade operacional da mesma. Outros fatores que devem ser incorporados na avaliação de segurança de barragens são o erro organizacional e o erro humano, considerando para esse fato a falha humana devido a falta de capacitação dos profissionais envolvidos e a precariedade dos dados sobre a estrutura ou mesmo quando disponíveis a falta de interpretação por parte de pessoal qualificado (Medeiros, 2013).

Na Tabela 1 apresenta-se um resumo dos principais acidentes estudados.

Tabela 1 - Relação de acidentes ocorridos com barragens encontrados na bibliografia, em ordem cronológica.

Barragem	País	Tipo	Altura (m)	Ano de Término	Ruptura
Dale Dyke (Bradfield)	Inglaterra	Terra	29	1858	1864
Iruhaike	Japão	Terra	28	1633	1868
Mill River	USA	Terra	13	1865	1874
South Fork (Johnstown)	USA	Terra	22	1853	1889
Walnut Grove	USA	Enrocamento	34	1888	1890
Bouzey	França	Concreto Gravidade	15	1881	1895
Austin	USA	Concreto Gravidade	15	1909	1911
St Francis	USA	Arco	62	1926	1928
Alla Sella Zerbino	Italy	Concreto Gravidade	12	1923	1935
Pampulha	Brasil	Terra	16,5	1941	1954
Vega de Terra (Ribadelago)	Espanha	Contrafortes	34	1957	1959
Malpasset	França	Arco	61	1954	1959
Orós	Brasil	Terra	54	Durante construção	1960
Vajont	Italy	Arco	261	1960	1963
Ban Qiao & Shimantan	China	Terra	24,5	1952	1975
Teton	EUA	Terra	123	1975	1976

Fonte: Adaptado de McCULLY, 1996.

Alguns autores apontam os elementos mais críticos de barragens e que são mais susceptíveis a falhas. Ramos (1995) afirma que a causa mais recorrente de falhas em barragens são:

- a) Capacidade de vazão insuficiente ou o mau funcionamento dos órgãos de descarga de cheias;

- b) Avaliação deficiente do valor da vazão de projeto e incorreta utilização dos critérios de dimensionamento hidráulico e o não funcionamento das comportas;
- c) Causas relacionadas com as fundações (percolação e erosão interna).

O autor ainda afirma que 58% dos casos de rupturas registrados até 1975 em Portugal se verificaram em barragens com altura entre 15 e 30m, demonstrando assim a importância dos pequenos barramentos, que embora sejam reduzidos, se apresentam em número maior e muitas vezes localizados a montante de regiões ocupadas ou fazem parte de uma cascata de reservatórios.

Também é apontado que nas barragens localizadas em bacias com pequena área de contribuição não se deve instalar qualquer tipo de comporta sobre a soleira livre de vertedouros, pois a drenagem possui tempo de concentração pequeno, impossibilitando, assim, manobras de emergência em caso de ocorrência de uma onda de cheia⁵.

3.3. Segurança de Barragens

Comumente, um barramento é dito seguro quando atende aos critérios técnicos de segurança estrutural, ou seja, possui harmonia entre projeto, execução e manutenção de tal forma que possa garantir o seu correto funcionamento necessitando apenas de reparos de manutenção preventiva. Porém, também deve ser levado em conta o potencial de danos que o barramento pode causar devido a uma hipotética ruptura. Isso reflete diretamente na sensação de segurança passada pela estrutura. Este potencial de dano independe da segurança técnica da estrutura e é avaliado levando em conta a posição do barramento em relação às ocupações de montante e jusante. As duas questões aqui expostas são tratadas na legislação brasileira como Categoria de Risco – CR e Dano Potencial Associado – DPA. Assim sendo, não há como avaliar a segurança de um barramento sem considerar também a ocupação existente na área de influência do mesmo. A segurança de um barramento deve ser considerada como uma ponderação entre seu grau de qualidade técnica construtiva e sua alternativa locacional.

⁵ Disponível em: http://www.outorga.com.br/pdf/Artigo%20339%20SEGURAN%C3%87A_DE_BARRAGENS.pdf, acessado em Maio/2014.

A questão da segurança de barragens deve abranger inclusive a qualidade da equipe técnica gestora da estrutura. Segundo Peck (1984), 9 entre 10 rupturas de barragens ocorrem não por deficiências no estado da arte atual, mas sim por negligências, falta de comunicação entre o executor da obra e o projetista ou por previsões muito otimistas das condições geológicas da região. Essas deficiências puderam ser observadas em muitos dos relatos de acidentes descritos no Capítulo 3.2 deste trabalho. Um exemplo é o da barragem de Walnut Grove nos Estados Unidos, já citado anteriormente, onde a causa apontada para o rompimento foi má execução da estrutura, devido a cortes de gastos e o pouco tempo disponível para execução da obra, resultando num abandono das premissas iniciais de projeto em favor de parâmetros subdimensionados. Outro exemplo é o caso do desastre na barragem de Vajont na Itália, quando investigações geológicas posteriores indicaram a fragilidade do terreno. João Francisco Alves Silveira (2006), engenheiro civil e consultor nas áreas de Instrumentação e Segurança de Barragens, afirma em uma entrevista, que o principal problema era a falta de tempo para o desenvolvimento de estudos mais aprofundados e o amadurecimento dos projetos. Segundo o mesmo, a falta de tempo decorre de prazos de execução muito curtos⁶.

A história mostra que somente após acidentes fatais envolvendo barragens foram desenvolvidos estudos com o objetivo de avaliar a segurança, propor melhorias e gerenciar o risco. Muitos problemas poderiam ter sido evitados caso fossem elaborados e seguidos planos de monitoramento das condições do barramento e planos de ação em situações emergenciais.

Considerando que a determinação do nível de segurança de uma barragem e da elaboração de planos de segurança e de ação emergencial não é uma tarefa trivial, torna-se um desafio estabelecer uma metodologia abrangente, que possa ser utilizada por gestores dos mais diferentes barramentos ao redor do mundo. O que gera um grande problema para pequenos proprietários de barragens, que muitas vezes não possuem o conhecimento técnico suficiente para avaliações mais precisas e/ou recursos financeiros para a contratação de profissionais qualificados.

A maioria das barragens existentes é de pequeno porte e muitas vezes mantidas por pequenos empreendedores para fins de abastecimento particular ou recreação privativa. Esse quadro, comum nas regiões áridas do Brasil, também pode ser verificado em outros lugares do

⁶ João Francisco Alves Silveira é Autor do Livro *Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento* (2006), o qual reúne informações publicadas em diversos artigos e relatórios técnicos referentes a gestão da segurança de barragens. Entrevista disponível em: http://www.comunitexto.com.br/joao-francisco-fala-sobre-acidentes-de-barragens/#.Uco0Q_m85sk, acessado em Maio/2014.

mundo, no caso do Canadá, a *Alberta Environmental Protection*, órgão governamental da província de Alberta, elaborou um documento chamado *Inspection of Small Dams – Inspeção de Pequenas Barragens*.

A Figura 9 apresenta algumas ilustrações utilizadas no manual.

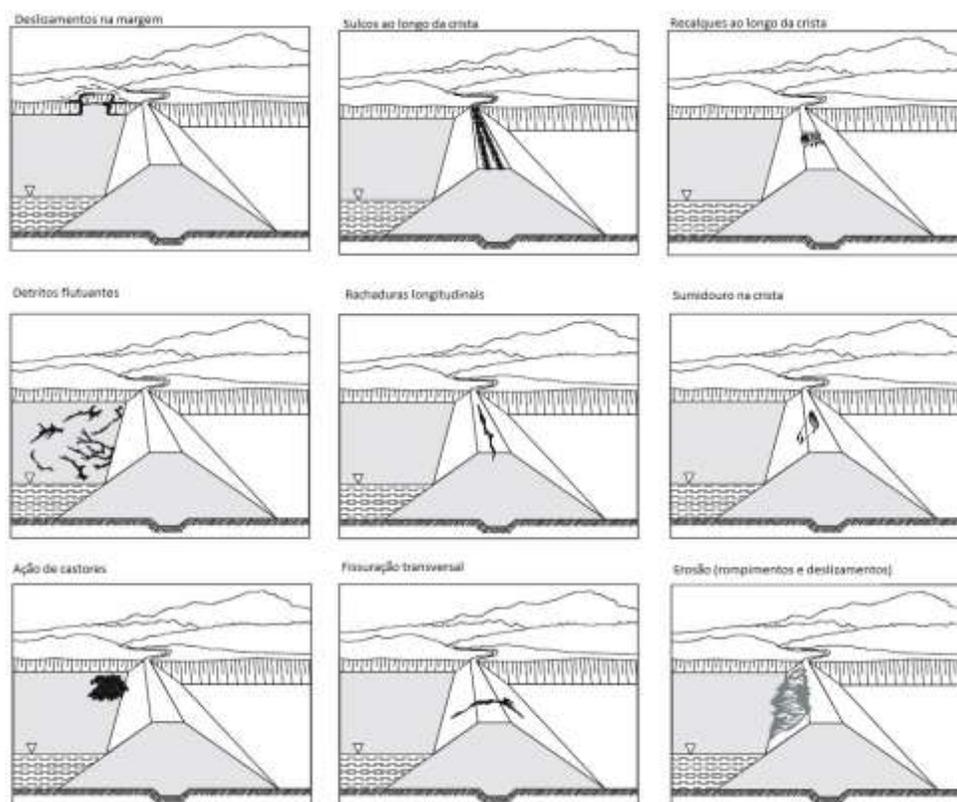


Figura 9 – Exemplos de ilustrações utilizadas no *Inspection of Small Dams*. Fonte: Adaptado e traduzido de Dam Safety and Water Projects Branch, 1998.

O manual foi lançado em 1998 e é destinado aos pequenos proprietários de barramentos, os quais não dispõem de uma equipe de engenheiros ou técnicos para operar o barramento. A linguagem utilizada é didática e ilustra ao gestor da estrutura os problemas mais comuns que podem ser encontrados, a fim de detectar, mesmo que em caráter preliminar, não conformidades e inclusive estágios mais avançados de perigo, se antecipando ao risco e alertando as autoridades competentes.

3.3.1. Aspectos Legislativos

A seguir é traçado um histórico do reflexo da preocupação com a segurança de barragens na legislação tanto nacional quanto internacional. Os principais países com legislação própria sobre segurança de barramentos são Austrália, Áustria, Canadá, Reino Unido, Finlândia, França, Alemanha, Holanda, Indonésia, Itália, Noruega, Portugal, România, África do Sul, Espanha, Suécia e Estados Unidos conforme Leme 2000 *apud* Zuffo 2005.

No Brasil, foi aprovada, em 20 de setembro de 2010 a Lei Federal nº 12.334, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens (SNISB). As principais tratativas e regulamentações sobre o tema são abordadas nas Resoluções nº 143/12 e nº 144/12 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e nas Resoluções nº 742/2011 e nº 91/12 da Agência Nacional de Águas. Os textos das leis citadas encontram-se nos ANEXOS B, C, D, E e F respectivamente.

Cada órgão fiscalizador da segurança legisla dentro de sua competência, sempre observando as diretrizes da PNSB.

Futuramente, está prevista lei que torne obrigatória a contratação de seguro contra o rompimento de barragens. A questão está sendo tratada pelo projeto de lei nº 436 de 2007 de autoria da Deputada Elcione Barbalho. A minuta desta lei está disponível no Anexo G desta dissertação.

Entre outros dispositivos de destaque sobre o tema está a Portaria Normativa nº 416 de 2012 do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, a qual cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração. A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, recentemente publicou no Diário Oficial da União um aviso de consulta pública para obter subsídios para elaboração do Plano Nacional de Segurança de Barragens do Setor Elétrico, sendo que o período para envio de contribuições se encerrou em 15/12/2013.

3.3.2. Brasil

Desde meados de 2003, tramitou junto ao governo federal o Projeto de Lei (PL) nº 1.181/03, que propôs a Política Nacional de Segurança de Barragens (o texto completo encontra-

se no ANEXO A desta dissertação). De autoria do Deputado Leonardo Monteiro, o PL nº 1.181/03 deu origem, em 2009, ao Projeto de Lei Complementar nº 168/09, que após sanção do Presidente se tornou a Lei Federal nº 12.334/10, em 20 de setembro de 2010. Até então, o documento mais importante do país sobre o tema era o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (2002), desenvolvido pelo Ministério da Integração Nacional. De acordo com Carlos Henrique Medeiros, consultor técnico em segurança de barragens e membro do grupo técnico que iniciou o desenvolvimento do projeto de lei, desde sua concepção, a lei tem como princípio básico a redefinição do conceito de segurança de barragem, ampliando o foco para além da segurança estrutural, considerando também as funcionalidades da barragem, a proteção das populações e do meio ambiente. A barragem passa a ser vista como elemento integrando da bacia hidrográfica, afirma o Engenheiro Carlos Henrique Medeiros em entrevista a Assessoria de Comunicação da UFG - ASCOM⁷.

A Lei Federal nº 12.334/10 estabelece que planos de monitoramento e avaliação sejam exigidos em barramentos que se enquadrem nas características definidas no parágrafo único do artigo primeiro da referida lei, ou seja, que possuem pelo menos uma das características a seguir:

I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

As barragens de pequeno porte são, em geral, construídas em propriedades particulares e com a finalidade de abastecimento de água e recreação, ocorre que muitas delas fazem parte de cascatas de reservatórios e podem causar danos cumulativos a jusante caso ocorra um rompimento. Neste sentido, para que barragens de menor porte, muitas vezes com altura abaixo de 15 metros, possam ser enquadradas na PNSB, existe o dispositivo de classificação por DPA

⁷ Entrevista disponível em: <http://www.cbdb.org.br/documentos/news/16/entrevistamedeiros.pdf>, acessado em Maio/2014.

que, levando em conta outros aspectos que não só a altura, poderá incluir essas pequenas estruturas no grupo de empreendimentos que deverá se reportar ao órgão fiscalizador correspondente caso as mesmas apresentem DPA médio ou alto.

A classificação de risco é dada na Resolução nº 143/12 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos em atendimento ao disposto no Artigo 7º da Lei 12.334/10 “*As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)*” e depende de uma série de fatores a serem observados em campo e junto ao gestor da estrutura. Devem ser vistoriados tanto o corpo da barragem e o reservatório quanto às ocupações que estejam a jusante e que podem ser afetados por uma onda advinda do rompimento da estrutura.

Conforme dispõe a Resolução CNRH nº 143/12, as barragens são classificadas quanto a dois quesitos principais, a Categoria de Risco – CR e o Dano Potencial Associado – DPA. Na Resolução citada, estão as tabelas que quantificam a nota de cada parâmetro a ser observado e com base no resultado da soma desses valores pode-se enquadrar um barramento com potencial Baixo, Médio ou Alto. Mostra-se, a seguir, a lista dos parâmetros a serem analisados em cada barragem para a classificação de acordo com a Categoria de Risco, ou seja, aspectos da própria barragem que podem indicar comprometimento da segurança:

I - características técnicas:

- a) altura do barramento;
- b) comprimento do coroamento da barragem;
- c) tipo de barragem quanto ao material de construção;
- d) tipo de fundação da barragem;
- e) idade da barragem;
- f) tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro;

II - estado de conservação da barragem:

- a) confiabilidade das estruturas extravasoras;
- b) confiabilidade das estruturas de captação;
- c) eclusa;
- d) percolação;

e) deformações e recalques;

f) deterioração dos taludes.

III - Plano de Segurança da Barragem:

a) existência de documentação de projeto;

b) estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem;

c) procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento;

d) regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;

e) relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação.

Existe, ainda, a avaliação quanto ao Dano Potencial Associado – DPA, ou seja, o perigo que a estrutura representa em caso de rompimento. Esta avaliação sugere que sejam averiguadas as principais ocupações de jusante que poderiam ser afetadas por uma onda de cheia causada pela ruptura do maciço. Os parâmetros a serem analisados são:

I - existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas;

II - existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários;

III - existência de infraestrutura ou serviços;

IV - existência de equipamentos de serviços públicos essenciais;

V - existência de áreas protegidas definidas em legislação;

VI - natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados; e

VII - volume.

A Resolução nº 143/12, para efeitos de análise, separa as barragens de acordo com a finalidade. Primeiramente têm-se as destinadas à disposição de resíduos e rejeitos e as destinadas à acumulação de água. Nestes casos, para cada classificação proposta (Categoria de Risco e Dano Potencial Associado) são apresentadas tabelas específicas para cada finalidade do barramento. Na Tabela 2, mostram-se os critérios a serem utilizados na classificação de barragens segundo a metodologia da Resolução CNRH nº 143/12. Os critérios a seguir são utilizados para avaliação de barragens com a finalidade de acumulação de água para quaisquer fins. Os critérios referentes a barragens para contenção de rejeitos podem ser encontrados no mesmo Anexo da Resolução nº 143/12.

Tabela 2 - Quadro resumo dos itens a serem observados para classificação de barragens segundo a segurança (Barragens de acumulação de água).

Classificação	Tipo de Avaliação	Crítérios a Serem Valorados
Categoria de Risco – CR	Características Técnicas – CT	Altura, Comprimento, Tipo de Barragem quanto ao Material de Construção, Tipo de Fundação, Idade da Barragem, Tempo de Recorrência da vazão de Projeto.
	Estado de Conservação – EC	Confiabilidade das Estruturas Extravasoras, Confiabilidade das Estruturas de Adução, Percolação, Deformações e Recalques, Deterioração do Taludes/Paramentos, Eclusa.
	Plano de Segurança da Barragem – PSB	Documentação de Projeto, Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem, Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento, Regra Operacional dos Dispositivos de Descarga da Barragem, Relatórios de Inspeção de Segurança com Análise e Interpretação.
Dano Potencial Associado – DPA	Volume Total do Reservatório, Potencial de Perdas de Vidas Humanas, Impacto Ambiental, Impacto Socioeconômico.	

Fonte: Resolução CNRH nº 143/12

A Resolução nº 143/12 atende ao Artigo 6º, inciso I da Lei 12.334/12, que estabelece como instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens, dentre outros, o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado.

A referida Resolução atribui notas pré-definidos para cada critério, a partir de condições de campo estabelecidas conforme tabelas anexas a Resolução CNRH nº 143/12. Assim, cada barramento é classificado pelo somatório dos valores obtidos durante a sua avaliação (vide Tabela 2), e enquadrado em Categoria de Risco ou Dano Potencial Associado Alto, Médio ou Baixo. Existe a ressalva de que, qualquer critério referente ao Estado de Conservação em que o barramento obter pontuação maior ou igual a 10 automaticamente implica em Categoria de Risco Alta. A Resolução nº 143/12 não atribui pesos aos critérios de classificação, apenas notas individuais que compõe o somatório final.

A Lei Federal 12.334/10 também define que toda barragem que se enquadre em sua classificação deverá possuir um Plano de Segurança da Barragem, o qual deve contemplar minimamente os seguintes itens:

I - Identificação do empreendedor;

II - Dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;

III - Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;

IV - Manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;

V - Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;

VI - Indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;

VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;

VIII - Relatórios das inspeções de segurança;

IX - Revisões periódicas de segurança.

Para que haja uma gestão adequada do risco é fundamental que sejam feitas inspeções regulares aos barramentos e que estas gerem relatórios indicando o estado atual de segurança da estrutura. A Agência Nacional de Águas (ANA) publicou em 17 de Outubro de 2011 a Resolução nº 742, que determina a periodicidade das inspeções de segurança. A Resolução nº 742/11 utiliza a classificação de risco e dano potencial entre alto, médio e baixo e combinações deles para determinar a periodicidade das inspeções.

Os períodos para inspeções são estabelecidos em semestral, anual e bianual em função dos resultados das avaliações de risco, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Determinação da periodicidade da inspeção de segurança em função do dano potencial e do risco.

Periodicidade	Dano Potencial	Risco
Semestral	Alto	Independente
	Médio	Alto
Anual	Médio	Médio
	Médio	Baixo
	Baixo	Alto
	Baixo	Médio
Bianual	Baixo	Baixo

Fonte: Resolução ANA nº 742/11.

A Resolução nº 742/11 ainda determina a qualificação da equipe responsável e o conteúdo mínimo e nível de detalhamento das inspeções de segurança regulares de barragem. Conforme conteúdo publicado, em seu Capítulo II, Artigo 7º, os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular de Barragem deverão conter:

- I – identificação do representante legal do Empreendedor;
- II – identificação do responsável técnico pela segurança da barragem;
- III – avaliação das anomalias encontradas e registradas, identificando possível mau funcionamento e indícios de deterioração ou defeito de construção;
- IV – relatório fotográfico contendo, pelo menos, as anomalias classificadas como de magnitude média e grande;
- V – reclassificação, quando necessário, quanto a magnitude e nível de perigo de cada anomalia identificada na ficha de inspeção;
- VI – comparação com os resultados da Inspeção de Segurança Regular anterior;
- VII – avaliação do resultado de inspeção e revisão dos registros de instrumentação disponíveis, indicando a necessidade de manutenção, pequenos reparos ou de inspeções regulares e especiais, recomendando os serviços necessários;
- VIII – classificação do nível de perigo da barragem, de acordo com definições a seguir:

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

IX – ciência do representante legal do empreendedor.

O relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem, conforme o dispositivo legal em questão deverá ser elaborado por equipe técnica ou profissional com registro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA, cujas atribuições para projeto, construção, operação ou manutenção de barragens de terra ou de concreto sejam compatíveis com as definidas pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA.

Nota-se uma preocupação em determinar uma forma de classificação do nível de perigo, porém persiste o sentimento de subjetividade, ou seja, uma mesma anomalia pode variar de magnitude conforme o entendimento técnico do profissional que esteja avaliando a estrutura, uma vez que a este entendimento está associada a percepção do risco.

A ANA publicou ainda a Resolução nº 91, de 02 de Abril de 2012 que trata do plano de segurança da barragem, um documento previsto na lei federal que irá conter as diretrizes a serem seguidas pelo empreendedor para gerir o risco de acidentes com a estrutura. A Resolução da ANA define a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do plano de segurança da barragem e da revisão periódica de segurança da barragem.

É importante não confundir as duas resoluções, que tratam do mesmo tema, porém de instrumentos diferentes, a saber, o Plano de Segurança de Barragem pela Resolução nº 91/12 e os Relatórios de Inspeção de Segurança pela Resolução nº 742/11.

A partir de uma matriz onde estão as classificações do Dano Potencial Associado e da Categoria de Risco, é atribuída a cada barragem uma Classe, que varia de A a E e determina a periodicidade mínima de inspeção para a barragem avaliada. Essa avaliação é obtida conforme os resultados particulares de cada barragem. Na Tabela 4 informa-se a matriz citada, conforme Resolução nº 91/12 da ANA.

Tabela 4 - Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.

Categoria de Risco	Dano Potencial Associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	A	C	D
Baixo	A	C	E

Fonte: Resolução nº 91/12 – Agência Nacional de Águas

A periodicidade mínima varia conforme a classe obtida pela Tabela 4 em:

- I – classe A: a cada 5 (cinco) anos;
- II – classe B: a cada 5 (cinco) anos;
- III – classe C: a cada 7 (sete) anos;
- IV – classe D: a cada 10 (dez) anos;
- V – classe E: a cada 10 (dez) anos.

A elaboração do Plano de Segurança da Barragem também segue parâmetros definidos conforme o resultado da matriz de CR e DPA, sendo que o PSB deverá ser composto por 5 (cinco) volumes:

- Volume I – Informações Gerais;
- Volume II – Planos e Procedimentos;
- Volume III – Registros e Controles;
- Volume IV – Plano de Ação de Emergência;

- Volume V – Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

A partir disso, a abrangência do PSB está definida como segue:

- Classe A – Volumes I, II, III, IV e V;
- Classe B – Volumes I, II, III e V;
- Classe C – Volumes I, II, III e V;
- Classe D – Volumes I, II, III e V;
- Classe E – Volumes I, II, III e V;

É possível perceber que, em todas as classes, o PSB deverá conter no mínimo os volumes I, II, III e V, sendo que o volume IV, relativo ao PAE, é cobrado para as barragens de classe A, que são essencialmente aquelas de DPA alto. O Plano de Ação de Emergência será discutido mais adiante como importante ferramenta de segurança.

A ANA é o órgão responsável por fiscalizar a segurança de barragens em cursos d'água de domínio da união, as demais entidades estaduais de outorga de recursos hídricos e a ANEEL, responsável pela fiscalização das hidrelétricas, devem sugerir os seus próprios mecanismos legais, sempre a luz do disposto na lei nº 12.334/10 e concentrar as informações obtidas na ANA para que seja elaborado o Relatório de Segurança de Barragens – RSB.

A Lei Federal nº 12.334/10 ainda cria em sua seção III, Art. 13 o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, que consiste basicamente em um banco de dados informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.

O SNISB possui como principais premissas:

- Descentralização da obtenção e produção de dados e informações;
- Coordenação unificada do sistema;
- Acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade.

Cabe ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos a função de estabelecer as diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens e atuação no SNISB, conforme orientado pela Lei Federal nº 9.433/97, Artigo 35. Para tanto, foi emitida a Resolução

nº 144 do CNRH que estabelece as diretrizes para a política nacional de segurança de barragens e a atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. O documento define que o órgão gestor responsável pelo SNISB é a Agência Nacional de Águas, cabendo a mesma as seguintes atribuições:

I. Desenvolver plataforma informatizada para sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações, devendo contemplar barragens em construção, em operação e desativadas;

II. Estabelecer mecanismos e coordenar a troca de informações com os demais órgãos fiscalizadores;

III. Definir as informações que deverão compor o SNISB em articulação com os demais órgãos fiscalizadores;

IV. Disponibilizar o acesso a dados e informações para a sociedade por meio da Rede Mundial de Computadores.

A resolução ainda define, em seu Artigo 2º, os conceitos de acidente e incidente, a saber:

Acidente – comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou estrutura anexo;

Incidente – qualquer ocorrência que afete o comportamento da barragem ou estrutura anexa que, se não for controlada, pode causar um acidente.

O SNISB é uma ferramenta relativamente recente e os dados disponíveis encontram-se no site da ANA. Existe uma tabela em formato digital com as seguintes informações das barragens, cadastradas por órgãos fiscalizadores de segurança no Brasil:

- Identificação do empreendedor;
- Unidade Federativa onde se encontra o barramento;
- Município onde se encontra o barramento;
- Órgão que fiscaliza a segurança;
- Categoria de uso do barramento;
- Tipo de conteúdo, resíduo ou rejeito;

- Tipo de hidrelétrica (CGH, PCH ou UHE);

O documento conta com 13736 empreendimentos cadastrados. A distribuição das barragens cadastradas pela ANA entre os diversos órgãos fiscalizadores da segurança é apresentada no gráfico da Figura 10 a seguir:

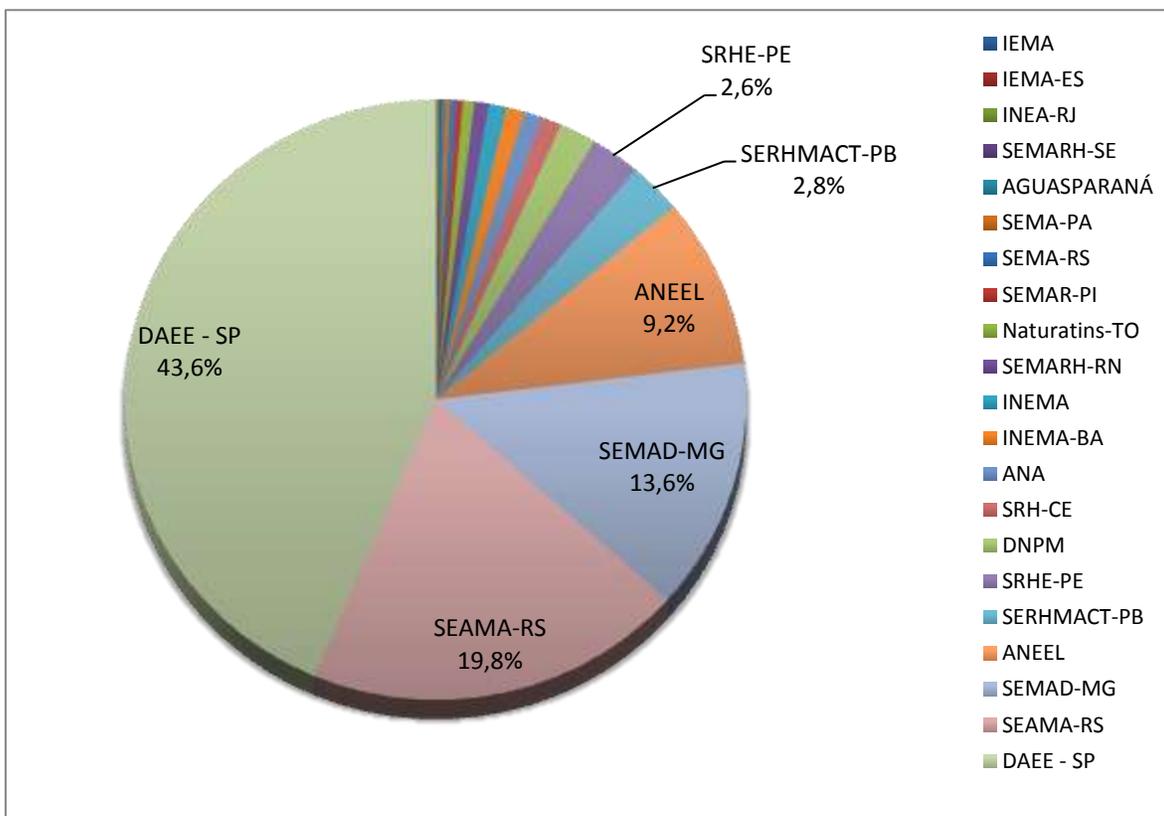


Figura 10 - Distribuição das barragens cadastradas pela ANA conforme o órgão fiscalizador da segurança. Fonte: adaptado de Agência Nacional de Águas (2013)⁸.

As informações ilustradas no gráfico acima mostram que o principal órgão fiscalizador de barragens no Brasil é o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, o qual detém 43,6% das barragens cadastradas pela ANA no SNISB, seguido pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul – SEAMA-RS com 19,8% e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD-MG com 13,6%. A

⁸ Dados disponíveis em: http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/Todas_barragens.xlsx, acessado em Maio/2014.

própria ANA possui sob sua supervisão apenas 1% dos barramentos cadastrados. A ANEEL, responsável pelas barragens para fins de geração de energia elétrica detém 9,2% do total. Outro órgão importante neste contexto, com relação ao tipo de empreendimento fiscalizado, é o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, responsável pelas barragens de contenção de rejeitos de mineração, que possui 1,9%. Os demais órgãos de fiscalização somam juntos 11% com destaque neste montante para o governo dos Estados da Paraíba e Pernambuco somando 6% do total.

A Tabela 5 a seguir apresenta em números mais precisos a distribuição dos empreendimentos.

Tabela 5 - Órgãos fiscalizadores da segurança de barragens e número de empreendimentos respectivos.

Órgão Fiscalizador da Segurança	Nº de empreendimentos	Porcentagem
DAEE - SP	5987	43,59%
SEAMA-RS	2716	19,77%
SEMAD-MG	1864	13,57%
ANEEL	1261	9,18%
SERHMACT-PB	379	2,76%
SRHE-PE	361	2,63%
DNPM	264	1,92%
SRH-CE	144	1,05%
ANA	131	0,95%
INEMA-BA	129	0,94%
INEMA	125	0,91%
SEMARH-RN	104	0,76%
Naturatins-TO	81	0,59%
SEMAR-PI	46	0,33%
SEMA-RS	44	0,32%
SEMA-PA	35	0,25%
AGUASPARANÁ	27	0,20%
SEMARH-SE	18	0,13%
INEA-RJ	12	0,09%
IEMA	4	0,03%
IEMA-ES	4	0,03%
TOTAL	13736	100,00%

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA.

3.3.3. Portugal

Assim como em outros países, o desenvolvimento da segurança de barragens em Portugal se deu a partir da experiência, aliando a boa prática aos aprendizados decorrentes dos desastres vivenciados.

Em Portugal, o tema de segurança de barragens é regulamentado pelo Decreto Lei nº 344/2007 que se aplica a todas as barragens com altura superior a 15 m ou com capacidade do reservatório superior a 1.000.000 m³, quando a altura estiver entre 10 m e 15 m. Também, são incluídas barragens com altura inferior a 15 m e reservatório com volume superior a 100.000 m³. Outras barragens que não se enquadram nos quesitos mencionados ainda poderão ser enquadradas após avaliação de segurança que indique a inclusão das mesmas.

Em Portugal, a legislação atualmente em vigor que rege os trabalhos de segurança de barragens é o Decreto Lei nº 344/2007 que alterou o Decreto Lei nº 11/1990, este o primeiro mecanismo legal voltado diretamente a questão da segurança de barragem. O decreto de 2007 citado é aplicável às seguintes estruturas:

- A todas as barragens de altura igual ou superior a 15 m, medida desde a cota mais baixa da superfície geral das fundações até à cota do coroamento, ou a barragens de altura igual ou superior a 10 m cujo reservatório tenha uma capacidade superior a 1 hm³, no presente Regulamento designadas por grandes barragens;
- Às barragens de altura inferior a 15 m que não estejam incluídas na alínea anterior e cujo reservatório tenha uma capacidade superior a 100 000 m³;
- Estão ainda sujeitas às disposições do presente Regulamento outras barragens que, em resultado da aprovação de projetos ou de estudos de avaliação de segurança, sejam incluídas na classe I.

A classificação das barragens neste regulamento é dada em função dos danos potenciais associados, que por sua vez, leva em consideração principalmente a população residente a jusante e as instalações de infraestruturas conforme segue:

Classe I: Residentes em número igual ou superior a 25;

Classe II: Residentes em número inferior a 25, ou Infraestruturas e instalações importantes ou bens ambientais de grande valor e dificilmente recuperáveis ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas;

Classe III: As restantes barragens.

O regulamento para construção de barragens exige que o dono da obra mantenha permanentemente e atualizado um arquivo técnico da obra englobando diversas informações sobre fatores construtivos, ambientais, económicos e são registradas a ocorrência do ponto de vista de segurança em um documento denominado Livro Técnico da Obra. A adoção dessa medida visa evitar que, como aconteceu em algumas barragens acidentadas, haja discrepância entre as premissas de projeto e o que realmente é executado. Outro ponto importante é orientar as inspeções de segurança de forma que as mesmas fiquem mais precisas e adequadas.

O Regulamento de Segurança de Barragens de Portugal tem como principal mérito o detalhamento técnico e a atribuição de responsabilidades às entidades envolvidas na aprovação, gestão e fiscalização de barragens.

De acordo com West *et al* (1998), Portugal tem cerca de 100 barragens consideradas de grande porte pela Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens. Destas, a mais antiga possui menos de 80 anos e 50% entraram em atividade depois de 1971, sendo a maior parte das estruturas em concreto. Assim, grande parte da preocupação do país é com as barragens novas, embora a legislação também se aplique àquelas construídas antes da publicação da lei. Ao contrário, no Brasil, onde já existe um grande número de barragens das mais diversas idades, tipos e condições, as atenções são voltadas ao monitoramento e avaliação das condições dessas estruturas já implantadas.

O Decreto Lei nº 344/2007, em seu artigo 5º, diz que o controle da segurança deve ser exercido desde a fase de projeto, passando pela implantação, operação e posterior desativação. Para exercer este controle, são envolvidas as seguintes entidades da Administração Pública:

- O Instituto da Água (INAG), na qualidade de organismo com competência genérica de controlo de segurança das barragens, que se designa por Autoridade Nacional de Segurança de Barragens (Autoridade). Atualmente o INAG foi integrado pela Agência Portuguesa do Ambiente;

- O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), na qualidade de consultor da Autoridade em matéria de controle da segurança de barragens;
- A Autoridade Nacional de Proteção Civil (SNPC), como entidade orientadora e coordenadora das atividades de proteção civil ao nível nacional;
- A Comissão de Segurança de Barragens (CSB), criada anteriormente pela Lei nº 11/90.

O dono do empreendimento é a entidade responsável pela obra perante a Autoridade, para efeitos de aplicação do presente Regulamento, em virtude de deter um título jurídico suficiente para construir ou explorar a barragem ou, na ausência daquele título, em virtude da efetiva execução material da obra ou da sua exploração. Nota-se uma preocupação do governo português em envolver o proprietário da estrutura no controle de segurança da mesma. O artigo 10º versa sobre as obrigações do empreendedor nas fases de projeto, construção, primeiro enchimento, exploração e em caso de abandono ou demolição.

De uma forma geral, o Decreto Lei nº 344/2007 de Portugal se preocupa bastante com a questão técnica de segurança do barramento. Isso pode ser percebido nos artigos que se referem ao projeto da obra, o dimensionamento da barragem e da sua fundação, o dimensionamento dos dispositivos de segurança e do reservatório. Um capítulo da lei é dedicado ao controle da segurança durante as diversas etapas da obra sendo dividido em:

- Controle da Segurança na fase de projeto
- Plano de observação
- Controle de Segurança na fase de construção
- Controle de Segurança durante o primeiro enchimento
- Controle de Segurança durante a fase de exploração
- Controle de Segurança nos casos de abandono e demolição

Por último é dedicado uma seção ao tema dos Planos de Emergência onde basicamente é orientado que o mesmo deve conter a caracterização da zona afetada pela onda de inundação em termos de população, bens e meio ambiente, os cenários de acidentes considerados e os respectivos planos de ação contendo os procedimentos a adotar em caso de acidente.

3.4. Métodos para avaliação da segurança de barragens

Pode-se entender como segurança de barragem o conjunto de medidas que visa manter a integridade estrutural e operacional de um barramento, porém, muitos autores como Menescal *et al* (2001a) e Duarte (2008) citam que a segurança de barragens vai além do aspecto estrutural e incluem aspectos hidráulico-operacionais, ambientais, sociais e econômicos. Os modelos de análise de risco, em geral, levam em conta tanto o estado da estrutura quanto o potencial de danos a jusante.

Menescal *et al* (2001b) realizou um estudo que contempla Periculosidade (com base em informações técnicas de projeto), Vulnerabilidade (com base em inspeções de campo e no estado atual da estrutura) e Importância Estratégica (com base em critérios técnicos, econômicos, ambientais e sociais) para obter uma função chamada Potencial de Risco (PR) que é função dos demais parâmetros, ou seja:

$$PR = f(P, V, I) \quad (1)$$

Onde:

P: Periculosidade;

I: Importância Estratégica;

V: Vulnerabilidade.

A vulnerabilidade é sempre recalculada com base em observações de campo e entra na fórmula novamente a cada inspeção realizada.

Já a Resolução CNRH nº 143/12, classifica a Categoria de Risco da barragem, englobando características técnicas, estado de conservação e plano de segurança de barragem. A Resolução citada classifica a estrutura também quanto ao Dano Potencial Associado, que leva em conta, principalmente, a existência e o tipo das ocupações a jusante.

O Regulamento de Segurança de Barragens de Portugal, no Decreto Lei nº 11/90, em seu Artigo 3º define risco potencial como a quantificação das consequências de um acidente, independentemente da probabilidade de ocorrência do mesmo.

O Grupo de Trabalho de Análise de Riscos em Barragens de Portugal (CNPGB, 2005) apresenta seis métodos de análise de risco diferentes, os quais, segundo eles se adequam melhor a barragens, a saber:

- a. HAZOP – Hazard and Operability Analysis (Análise dos Perigos e da Operacionalidade);
- b. FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análise dos Modos de Falha e dos seus Efeitos) e FMECA – Failure Mode, Effect and Critically Analysis (Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Severidade);
- c. ETA – Event Tree Analysis (Análise por árvore de eventos);
- d. FTA – Fault Tree Analysis (Análise por árvore de falhas);
- e. Noeud Papillon (Nó borboleta).

Os métodos acima ainda precisam ser mais aplicados na prática para que se possa ter uma conclusão mais profunda sobre suas vantagens e limitações.

Souza (2009) apresenta no seu trabalho o Painel de Inspeção e Segurança de Barragem – PISB, um grupo que, embora não vise propriamente avaliar a segurança de um barramento existente, foi criado para proporcionar assessoria técnica a fim de garantir que o projeto, execução e eventos após o primeiro enchimento sejam realizados adequadamente. O PISB é um comitê montado em 1993 pela Secretaria de Recursos Hídricos – SRH do Estado do Ceará em apoio ao Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos – PROURB-RH financiado pelo Banco Mundial. Todas as barragens incluídas em programas financiados pelo Banco Mundial devem passar pelo crivo de análise do PISB, que, segundo Souza (2009) se encarrega de:

- Acompanhar o desenvolvimento dos projetos, inclusive participando de reuniões com técnicos das consultoras para discutir e orientar o aperfeiçoamento dos projetos quanto aos aspectos hidrológico, geotécnico, hidráulico e estrutural;
- Acompanhar a construção dos barramentos, orientando o detalhamento, nesta fase, do projeto executivo;

- Instituir os procedimentos de inspeções rotineiras, os quais resultaram nos programas e manuais de segurança de barragens, adequados e adaptados às condições locais;
- Tornar uma pratica comuns as inspeções emergenciais, demandadas por alguma situação anômala em determinada obra.

No Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (Brasil, 2002) se afirma que cada barragem deve ser classificada de acordo com as consequências potenciais de sua ruptura, o sistema proposto se baseia no potencial de perda de vidas, danos econômicos, sociais e ambientais que decorreriam do rompimento da estrutura.

O Guia Básico de Segurança de Barragens (CBDB, 1999) recomenda que todas devam ser classificadas quanto às consequências de uma ruptura e lista os seguintes fatores:

- a) Populações a jusante;
- b) Danos materiais;
- c) Danos ao meio ambiente;
- d) Danos à infraestrutura.

Conforme Menescal *et al* (2001b), toda barragem deve ser classificada de acordo com seu potencial de risco, suas dimensões, tipo de estrutura e idade para fins de prioridade de inspeção e avaliação da sua segurança. Pode-se então dizer que existe uma pré-avaliação para determinar dentro de um grande grupo as que, mais claramente necessitam de atenção.

Ainda segundo o autor, as barragens classificadas como de baixo risco estão geralmente localizadas em zonas rurais sem ocupação humana à jusante e sua ruptura danificará apenas construções rurais, áreas cultivadas de extensões limitadas e estradas vicinais. Barragens com alto potencial de risco são situadas em locais onde a ruptura pode causar elevados danos às edificações, extensas áreas cultivadas, instalações industriais e comerciais, serviços importantes de utilidade pública, rodovias e ferrovias troncos e ainda causar elevado número de vítimas.

Sendo assim, pode-se concluir que o potencial de risco de uma barragem é uma variável medida pela importância das ocupações que se encontram à jusante de uma onda de cheia, no caso de uma possível ruptura. Mesmo na mais bem construída barragem, o potencial de risco pode ser grande caso sejam verificadas importantes instalações logo a jusante do barramento.

Um dos métodos de análise de segurança mais recentes é o proposto por Zuffo (2005), denominado de Índice de Segurança de Barragens (ISB). Este método pondera diversos critérios (parâmetros) ligados à avaliação de segurança de barragens e atinge uma nota final, a qual caracteriza o empreendimento em estudo quanto à segurança. O método do ISB pode ser considerado um modelo multicriterial, porém o mesmo não tem o compromisso de auxílio à tomada de decisão e sim se propõe a buscar um valor final para servir de referência para a avaliação da segurança de barragens.

Este método é derivado do IQA⁹ (Índice de Qualidade da Água) utilizado pela CETESB que por sua vez o desenvolveu a partir de um estudo norte-americano de 1970 conduzido pela *National Sanitation Foundation*. No caso do IQA, os parâmetros analisados são: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez.

Assim como no IQA, a determinação da relevância de cada critério do ISB na avaliação final foi obtida através de uma pesquisa levada com especialistas em barragens e outros profissionais de áreas afins.

Cada critério também possui sua respectiva função de valor que, segundo Zuffo (2005), representa, em uma escala arbitrária, uma nota para os possíveis valores que o critério possa assumir. Assim, essa nota representa a variação da pior à melhor condição da estrutura para aquele critério específico. A Figura 11 mostra alguns exemplos de funções de valor.

⁹ Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/ÁguasSuperficiais/42-Índice-de-Qualidade-dasÁguas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/ÁguasSuperficiais/42-Índice-de-Qualidade-dasÁguas-(iqa)), acessado em Maio/2014.

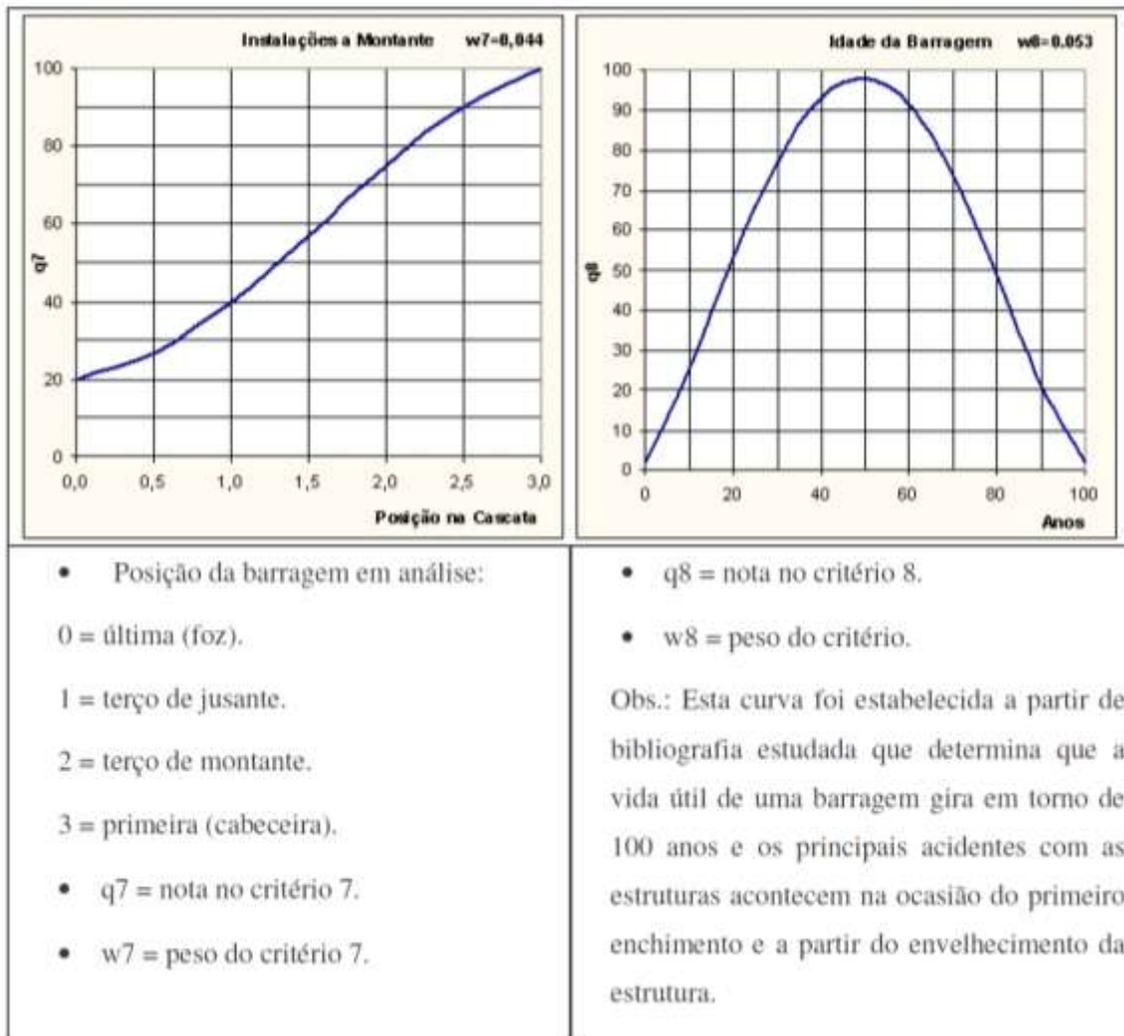


Figura 11 - Exemplo de funções de valor e seus gráficos. Fonte: Zuffo, 2005.

A Figura 11 ilustra como as curvas geradas pelas funções de valor podem ser diversas dependendo do critério considerado. A primeira representa a posição na cascata em que o barramento se encontra e, neste caso, adotou-se que quanto mais próximo da cabeceira melhor seria a nota. No segundo exemplo, para justificar o formato da curva, a autora parte do princípio de que a vida útil da barragem gira em torno de 100 anos, sendo que os momentos mais críticos ocorrem no primeiro enchimento e a partir do envelhecimento da estrutura.

As funções de valor tem suas notas definidas em uma escala arbitrária de valores. No caso considerado as notas variam entre 1 e 100, não sendo admitidos valores nulos pois isso inviabiliza o cálculo do valor final do ISB. Os intervalos limites para utilização do ISB foram

calculados por Zuffo (2005) com base nas recomendações do Design of Small Dams (1987) que classifica as barragens em determinadas condições conforme o estado técnico das mesmas. A tabela 6 traz os intervalos de utilização adotados por Zuffo (2005) quando da aplicação do ISB:

Tabela 6 - Interpretação dos valores do ISB obtidos por Zuffo (2005).

Resultado do ISB	Classificação de Segurança
91 – 100	Condição Boa
81 – 90	Condição Satisfatória
61 – 80	Condição Regular
31 – 60	Condição Deficiente
1 – 30	Condição Insatisfatória

Fonte: Adaptado de Zuffo (2005)

As condições indicadas na tabela anterior foram determinadas cruzando-se os dados relativos às barragens analisadas com a classificação contida no Design of Small Dams (1987) conforme a seguir:

- Condição Boa - Não há deficiências ou potenciais deficiências na segurança da barragem. Desempenho seguro pode ser esperado sobre todas as condições de carga excepcionais, incluindo-se eventos tais como MCE (Maximum Credible Earthquake – Maior Sismo Possível) e PMF (Probable Maximum Flood – Cheia Máxima Provável);
- Condição Satisfatória – Deficiências não existentes na segurança da barragem para condições normais de carga. Eventos hidrológicos ou sísmicos, não frequentes, podem resultar numa deficiência na segurança da barragem;
- Condição Regular – Uma deficiência potencial na segurança da barragem pode ser identificada no que se refere às condições de cargas excepcionais, que podem ocorrer, de fato, durante a vida útil da estrutura. Também, quando existem incertezas sobre alguns dos parâmetros; incertezas que identificariam uma deficiência potencial na segurança da barragem. Investigações posteriores e estudos são necessários;

- Condição Deficiente – Uma deficiência potencial na segurança da barragem é claramente reconhecida em condições de cargas normais. Ações imediatas são recomendadas para que se possa resolver a deficiência. Restrições na operação do reservatório podem ser necessárias até a resolução do(s) problema(s);
- Condição Insatisfatória – Existe uma deficiência nas condições da segurança da barragem em condições normais de carga. Ações corretivas imediatas são requeridas para a solução do(s) problema(s).

Os critérios sugeridos por Zuffo (2005) para o cálculo do ISB são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Critérios analisados no cálculo do ISB, segundo Zuffo (2005).

Categoria	Critério
Potencial de Risco	1. Importância da barragem;
	2. Dimensões;
	3. Tipo de barragem;
	4. Tipo de vertedor;
	5. Período de retorno da obra de descarga;
	6. Instalações a jusante;
	7. Instalações à montante;
	8. Idade da barragem;
Desempenho	9. Qualidade geral dos dados técnicos;
	10. Presença de vazamentos;
	11. Presença de deformações;
	12. Deterioração em aspectos gerais e taludes;
	13. Evidências de erosão a jusante;
	14. Conservação do vertedor para prevenção de enchentes;
Fatores Ambientais	15. Eutrofização no reservatório;
	16. Alteração do uso e ocupação do solo;
	17. Eliminação da vegetação natural ou implantada;
	18. Histórico de acidentes relacionados com a barragem.

Fonte: Zuffo (2005).

Pode-se afirmar, então, que entre os métodos de análise aqui descritos, existem dois pontos distintos a serem analisados: o estado atual da barragem e as consequências de uma possível ruptura. A indicação do nível de segurança de uma barragem, na grande maioria dos métodos, será sempre uma ponderação entre esses dois elementos principais, não podendo haver certeza sobre a segurança global sem o devido conhecimento dos fatores mencionados. Assim, barragens localizadas a montante de regiões densamente ocupadas não devem atingir notas altas de segurança por mais avançadas que sejam estruturalmente. Isso constitui uma vantagem do ponto de vista estratégico forçando o empreendedor e os órgãos de fiscalização da segurança a manterem ativos programas de reavaliação da segurança e inspeção periódica.

A Resolução ANA nº 742/11 estabelece a periodicidade de inspeção de segurança em termos dos resultados da Avaliação de Risco.

Após determinada a condição de segurança de uma barragem, a gestão da estrutura como um todo deverá ser orientada por planos de segurança, onde constam a metodologia e frequência das avaliações e vistorias periódicas, além dos procedimentos a serem adotados em casos emergenciais. Alguns mecanismos legais tais como a Resolução nº 742/11 da ANA regulamentam a periodicidade das inspeções de segurança em função dos resultados de avaliação de segurança do barramento.

Segundo Zuffo (2005), o propósito dos programas de segurança de barragens é reconhecer os perigos potenciais oferecidos pelas estruturas e reduzi-los a níveis aceitáveis. Barragens seguras podem ser construídas e deficiências ou potenciais deficiências na segurança geralmente podem ser corrigidas a tempo, antes que causem perdas socioeconômicas ou, na pior das hipóteses, perdas de vidas e desastres ecológicos.

Conforme Balbi (2008), uma das ferramentas para se evitar ou reduzir os danos causados por uma ruptura é o PAE (Plano de Ação Emergencial). Segundo o autor, o PAE é uma medida não estrutural de mitigação do risco e deve ser preparado anteriormente à emergência decorrente de um rompimento de barragem. Diferentemente do Plano de Segurança de Barragem, o qual se propõe basicamente a orientar inspeções de rotinas com o objetivo de buscar não conformidades, o PAE é um plano que antevê o acidente e orienta procedimentos a serem tomados frente aos diversos modos de falha de uma barragem. Ele está associado às operações da defesa civil e devem ser elaborados, segundo Viseu e Almeida (2000), internamente à barragem (pelo operador e proprietário) e externamente (pelo município). Basicamente o operador da barragem é

responsável pela detecção do problema, tomar as decisões necessárias e notificar a população e autoridades, que por sua vez é responsável pelos procedimentos de alerta e evacuação da população.

Ainda de acordo com Zuffo (2005), a definição do nível de segurança de uma barragem não é exata, e não é possível eliminar completamente o risco de um acidente ou incidente. A segurança de uma barragem deve ser a prioridade máxima em todas as fases de seu desenvolvimento e uso, incluindo o planejamento, projeto, construção e fases de operação e manutenção.

O Grupo de Trabalho de Análise de Riscos em Barragens (CNPGB, 2005) afirma que para realizar a análise de risco de um barramento é necessária uma equipe formada por diversos profissionais de áreas afins, tais como geologia e geotecnia, hidráulica, estruturas, equipamentos hidromecânicos, equipamentos e instalações elétricas, ambiente, sociologia, entre outros. Além disso, todos os profissionais envolvidos devem ter conhecimento dos vários componentes da obra, do meio socioeconômico e do meio ambiente envolvido. Duarte (2008) afirma que o Brasil carece de um cadastro das barragens com informações mínimas que possibilitem aos órgãos de defesa agir adequadamente na ocorrência de acidentes.

Por fim, vale ressaltar que o estudo dos modos de falha de uma barragem pode contribuir não só para o aperfeiçoamento dos programas privados de gestão das estruturas, mas também pode fornecer subsídios para que órgãos governamentais desenvolvam ferramentas de fiscalização, licenciamento e outorgas.

4. Materiais e métodos

O ISB é um índice geral de classificação da segurança de uma barragem e através dele é possível avaliar diversas características individuais da estrutura. A proposta do ISB é reduzir a subjetividade nas avaliações de segurança através da contribuição de diversos técnicos e do uso de um tratamento estatístico para uma série de pesos atribuídos a cada critério. Com as alterações propostas neste trabalho, reduz-se mais essa subjetividade. Para isso, foram incorporados novos critérios considerados importantes, além do envio de questionários a um número maior de técnicos. Os novos critérios foram escolhidos com base em 3 fontes principais: A Legislação brasileira atual, que também utiliza critérios técnicos de segurança, o trabalho de Zuffo (2005) onde foram refinados 18 (dezoito) critérios muito importantes para o cálculo do ISB e por final a bibliografia consultada neste trabalho tanto técnica quanto histórica considerando os acidentes estudados. O uso dessas 3 fontes permitiu a escolha de 29 critérios de uma maneira menos subjetiva, uma vez que os trabalhos anteriores já apresentavam a contribuição de uma junta de técnicos capacitados que esgotaram o tema até atingir um consenso com relação aos parâmetros de segurança mais importantes a serem observados.

Neste trabalho não foi feito o cálculo final do ISB, ou seja, o levantamento consistiu em determinar com precisão todos os critérios que entram no cálculo do mesmo, porém, sem entrar no mérito de desenvolver as funções de valor para cada parâmetro, as quais indicam a variação da nota de um dado critério. Entende-se que a determinação das funções de valor de cada critério consiste em um trabalho muito mais abrangente que envolve determinar o domínio e a taxa de variação dos valores de cada critério dentro de todas as possíveis condições em que um barramento pode estar submetido. Assim, deve ser alvo de uma nova metodologia a qual requer um novo trabalho que foge ao escopo desta dissertação.

Assim, levando em conta a Lei nº 12.334/10, as Resoluções nº 143/12 e nº 144/12 do CNRH e as de número 742/11 e 91/12 da ANA e considerando ainda os trabalhos de Menescal *et al* (2001a, 2001b, 2009), Duarte (2008) e outros analisados durante a etapa de revisão bibliográfica, foram feitas algumas modificações nos critérios que compõem o ISB para reduzir a subjetividade e, ao mesmo tempo, atender a legislação em vigor.

Os seguintes critérios apresentados na Tabela 8 foram utilizados na composição do índice:

Tabela 8 - Lista de critérios que compõe o ISB.

Critério	Tipo
1. Altura da barragem;	Risco Direto
2. Comprimento da barragem;	
3. Tipo de barragem (quanto ao material);	
4. Tipo de vertedor;	
5. Vazão de projetos dos vertedores;	
6. Período de retorno (TR) da vazão de projeto dos vertedores;	
7. Tipo de turbina hidráulica;	
8. Tipo de comporta do vertedouro;	
9. Maquinário de operação das comportas;	
10. Nível de automação;	
11. Idade da barragem;	
12. Presença de percolação/vazamento;	
13. Presença de deformações e recalques;	
14. Deterioração dos taludes;	
15. Conservação das estruturas vertedoras;	
16. Conservação das estruturas de captação;	
17. Evidências de erosão a jusante;	
18. Existência de documentação de projeto, incluindo o projeto “ <i>as-built</i> ”;	
19. Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem;	
20. Procedimentos de inspeções de segurança e monitoramento;	
21. Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação;	
22. Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;	
23. Instrumentação e monitoramento dos registros;	
24. Volume do reservatório;	Risco Indireto
25. Capacidade instalada ou de operação;	
26. Existência de planos de ações de emergências;	
27. Existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas;	
28. Existência de instalações de infraestrutura ou serviços e de equipamentos de serviços públicos essenciais;	
29. Existência de barragens em série no mesmo curso d’água (efeito cascata);	

Os critérios que compõem o índice podem ser divididos em dois grupos: os critérios de risco direto e de risco indireto. Esta divisão é importante para que se possam diferenciar os riscos

que afetam diretamente a estrutura da barragem e os riscos que atuam no seu entorno. Considera-se riscos diretos os fatores que podem interferir na estrutura do barramento, fazendo com que uma deficiência, ou seja, uma nota baixa seja contribuinte para identificar que existe algo errado com a barragem do ponto de vista de engenharia da construção. Os riscos indiretos incluem fatores relacionados a área de influência do barramento, e que fogem ao controle do gestor da estrutura. Pode-se dizer que são fatores que devem quantificar o quão arriscado é, para o meio ambiente, a existência do barramento naquele ponto específico. Entende-se meio ambiente não só como os fatores naturais, mas também o meio físico, socioeconômico, antrópico e natural do entorno, sem contudo quantificar os danos socioambientais de um hipotético rompimento

Neste ponto é importante frisar que, apesar da divisão entre riscos diretos e indiretos, todos os critérios apresentados são de origem tecnológica ou de engenharia e representam o risco técnico de rompimento e danos físicos decorrentes do mesmo.

Assim como em Zuffo (2005), após a definição dos parâmetros que compõe o ISB modificado, foi elaborado o questionário e este enviado para vários especialistas da área, os quais atribuíram notas de 0 (zero) a 10 (dez) a cada um dos parâmetros. Dentre os profissionais a serem consultados incluem-se engenheiros, hidrólogos, hidráulicos, geólogos, geotécnicos, técnicos em segurança, físicos e demais profissionais com algum envolvimento em caráter decisório no projeto, instalação, operação e manutenção de barragens.

Novamente o cálculo do ISB será através do produtório dos termos, garantindo assim que todos os parâmetros sejam verificados, pois caso não seja disponibilizado algum valor, não se pode calcular o ISB. O uso da função produtório também garante que todos os critérios tenham significância na nota final.

O ISB é expresso por:

$$ISB = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2)$$

Em que:

ISB: Índice de Segurança de Barragem;

q_i : nota do i -ésimo critério, um número entre 1 e 100, obtido na respectiva curva da função de valor, em função do conceito obtido no critério;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo critério, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de segurança.

Os pesos (w_i) padronizados foram estabelecidos a partir de opiniões técnicas de diversos profissionais da área, obtidas a partir da resposta do questionário.

Sendo assim:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3)$$

Sendo:

n : número de critérios que entram no cálculo do ISB, neste caso 29 critérios.

Com o resultado dos questionários, pode-se calcular o peso de cada critério a partir de um tratamento estatístico das notas contidas nos questionários. Para cada critério será calculada a média (M) e o desvio padrão (DP), a seguir será somado o desvio padrão à média ($M+DP$) e subtraído da mesma ($M-DP$). Com esses valores será possível estabelecer uma faixa onde deverão constar as notas dos critérios. Os valores que se apresentarem fora dessa faixa não serão considerados.

A média foi calculada por:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (4)$$

Onde:

n : número de notas obtidas para cada critério, no caso 45 respostas;

a_i : i -ésima nota do mesmo critério atribuída pelos especialistas.

O desvio padrão foi obtido por:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M)^2}{n-1}} \quad (5)$$

Assim, os valores obtidos no questionário para o cálculo de cada peso não deviam exceder a margem do desvio padrão da amostra. Essa técnica de se obter a média balizada pelo desvio

padrão objetiva reduzir a influência de notas tendenciosas na média final, uma vez que alguns técnicos, por motivos pessoais ou de formação mesmo podem atribuir pesos muito acima ou abaixo do praticado pela maioria.

4.1. Justificativa dos parâmetros adotados

A seguir será apresentado o conjunto de informações obtidas tanto da literatura técnica quanto da legislação vigente e que corroboram para a escolha dos parâmetros que compõe o novo ISB a ser usado neste trabalho.

As dimensões de uma barragem sempre foram consideradas importantes para parâmetros de classificação, tanto pela legislação quanto por autores da área. Dentre as várias dimensões de uma barragem, destacou-se a altura do barramento e o comprimento da barragem medido entre as ombreiras. Pode-se considerar que a altura e comprimento da barragem guardam relação com a energia potencial armazenada no reservatório, uma vez que, principalmente em hidrelétricas, o desnível e a queda d'água são fundamentais a geração de energia. Assim, quanto maiores as dimensões do barramento, maior pode ser o dano ocasionado por sua ruptura. Zuffo (2005) afirma que a altura da barragem e a capacidade de armazenamento do reservatório são os fatores mais significantes para se determinar o potencial de risco da barragem em questão. A Resolução CNRH nº 143/12 utiliza como um dos critérios de avaliação para se determinar a Categoria de Risco, quanto às características técnicas, a altura da barragem.

Autores como Menescal *et al* (2001b) e Espósito e Duarte (2010) utilizam um fator relacionado às características físicas e técnicas da barragem para determinar o grau de susceptibilidade a falha apresentado por uma estrutura. Nos dois trabalhos, foram considerados primordialmente características como altura, volume, tipo de barragem, tipo de fundação e vazão de projeto. De acordo com Menescal *et al* (2001b), essas características visam determinar “*a priori*” estruturas mais ou menos seguras.

A Tabela 9 ilustra os parâmetros adotados, porém indicando quais foram mantidos do trabalho de Zuffo (2005), os inspirados pela legislação brasileira sobre segurança de barragens e aqueles adotados com base neste trabalho.

Tabela 9 - Parâmetros que compõem o ISB neste trabalho.

Altura da barragem
Comprimento da barragem
Tipo de barragem (material)
Tipo de vertedor
Período de Retorno da vazão de projeto dos vertedores
Idade da barragem
Presença de percolação/vazamento
Presença de deformações e recalques
Deterioração dos taludes
Conservação das estruturas vertedoras
Evidências de erosão a jusante
Volume do reservatório
Vazão de projetos dos vertedores
Conservação das estruturas de captação
Instrumentação e monitoramento dos registros
Existência de barragens em sério no mesmo curso d'água (Efeito Cascata)
Tipo de turbina hidráulica
Tipo de comporta do vertedouro
Maquinário de operação das comportas
Nível de automação
Capacidade instalada ou de operação
Existência de documentação de projeto, incluindo o projeto "as-built"
Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem
Existência de planos de ações de emergência
Procedimentos de inspeções de segurança e monitoramento
Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação
Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem
Existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas
Existência de instalações de infraestrutura ou serviços e de equipamentos de serviços públicos essenciais

	Zuffo (2005)
	Adicionados
	Em atendimento à Resolução CNRH nº 143/12

O tipo de barragem deve ser levado em conta durante a avaliação da segurança, uma vez que cada tipo de barragem possui sua susceptibilidade particular a determinadas falhas. Em barragens de terra, o maior problema concentra-se na possibilidade da ocorrência de erosão interna por *piping*, descrito por Ladeira (2007) como uma erosão interna regressiva (de jusante

para montante). Já em barragens de concreto, o mecanismo de falha pode se dar por meio de fissuras no concreto, na grande maioria das vezes resultado da má cura do mesmo. Quando se trata de barragens de concreto, a ocorrência de percolação pelo maciço é menor, porém esse tipo de estrutura requer um controle tecnológico constante do concreto usado na construção e das condições de cura térmica do mesmo. Coelho *et al* (2013) indicam que, em obras que utilizam grande volume de concreto, podem ocorrer fissurações ou trincas na estrutura devido a tensões no concreto geradas pelo gradiente de temperatura durante o processo de cura.

A idade da barragem constitui um fator importante na determinação da segurança da estrutura devido à deterioração inerente ao envelhecimento da estrutura. Além disso, o reservatório sofre assoreamento ao longo de sua vida útil, reduzindo a capacidade de amortecimento de cheias do mesmo e provocando outros problemas relacionados ao acúmulo de sedimentos. Ademais, a bacia hidrográfica onde se insere um barramento é um sistema em equilíbrio dinâmico, ao passo que a barragem compõe um elemento praticamente imutável no tempo, podendo não se adequar às características hidrológicas futuras.

O vertedouro de um barramento é em essência um dispositivo de segurança, já que ele é o órgão responsável por descarregar as vazões de cheia que chegam na barragem. O mau dimensionamento do vertedor ou a operação inadequada pode fazer com que o nível de água no reservatório se eleve além do previsto em projeto, ocasionando o galgamento e até o rompimento da estrutura. De acordo com Zuffo (2005), a função de valor adotada para o critério “tipo de vertedor” varia conforme a existência de estrutura vertente única ou múltiplas, com ou sem comportas. Percebe-se uma preocupação em conceder notas maiores quanto maior é a capacidade de escoar a vazão excedente, concomitantemente ao dispositivo apresentar soleira livre, o que elimina o tempo de manobra necessário para a abertura de comportas. Assim, este critério será mantido da forma como foi concebido anteriormente, uma vez que a existência de vertedores de múltiplos canais com descarga livre contribui para a segurança da estrutura. A importância do parâmetro também pode ser observada pelo histórico de falhas já apresentado neste trabalho, uma vez que diversas barragens, embora tenham sofrido outros problemas associados, romperam quando não houve capacidade suficiente para escoar o volume excedente do reservatório ou baixar o nível d’água para níveis seguros em tempo hábil.

Um dos itens fundamentais para o correto dimensionamento de obras hidráulicas é a adoção de tempos de recorrência (ou períodos de retorno) adequados. A magnitude de uma

enchente é determinada em função da probabilidade desta cheia ser alcançada ou superada, num dado ano. O período de retorno, medido em anos, é o inverso desta probabilidade¹⁰. Adotar elevados períodos de retorno pode conferir maior proteção à população, porém acarreta também maior custo da obra, pois o porte da mesma será tanto maior quanto maior for a vazão para a qual é dimensionada. Neste sentido busca-se sempre um equilíbrio entre viabilidade técnica e econômica, e segurança.

Os critérios referentes aos equipamentos hidromecânicos (tipo de turbina hidráulica, tipo de comporta do vertedouro, maquinário de operação das comportas, nível de automação e capacidade instalada ou de operação em MW) foram incorporados para que o método fosse abrangente em relação a barragens de grande porte (principalmente hidrelétricas), onde a existência e a caracterização desses elementos podem contribuir para a determinação da segurança. Embora os critérios tipo de turbina hidráulica e capacidade instalada não interfiram a princípio na estrutura da barragem e, portanto seu mau funcionamento não deva diminuir a segurança do barramento do ponto de vista de estabilidade, eles foram incluídos por serem indicadores da importância de uma barragem e assim serem determinantes em sua segurança com relação a importância estratégica do barramento. Os critérios tipo de comporta do vertedouro, maquinário de operação das comportas e nível de automação foram incluídos para mensurarem o quanto a automatização pode levar a uma maior segurança para o barramento ao passo que visam reduzir o risco de falha humana.

Em barragens menores, talvez esses dispositivos não existam, neste caso a função de valor deverá assumir valor unitário. Assim, não haverá influência no cálculo final do ISB. Outra preocupação recorrente nos trabalhos acadêmicos e na legislação pesquisada foi sobre o estado de conservação das estruturas. O artigo 4º, da Resolução CNRH nº 143 informa que as barragens devem ser classificadas de acordo com aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente. Esses aspectos incluem o estado de conservação da barragem, determinado neste trabalho pelos seguintes parâmetros: presença de percolação ou vazamento, presença de deformações e recalques, deterioração dos taludes, conservação das estruturas vertedoras, conservação das estruturas de captação e evidências de erosão a jusante.

Outros parâmetros retirados da Resolução CNRH nº 143 são: existência de documentação de projeto (incluindo o projeto “*as built*”), estrutura organizacional e qualificação dos

¹⁰ Disponível em: <http://www.atlasdasaguas.ufv.br>, acessado em Maio/2014.

profissionais da equipe técnica de segurança da barragem, procedimentos de inspeções de segurança e monitoramento, relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação e regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem. Estes itens visam fazer com que a análise de segurança contemple a legislação em vigor e recentemente promulgada. A existência de documentação de projeto auxilia o gestor da estrutura na tomada de decisões, tanto em momentos de emergência quanto em manutenções preventivas programadas ou corretivas e também quando o barramento precisar passar por alguma reforma ou ampliação. Os outros itens citados neste parágrafo interferem na segurança, pois representam a preparação que a equipe possui para operar a barragem, com todos os equipamentos hidromecânicos e elétricos, em condições normais ou excepcionais.

A cobrança pela existência de planos de ações de emergência é uma questão tratada na Lei Federal nº 12.334/10¹¹ e também por autores como Balbi (2008). O referido autor afirma que o Plano de Ações Emergenciais – PAE é uma medida não estrutural de mitigação do risco e que deve ser elaborado em fase anterior à emergência. Considerando que o PAE engloba basicamente os componentes de detecção, tomada de decisões, notificação, alerta/aviso e evacuação, a existência dele representa certamente um fator de segurança adicional para o conjunto barragem/vale, por esse motivo sua inclusão entre os critérios para o cálculo do ISB.

De acordo com o Guia Básico de Segurança de Barragens (CBDB, 1999), a barragem deve ser instrumentada para que seja monitorada, dados sejam analisados e todas os equipamentos devem ser mantidos para garantir a operação segura da barragem. Conforme Celeri (1995) *apud* Matos (2002), as principais razões para o uso de instrumentação em uma barragem são:

- Verificação do projeto, onde o principal objetivo é o de certificar-se de que além do mesmo ser seguro é também o mais econômico;
- Verificação da conveniência de novas técnicas de construção;
- Diagnosticar a natureza específica de algum evento adverso para uma prevenção de ocorrência futura;

¹¹ Artigo 11: *O órgão fiscalizador poderá determinar a elaboração de PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado alto.*

- Verificação contínua de um desempenho satisfatório;
- Razões preditivas;
- Razões legais;
- Pesquisas para o estado da arte.

Dessa forma, incorporar um critério que avalie a existência e a qualidade da instrumentação da barragem foi considerado importante na composição do ISB. Os dois últimos critérios a serem comentados são: “existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas” e “existência de instalações de infraestrutura ou serviços e de equipamentos de serviços públicos essenciais”. Estes itens também recorrem da Resolução CNRH nº 143, da parte que trata do Dano Potencial Associado, ou seja, o potencial de devastação frente a um rompimento hipotético. Foi considerado de suma importância pelo fato de serem os parâmetros ambientais que caracterizam a ocupação do solo a jusante do reservatório, podendo quantificar o impacto socioeconômico da existência do barramento em um determinado local, sendo inclusive fatores para determinação de alternativas locais no caso de estruturas ainda em fase de concepção.

5. Resultados e discussão

Os questionários foram enviados a todos os profissionais da lista e o índice de retorno foi de 33,3%, o que representa um número de 45 questionários respondidos dentre 135 questionários enviados para técnicos do Brasil e do exterior. A Tabela 10 apresenta um resumo dos valores:

Tabela 10 - Resultados obtidos através do tratamento estatístico dos dados dos questionários.

Critério	Média	DP	M+DP	M-DP	M. Final	Peso
Presença de percolação ou vazamentos	9,67	0,63	10,30	9,03	10,00	0,040
Presença de deformações ou recalques	9,47	0,98	10,45	8,49	9,84	0,039
Existência de população a jusante com potencial de perdas de	9,42	1,06	10,49	8,36	9,82	0,039
Procedimentos de inspeção de segurança e monitoramento	9,42	0,83	10,25	8,59	9,76	0,039
Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação	9,11	1,02	10,13	8,10	9,64	0,039
Instrumentação e monitoramento dos registros	9,11	0,99	10,10	8,12	9,64	0,039
Altura da barragem	9,11	1,32	10,43	7,79	9,44	0,038
Tipo de material da barragem	8,82	1,34	10,16	7,48	9,39	0,038
Período de retorno da vazão de projeto do vertedouro	8,78	1,55	10,33	7,23	9,34	0,037
Deterioração dos taludes	8,91	1,36	10,27	7,55	9,33	0,037
Volume do reservatório	8,69	1,71	10,40	6,98	9,32	0,037
Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da	8,84	1,50	10,35	7,34	9,30	0,037
Existência de planos de ações emergenciais	8,76	1,37	10,12	7,39	9,24	0,037
Conservação das estruturas vertedouras	8,60	1,57	10,17	7,03	9,19	0,037
Existência de barragens em série no mesmo curso d'água (efeito	8,71	1,85	10,56	6,87	9,17	0,037
Vazão de projeto do vertedouro	8,53	1,68	10,21	6,85	9,13	0,037
Idade da barragem	8,09	2,09	10,17	6,00	9,03	0,036
Regra operacional dos dispositivos de descarga	8,56	1,61	10,17	6,94	9,03	0,036
Evidências de erosão à jusante	8,58	1,67	10,24	6,91	8,98	0,036
Existência de documentação de projeto (incluindo projeto as	8,53	1,45	9,99	7,08	8,33	0,033
Existência de instalações de infraestrutura ou equipamentos de	8,36	1,64	9,99	6,72	8,15	0,033
Tipo de vertedouro	7,84	1,84	9,68	6,01	8,14	0,033
Maquinário de operação das comportas	7,69	2,00	9,69	5,69	7,71	0,031
Conservação das estruturas de captação	7,02	2,58	9,60	4,44	7,68	0,031
Nível de automação	7,11	2,31	9,42	4,80	7,26	0,029
Tipo de comporta do vertedouro	7,20	2,31	9,51	4,89	7,00	0,028
Comprimento da barragem	6,93	2,30	9,24	4,63	6,93	0,028
Capacidade instalada ou de operação	5,78	3,05	8,82	2,73	5,92	0,024
Tipo de turbina hidráulica	4,82	2,82	7,65	2,00	4,32	0,017
Média	8,29	1,67	9,96	6,62	8,62	0,03

	Maior valor obtido no intervalo
	Menor valor obtido no intervalo

Uma cópia do questionário, na forma como foi enviado aos especialistas pode ser visualizada no Apêndice A deste trabalho

O critério que obteve a maior média final foi “*presença de percolação ou vazamentos*”, que, após o tratamento estatístico recebeu nota 10,00 de todos os técnicos. Em oposição, o critério que recebeu a menor média final foi o “*tipo de turbina hidráulica*” com 4,32 após a aplicação do método. Outro ponto importante a ser destacado é que o critério que obteve o maior desvio padrão, indicando, portanto, uma possível falta de consenso entre as opiniões foi “*Capacidade Instalada ou de Operação*” com valor de 3,05. Os valores máximos e mínimos obtidos são apresentados novamente na Tabela 11, de forma apartada do restante dos dados para melhor visualização.

Tabela 11 - Máximos e mínimos valores encontrados.

	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
<i>Média</i>	9,67 (Presença de Percolação ou Vazamentos)	4,82 (Tipo de Turbina Hidráulica)
<i>Desvio Padrão</i>	3,05 (Capacidade Instalada ou de Operação)	0,63 (Presença de Percolação ou Vazamentos)
<i>Média Final</i>	10,00 (Presença de Percolação ou Vazamentos)	4,32 (Tipo de Turbina Hidráulica)
<i>Peso</i>	0,040 (Presença de Percolação ou Vazamentos)	0,017 (Tipo de Turbina Hidráulica)

A aplicação do tratamento estatístico implicou na exclusão de algumas notas que não estavam dentro do intervalo definido pelo desvio padrão. Assim, dependendo do critério, houve mais ou menos notas excluídas. Essas informações foram organizadas numa tabela para que se pudesse avaliar melhor esse fenômeno. Pode-se dizer que tanto maior foi o número de notas excluídas quanto maior a dificuldade ou falta de consenso entre as opiniões técnicas sobre um determinado fator. A Tabela 12 a seguir indica o número de notas que foram consideradas no cálculo da média final e peso para cada critério.

Tabela 12 - Quantidade de notas consideradas após análise estatística para o cálculo da média final e do peso por critério.

Critério	Nº de Notas Consideradas
1. Altura da barragem;	41
2. Comprimento da barragem;	28
3. Tipo de material da barragem;	36
4. Volume do reservatório;	38
5. Tipo de vertedouro;	29
6. Vazão de projeto do vertedouro;	38
7. Período de retorno da vazão de projeto do vertedouro;	38
8. Tipo de turbina hidráulica;	28
9. Tipo de comporta do vertedouro;	32
10. Maquinário de operação das comportas;	28
11. Nível de automação;	35
12. Capacidade instalada ou de operação;	25
13. Idade da barragem;	35
14. Presença de percolação ou vazamentos;	34
15. Presença de deformações ou recalques;	38
16. Deterioração dos taludes;	39
17. Conservação das estruturas vertedouras;	37
18. Conservação das estruturas de captação;	31
19. Evidências de erosão à jusante;	41
20. Existência de documentação de projeto (incluindo projeto <i>as built</i>);	21
21. Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem;	40
22. Existência de planos de ações emergenciais;	38
23. Procedimentos de inspeção de segurança e monitoramento;	37
24. Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação;	33
25. Regra operacional dos dispositivos de descarga;	40
26. Instrumentação e monitoramento dos registros;	33
27. Existência de população a jusante com potencial de perdas de vidas humanas;	38
28. Existência de instalações de infraestrutura ou equipamentos de serviços públicos essenciais;	26
29. Existência de barragens em série no mesmo curso d'água (efeito cascata).	41

	Maiores valores obtidos
	Menores valores obtidos

Nota-se que o critério com maior exclusão de notas foi “*Existência de Documentação de projeto (incluindo projeto as built)*” seguido por “*capacidade instalada ou de operação*” ao passo que os critérios com menor taxa de exclusão de notas, portanto com mais notas consideradas no

cálculo, foram “*Altura da barragem*”, “*Evidência de erosão à jusante*” e “*Existência de barragens em série no mesmo curso d’água (efeito cascata)*”.

Neste tipo de trabalho deve ser levado em consideração que a maioria dos técnicos consultados trabalha no setor da construção civil ou pesquisam em áreas correlatas com especializações em hidráulica e hidrologia. Por esse motivo, é possível que critérios técnicos relacionados aos componentes eletromecânicos ou hidromecânicos em uma barragem fiquem subestimados se comparados com critérios técnicos estruturais, ou aspectos hidrológicos. O gráfico da Figura 12 reúne, em ordem decrescente, os pesos finais obtidos por cada critério analisado.

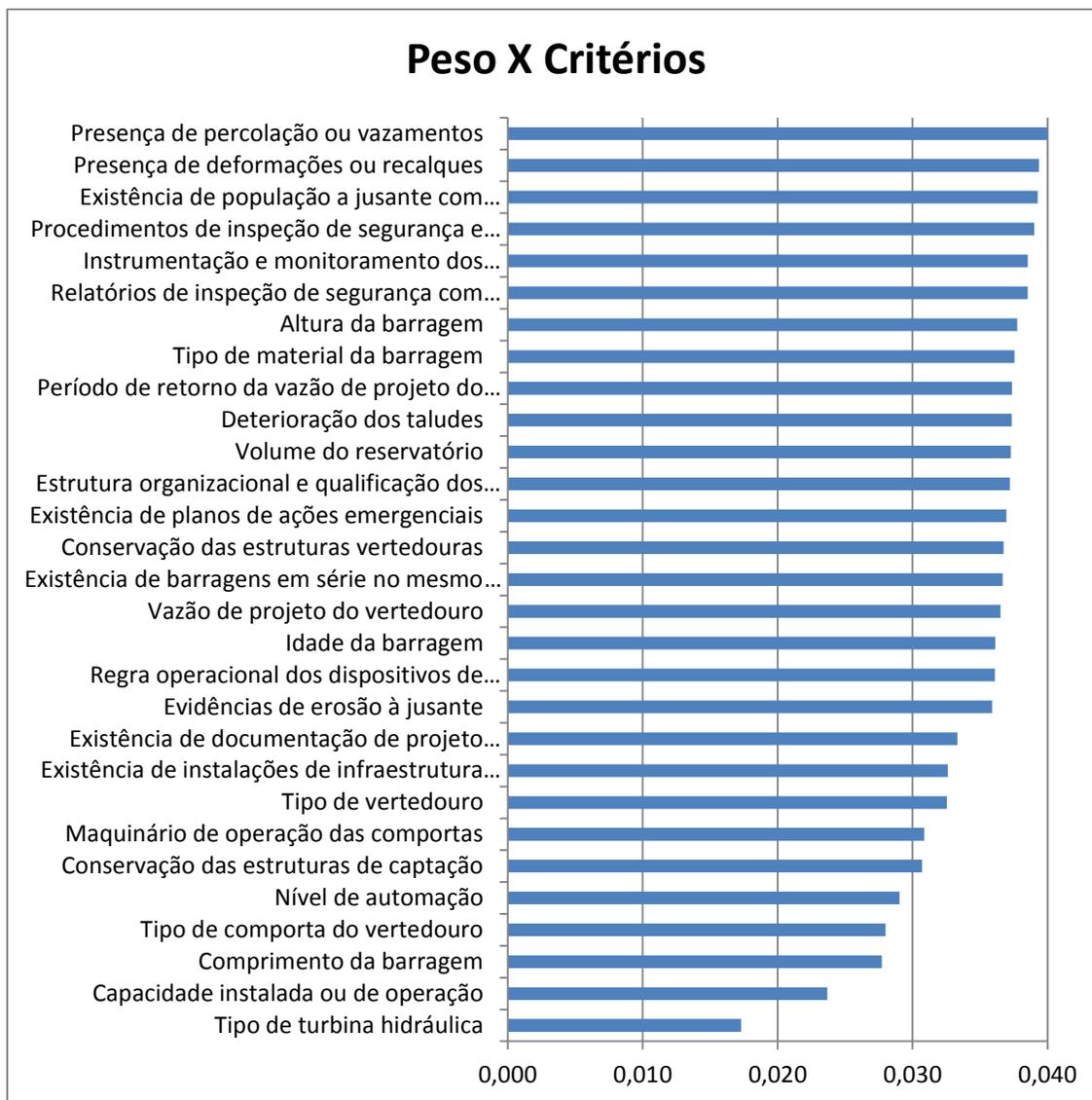


Figura 12 – Gráfico de barras ilustrando em ordem decrescente os pesos obtidos para cada critério analisado.

Embora entre todos os critérios acima mencionados, o “*tipo de turbina hidráulica*” tenha obtido notas muito abaixo da média dos demais, é possível detectar uma queda mais acentuada nas notas, considerando a ordem de apresentação dos dados, a partir do critério “*existência de documentação de projeto*” e outra expressiva a partir de “*maquinário de operação das comportas*”. Esse comportamento pode indicar uma possível nota de corte a ser aplicada para justificar a exclusão de determinados critérios do cálculo do ISB. Porém, é necessário avaliar ainda a relevância estratégica dos mesmos, pois alguns critérios que estariam abaixo dessa

possível “nota de corte” são itens exigidos pela legislação brasileira, ou consagrados em outras metodologias.

A Tabela 13 contém uma compilação com os critérios passíveis de serem eliminados.

Tabela 13 - Seleção de critérios com médias finais abaixo da média geral.

Critério	Média Final
Tipo de turbina hidráulica	4,32
Capacidade instalada ou de operação	5,92
Comprimento da barragem	6,93
Tipo de comporta do vertedouro	7,00
Nível de automação	7,26
Conservação das estruturas de captação	7,68
Maquinário de operação das comportas	7,71
Tipo de vertedouro	8,14
Existência de instalações de infraestrutura ou equipamentos de serviços públicos essenciais	8,15
Existência de documentação de projeto (incluindo projeto <i>as built</i>)	8,33

Foi calculada a média entre as médias finais obtidas e chegou-se ao valor de 8,62. Comparando-se com a Tabela 10, é possível notar que todos os critérios elencados na Tabela 13, e somente eles, estão abaixo desta média estabelecida. Porém, neste caso, não se pôde simplesmente adotar a metodologia de nota de corte baseada na média geral para se excluir um ou mais critérios da composição do ISB. Também foi necessário levar em conta a opinião livre dos técnicos e o fato de alguns critérios, mesmo recebendo pesos menores, serem exigidos pela legislação federal vigente.

Neste trabalho foi aberto um espaço para que os técnicos pudessem contribuir livremente com suas opiniões, objetivando assim, detectar critérios que foram propostos, mas que poderiam ser excluídos e critérios que não foram propostos, porém deveriam ter sido incluídos no trabalho. A grande maioria dos técnicos que responderam o questionário também se prontificou a deixar contribuições. As Tabelas 10 a 12 reúnem os comentários livres deixados pelos especialistas. De uma maneira geral, 20 técnicos não sugeriram nenhum critério adicional, 18 técnicos acharam não ser necessária a remoção de nenhum critério e 28 não opinaram.

A partir da análise dos resultados obtidos pode-se dizer que o critério com maior aceitação no seu grau de importância foi “*Presença de percolação ou vazamentos*”, considerando que o mesmo recebeu a maior média final e o menor desvio padrão.

O critério considerado de menor grau de importância na avaliação da segurança de uma barragem, de acordo com as notas obtidas, foi “*Tipo de Turbina Hidráulica*”. O mesmo recebeu a menor média final e foi citado nos comentários livres por 9 técnicos como irrelevante para a segurança de barragens.

Zuffo (2005) encontrou dificuldade em se obter informações mais detalhadas quando da aplicação do método. Isso ocorreu devido ao fato de que os proprietários das barragens não concederam a autorização necessária para as visitas técnicas. Também a maioria das barragens visitadas pela autora era de terra e de pequeno porte, não possuindo muitos dos dispositivos contemplados numa avaliação de segurança.

Tabela 14 - Comparação entre as médias obtidas neste trabalho e em Zuffo (2005).

Critério	Média Final (Zuffo, 2005)	Média Final (2014)	Diferença (%)
Altura da barragem	Dimensões: 9,2	9,44	2,6
Comprimento da barragem		6,93	-24,7
Tipo de barragem (material)	7,1	9,39	32,3
Tipo de vertedor	7,4	8,14	10,0
Período de Retorno da vazão de projeto dos vertedores	9,5	9,34	-1,7
Idade da barragem	7,7	9,03	17,3
Presença de percolação/vazamento	9,6	10,00	4,2
Presença de deformações e recalques	9,5	9,84	3,6
Deterioração dos taludes	8,3	9,33	12,4
Conservação das estruturas vertedoras	9,8	9,19	-6,2
Evidências de erosão a jusante	9,5	8,98	-5,5

Os resultados dos questionários devem ser avaliados individualmente, buscando apontar explicações para notas muito baixas ou muito altas e mesmo sugestões recorrentes. Também

devem ser comparados com os encontrados por Zuffo (2005) para avaliar se as modificações propostas geraram benefícios. Outro ponto importante a se averiguar é se o método consegue abranger e concordar com a classificação proposta pela legislação atual. A Tabela 14 traz um comparativo entre as médias obtidas nos critérios utilizados por Zuffo (2005) com os avaliados neste trabalho. Neste caso, foram comparados os critérios mantidos inalterados do trabalho anterior, conforme já ilustrado na Tabela 9.

Com os dados da Tabela 14 foi possível montar o gráfico da Figura 13 a seguir, que ilustra melhor o comportamento das médias obtidas nos critério comuns aos dois trabalhos.

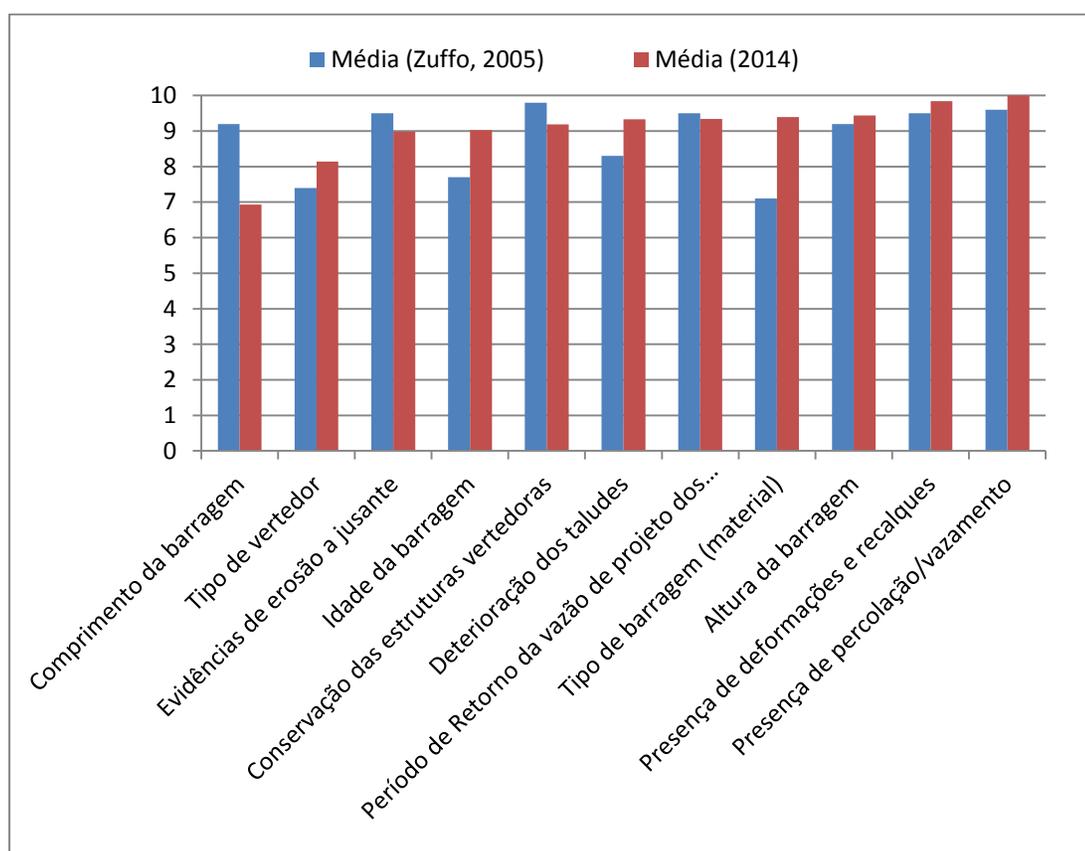


Figura 13 - Gráfico comparativo entre as médias dos critérios comuns aos trabalhos realizados.

Salienta-se que o critério “*Dimensões*” utilizado em Zuffo (2005) neste trabalho foi desmembrado em “*Altura da barragem*” e “*Comprimento da barragem*” para que se pudesse avaliar mais especificamente qual dimensão seria mais importante em uma avaliação de segurança. Considerando isso, a partir da Tabela 14, pode-se perceber que a nota referente a

altura da barragem pouco se alterou em relação a média, inclusive obteve notas maiores, ao passo que comprimento da barragem obteve notas muito baixas em relação ao trabalho anterior. Este fato indica que, possivelmente, quando os técnicos respondiam notas sobre dimensões da barragem se pensava principalmente na altura e, uma vez com a possibilidade de separar entre comprimento e altura, o primeiro acabou se revelando sem muita importância para a segurança da estrutura.

Outro critério que obteve grande variação na nota foi o “*Tipo de barragem (material)*” que obteve um salto na nota de 32,3%.

De uma forma geral, os demais critérios não apresentaram uma variação tão apreciável, com exceção de “*Deterioração dos taludes*” que subiu 12,4%, o restante não observou variações superiores a 10%. Também se percebeu que a maioria dos critérios tiveram suas notas médias elevadas, provavelmente em consequência do aumento do número de questionários respondidos.

5.1. Comentários técnicos adicionais

Neste tópico, objetiva-se discutir a contribuição em texto livre deixada pelos técnicos que responderam o questionário. As informações adicionais se dividiram em “Sugestão de Critério”, “Critério Sugerido para ser Removido” e “Sugestões” em campos na forma de caixa de texto livre. Assim, foi necessário um trabalho de análise e refinamento dos dados para que se pudessem obter resultados a partir dos comentários e inclusive detectar certos padrões e tendências.

Dentre as sugestões de critérios para serem incluídos no ISB, podemos destacar:

- Tipo de fundação;
- Tipo de uso da barragem;
- Alterações na bacia hidrográfica frente às ações antrópicas;
- Taxa de assoreamento do lago;
- E outros menos comentados tais como existência de eclusas e onda de cheia a jusante.

Dos critérios citados para serem incluídos, o que mais gerou comentários foi o tipo de fundação e as condições do terreno, sendo que a questão geológica foi citada como relevante por

quatro profissionais. De uma forma mais detalhada, foi sugerido que as fundações fossem analisadas conforme o tipo das mesmas e, ainda com relação às fundações, verificar a existência e o tipo de filtros drenantes. É sabido que em barragens de terra, a existência de filtros no maciço para rebaixar a linha do freático é fundamental. O risco geológico, tanto das fundações da barragem quanto inclusive da região do entorno do reservatório é um fator a ser considerado, uma vez que vários casos de falha ocorreram justamente por essa questão, embora a causa esteja muito mais associada a falta de investigação geotécnica do que a deficiências de projeto em si. Não foram incluídos critérios que avaliassem a barragem quanto ao tipo de fundação, pois se considera que a informação do tipo de fundação deverá estar contido no critério “existência de documentação de projeto (incluindo “*as built*”)”.

O estado de conservação da estrutura foi um tema bastante citado pelos técnicos nos comentários livres. De acordo com algumas sugestões, o ISB deve focar principalmente nos aspectos de conservação da estrutura do que nas características técnicas das mesmas, conforme segue em texto original:

- *Em minha opinião, o ISB deve considerar mais as condições atuais da estrutura que propriamente características tais como altura, volume de reservatório e idade, uma vez que estas características, estatisticamente não são as maiores causas de rupturas. Os fatores mais relevantes a serem considerados são as condições de manutenção da estrutura, a qualificação da equipe dentre outros;*

- *Mais importante é focar no nível de manutenção e monitoramento da barragem do que a idade dela. A idade é algo extremamente relativo, pois além das barragens de concreto ganhar resistência mecânica com a idade, uma barragem mais bem conservada com 50 anos de idade é mais segura do que uma barragem sem manutenção com 10 anos.*

Considera-se que a conservação das estruturas é de extrema importância na avaliação da segurança de barragens, por isso o tema é citado tanto nos mecanismos legais quanto em trabalhos acadêmicos da área. Da metodologia presente na Resolução CNRH nº 143/12, temos que o estado de conservação é toda uma categoria de critérios na qual o barramento deve ser enquadrado, demonstrando a preocupação com o tema. No ISB proposto foram incorporados todos os critérios presentes na Legislação que apontam o grau de conservação da barragem. Outro indicativo de que a conservação é item fundamental é o resultado dos pesos obtidos junto aos

técnicos através dos questionários, que indicou como os dois critérios com maior relevância “*presença de percolação ou vazamentos*” e “*presença de deformações ou recalques*”.

Os critérios que mais receberam críticas, indicados como de baixa relevância na segurança global da estrutura foram aqueles relacionados aos equipamentos elétricos instalados. O critério “Capacidade Instalada” foi citado como irrelevante por 6 técnicos e “Tipo de Turbina” por 9 técnicos. Dessa forma, pode-se inferir que o critério em questão possa inclusive ser afastado da listagem pela sua baixa contribuição no ISB.

De uma maneira geral, os critérios referentes a equipamentos hidromecânicos e elétricos (tipo de turbina hidráulica, capacidade instalada ou de operação, tipo de comporta do vertedouro, nível de automação, maquinário de operação das comportas) não foram bem aceitos, seja pelos comentários livres ou pelas notas baixas deixadas pelos técnicos. Não obstante, podem-se incluir nesta lista os critérios “comprimento da barragem” e “conservação das estruturas de captação”, o primeiro como já foi discutido na Tabela 14 anteriormente, obteve notas baixas em relação a dimensão de altura, se mostrando menos importante, já quanto ao segundo, embora esteja entre o grupo de critérios de pior avaliação, representa um item exigido na lei brasileira através da Resolução CNRH nº 143/12 e por esse motivo, deve permanecer no conjunto de critérios que irão compor o ISB modificado final para que o mesmo possa atender a demanda dos setores de fiscalização de barramentos.

Por fim, considerando os pesos obtidos em cada critério através do questionário de avaliação (Apêndice A), os comentários e contribuições obtidos dos técnicos, a bibliografia consultada e a legislação brasileira vigente sobre o tema, foi sugerido o seguinte grupo de critérios para compor o ISB apresentado a seguir na Tabela 15 em ordem crescente de valor:

Tabela 15 – Composição final de critérios do ISB

	Critério	Peso
1.	Conservação das estruturas de captação	0,0379
2.	Existência de instalações de infraestrutura ou equipamentos de serviços públicos essenciais	0,0402
3.	Existência de documentação de projeto (incluindo projeto “ <i>as built</i> ”)	0,0411
4.	Evidências de erosão à jusante	0,0443
5.	Regra operacional dos dispositivos de descarga	0,0445
6.	Idade da barragem	0,0445
7.	Vazão de projeto do vertedouro	0,0450
8.	Existência de barragens em série no mesmo curso d’água (efeito cascata)	0,0452
9.	Conservação das estruturas vertedouras	0,0453
10.	Existência de planos de ações emergenciais	0,0456
11.	Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem	0,0459
12.	Volume do reservatório	0,0460
13.	Deterioração dos taludes	0,0460
14.	Período de retorno da vazão de projeto do vertedouro	0,0461
15.	Tipo de material da barragem	0,0463
16.	Altura da barragem	0,0466
17.	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação	0,0475
18.	Instrumentação e monitoramento dos registros	0,0475
19.	Procedimentos de inspeção de segurança e monitoramento	0,0481
20.	Existência de população a jusante com potencial de perdas de vidas humanas	0,0484
21.	Presença de deformações ou recalques	0,0485
22.	Presença de percolação ou vazamentos	0,0493
	<i>Soma</i>	<i>1,0000</i>

Os critérios que não foram incluídos no ISB, porém foram citados como importantes pelos técnicos, deverão ser alvo de estudo específico em trabalhos posteriores podendo ou não ser utilizada a mesma metodologia presente nesta dissertação. Outra ferramenta fundamental que deverá ser desenvolvida são as funções de valor para cada critério, as mesmas não foram incluídas neste trabalho por se considerar necessário que se desenvolva uma metodologia específica para determinação das mesmas fugindo assim ao escopo de uma dissertação de mestrado.

6. Conclusões

Neste trabalho, alcançou-se um número expressivo de participantes que responderam aos questionários, levando a uma convergência dos pesos dos critérios. Ao agregarem-se os critérios presentes na legislação vigente, garante-se a aplicabilidade ao trabalho pelo competente setor administrativo do governo federal, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e demais órgãos de fiscalização estaduais e federais conforme define a Lei nº 12.334/10. Alguns critérios se mostraram com menor importância, o que indicou que, em relação ao risco de ruptura, existem elementos que não influenciam diretamente na segurança, mesmo não deixando de serem componentes fundamentais para o bom funcionamento de barramentos, principalmente os destinados a geração de energia elétrica.

Embora os critérios referentes a equipamentos hidromecânicos, mais presentes em médias e grandes barragens, tenham sido excluídos devido a baixa influência na segurança global, de acordo com os resultados das avaliações, os demais critérios escolhidos neste trabalho continuam avaliando uma ampla gama de barramentos. Isto porque o método ISB inclui elementos comuns presentes em pequenos barramentos rurais até usinas hidroelétricas de grande porte. Diferenciando-se apenas a escala de grandeza entre as estruturas.

A redução da subjetividade na análise foi tratada desde pontos de vista diferentes, primeiramente através da contribuição do maior número possível de técnicos, tornando a distribuição de pesos mais uniforme. Por outro lado, foi aplicado um tratamento estatístico que exclui do cálculo final valores fora do desvio padrão da amostra.

Vale ressaltar que, para que o método ISB seja aplicado na prática, deverão ser desenvolvidas as funções de valor, pois a partir das mesmas, poderá se ter uma nota atribuída a cada critério conforme o desempenho apresentado pelo mesmo. Com as devidas notas, é possível compor o valor final do ISB atribuindo os pesos correspondentes.

Verifica-se que a legislação brasileira, em especial o método descrito na Resolução CNRH nº 143/12, não atribui pesos aos critérios de análise, fazendo com que todos representem a mesma importância na nota final. Também, a nota é obtida a partir de um somatório de notas parciais. É importante lembrar que o SNISB é um banco de dados que começou a ser alimentado em 2010, contando apenas com a primeira versão do Relatório de Segurança de Barragens, referente ao período de Outubro de 2010 a Setembro de 2011. Este documento contém o

panorama do País na questão. Está em fase de consolidação a versão 2012, referente ao período de 1º de Outubro de 2011 a 30 de Setembro de 2012.

Considerando-se a recente aplicação da legislação brasileira de segurança de barragens e a disponibilização dos primeiros relatórios, constata-se que ainda há muito que se fazer no campo técnico, pois as exigências impostas pela nova lei, tanto aos empreendedores públicos quanto aos privados, levarão ao desenvolvimento e a aplicação de novas metodologias de avaliação de segurança de barragens.

7. Referências

ARTHUR, H. G. Teton Dam Failure. *The Evaluation of Dam Safety*, American Society of Civil Engineers, pp. 61-71, 1977.

AZEVEDO, M. P. N. *Barragens de Terra – Sistemas de Drenagem Interna*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Anhembí Morumbi no âmbito do curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental. São Paulo - SP, 2005.

BALBI, D. A. F. *Metodologias para a Elaboração de Planos de Ações Emergenciais para Inundações Induzidas por Barragens. Estudo de Caso: Barragem de Peti – MG*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2008.

BOWLES, D. S.; ANDERSON, L. R.; GLOVER, T. F.; CHAUHAN, S. S. Understanding and Managing The Risk of Aging Dams: Principles and Case Studies. *Nineteenth USCOLD Annual Meeting and Lecture*. Atlanta, 1999.

BRASIL. Lei Federal nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei 9984, de 17 de julho de 2000.

BRASIL. ANA – Agência Nacional de Águas. Resolução nº 91, de 02 de Abril de 2012. Estabelece a Periodicidade de Atualização, a Qualificação do Responsável Técnico, o Conteúdo Mínimo e o Nível de Detalhamento do Plano de Segurança de Barragens e da Revisão Periódica da Segurança de Barragens, Conforme Artigo 8º, 10 e 19 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010.

BRASIL. ANA – Agência Nacional de Águas. Resolução nº 742, de 17 de Outubro de 2011. Estabelece a Periodicidade, Qualificação da Equipe Responsável, Conteúdo Mínimo e Nível de Detalhamento das Inspeções de Segurança Regulares de Barragem, Conforme Artigo 9º da Lei nº 12.334 de 20 de Setembro de 2010.

BRASIL. CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 143, de 10 de Julho de 2012. Estabelece Critérios Gerais de Classificação de Barragens por Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e pelo Volume do Reservatório, em Atendimento ao Artigo 7º da Lei nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010.

BRAZ, M. G. *A Relação do Fenômeno de Ruptura Hidráulica em Maciços de Barragem de Terra e o Mau Funcionamento de Vertedores do Tipo Poço*. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2003.

GRUPO DE TRABALHO DE ANÁLISE DE RISCOS EM BARRAGENS. *Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens – CNPGB*. Disponível em: <http://cnpgb.inag.pt/>. Portugal, 2005. Acessado em Maio/2014.

COELHO, N. A.; PEDROSO, L. J.; RÊGO, J. H. S.; NEPOMUCENO, A. A. A Influência das Propriedades Térmicas do Concreto na Construção de Barragens de Gravidade. *Comitê Brasileiro de Barragens – XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens*. Porto de Galinhas - PE, 2013.

COLLE, G. A. *Metodologias de Análise de Risco para Classificação de Barragens Segundo a Segurança*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR, 2008.

DUARTE, A. P. *Classificação das Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e de Resíduos Industriais no Estado de Minas Gerais em Relação ao Potencial de Risco*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2008.

ESPÓSITO, T. J. & DUARTE, A. P. Classificação de Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e de Resíduos Industriais em Relação a Fatores de Risco. *Revista Escola de Minas*. Ouro Preto - MG, pp. 393 - 398, abril - junho de 2010.

GENEVOIS, R. & GHIROTTI, M. The 1963 Vaiont Landslide. *Giornale di Geologia Applicata*. Italy, Volume 1, pp. 41-52, 2005.

GUIA BÁSICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS. Comitê Brasileiro de Barragens – CDBD. São Paulo - SP. 2001.

WORLD REGISTER OF DAMS (WRD). ICOLD – International Commission on Large Dams. Disponível em: http://www.icold-cigb.org/GB/World_register/world_register.asp. Acessado em Maio/2014.

INSPECTION OF SMALL DAMS. Dam Safety and Water Projects Branch. Water Management Division. Alberta Environmental Protection. Canadá, 1998.

KOZLOVAC, J. P. *Adventures in Flood Control: The Johnstown, Pennsylvania Story. Urban Areas as Environments*. April 19, 1995.

LADEIRA, J. E. R. *Avaliação de Segurança em Barragem de Terra, sob o Cenário de Erosão Tubular Regressiva, por Métodos Probabilísticos. O Caso UHE – São Simão*. Dissertação de Mestrado apresentada Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2007.

LEMPERIERE, F. *Dams that Have Failed by Flooding: an analysis of 70 Failures. International Water Power and Dam Construction*, volume 45, número 9, pp. 19-24, setembro-outubro de 1993.

HARRISON, S. *A Complete History of the Great Flood at Sheffield*. Dewsbury, Yorkshire. Inglaterra: Evans & Longley Associates, 1974. 137 p.

SOUZA, L. N. *Painel de Inspeção e Segurança de Barragens – PISB: Sua Contribuição à Engenharia do Ceará*. Monografia apresentada à Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE, 2009.

MARTT, F. D., SHAKOOR A., GREENE, B. H. *Austin Dam, Pennsylvania: The Sliding Failure of a Concrete Gravity Dam. Environmental & Engineering Geoscience*, volume 11, pp. 61-72, fevereiro de 2005.

MATOS, S. F. *Avaliação de Instrumentos para Auscultação de Barragem de Concreto. Estudo de Caso: Deformímetros e Tensômetros para Concreto na Barragem de Itaipu*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR, 2002.

McCULLY, P. *Silenced Rivers: The Ecology and Politics Of Large Dams*. New Jersey, USA: ZED BOOKS, 1996. 350p.

MEDEIROS, C. H. de A. C. *A Regulamentação da Lei de Segurança de Barragens e seus Desafios: Relato de uma Experiência. Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB, XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens*. Porto de Galinhas - PE, 2013.

MELLO, V. F. B. *Acidentes em Barragens. III Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos*. Belo Horizonte - MG, 1966. Disponível em: <http://www.victorfbdemello.com.br>. Acessado em Maio/2014.

MENESCAL, R. A. *Gestão da Segurança de Barragens no Brasil – Proposta de um Sistema Integrado, Descentralizado, Transparente e Participativo*. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE, 2009.

MENESCAL, R. A., VIEIRA, V. P. P. B., FONTENELLE, A. S. & OLIVEIRA, S. K. Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem. XXIV *Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais Pós-congresso*. Fortaleza – CE, 2001a.

MENESCAL, R. A., CRUZ, P. T., CARVALHO, R. V., FONTENELLE, A. S., OLIVEIRA, S. K. Uma Metodologia para Avaliação do Potencial de Risco em Barragens no Semi-Árido. XXIV *Seminário Nacional de Grandes Barragens*. Fortaleza – CE, 2001b.

PECK, R. B. *Judgement in Geotechnical Engineering – The Professional Legacy of Ralph B. Peck*. New York: John Willey & Sons, 1984. 332p.

PORTUGAL. Decreto Lei nº 11, de 06 de Janeiro de 1990, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Aprova o Regulamento de Segurança de Barragens. Disponível em: http://portaldagua.inag.pt/PT/SectorAgua/Portugal/Documents/DL%2011_90.pdf. Acessado em Março/2014.

PORTUGAL. Decreto Lei nº 344, de 15 de Outubro de 2007, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Aprova o Regulamento de Segurança de Barragens e revoga o Decreto Lei nº 11/90. Disponível em: <http://www.dre.pt/pdf1s/2007/10/19800/0745907474.pdf>. Acessado em Maio/2014.

PORTUGAL. Portaria nº 846, de 10 de Setembro de 1993, Ministérios da Defesa Nacional, da Administração Interna, da Agricultura, da Indústria e Energia, das Obras Públicas, Transportes e Comunicações e do Ambiente e Recursos Naturais. Aprova as Normas de Projeto de Barragens. Disponível em: http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/legisla/pdf_nac/SegurancaBarragens/Port846_93.PDF. Acessado em Março/2014.

RAMOS, C. M. Segurança de Barragens: Aspectos Hidráulicos e Operacionais. Informação Técnica Hidráulica nº 38. *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Portugal, 1995.

ROGERS, J. D. Impacts of the 1928 St. Francis Dam Failure on Geology, Civil, Engineering, and America. *Association of Environmental and Engineering Geologists*. Encontro Anual, Los Angeles, 2007.

SILVEIRA, J. F. A. *Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 416p.

SHARPE, E. M. *In the Shadow of the Dam: The Aftermath of the Mill River Flood of 1874*. New York: Free Press, 2004. 304p.

SMITH, N. A. F. The Failure of the Bouzey Dam in 1895. *Construction History*. Volume 10, pp. 47-65, 1994.

U.S. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. *Concrete Dams – Case Histories of Failures and Nonfailures with Back Calculations*. Dam Safety Office, 1998.

USBR – United States Bureau of Reclamation. FLOOD OVERTOPPING FAILURE OF DAMS. EUA, 2009. Disponível em: <http://www.usbr.gov/ssle/damsafety/Risk/BestPractices/11-FloodOvertopping201108.pdf>. Acessado em Maio/2014.

VICENTE, R. G. et al. Metodologia para Priorização da Manutenção das Usinas da AES Tietê S/A. *Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB, XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens*. Porto de Galinhas - PE, 2013.

WISEU T. e ALMEIDA A. B. Plano de Emergência Interno de Barragens. *5º Congresso da Água*. Lisboa, 2000.

WEST, M. S., COSTA MIRANDA, J. E MATOS, E. Avaliação de Segurança de Barragens Uma Comparação Entre as Abordagens Britânica e Portuguesa. *4º Congresso da Água*. Lisboa, 1998. Disponível em: <http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/114.pdf>. Acessado em Maio/2014.

ZUFFO, M. S. R. e GENOVEZ, A. I. B. Dam Safety Legislation: a focus on the different approaches. *Proceedings of the 16th IAHR-ADP Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS, Advances in Water Resources and Hydraulic Engineering*. Nanjing, China, 2008.

ZUFFO, M. S. R. *Metodologia para avaliação da segurança de barragens*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2005.

Apêndice A – Questionário para obtenção dos pesos

Contribuição ao estudo do Índice de Segurança de Barragens (ISB)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Grupo de Estudos em Segurança de Barragens do DRH/FEC/UNICAMP tem a honra de convidá-lo (a) para participar como voluntário (a) na pesquisa "CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (ISB)". Neste estudo será aprimorado o índice ISB proposto por Zuffo (2005), com a introdução de parâmetros adicionais considerados importantes para a análise da segurança de uma barragem. O ISB deverá contemplar a recente legislação incidente na área e avaliará a segurança geral de uma barragem.

Para este estudo será enviado um questionário a profissionais da área técnica e acadêmica que tenham experiência com barragens, para avaliar a opinião destes profissionais a respeito da importância de certos parâmetros que devem ser considerados para a composição do ISB, que avaliará a segurança geral de uma barragem.

O questionário foi elaborado pelo Grupo de Estudos em Segurança de Barragens, baseado na literatura técnica e na legislação atualmente em vigor. O questionário é composto por 29 perguntas, onde o profissional deverá atribuir, de acordo com a sua opinião, uma nota de 1 a 10 (sendo 1 sem importância e 10 muito importante) a cada um dos parâmetros definidos para a avaliação da segurança de uma barragem. Estima-se 10 minutos para responder a este questionário e sua opinião será de grande importância para validação de nossa pesquisa.

Para participar deste estudo você ou o pesquisador responsável não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Também não haverá risco previsível ou benefício direto ao participante da pesquisa, nem ao responsável por esta. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento, sem que os itens já respondidos do questionário sejam considerados na pesquisa. A participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. O (A) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o:

Comitê de Ética em Pesquisa/FCM/UNICAMP

Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126

Distrito de Barão Geraldo – Campinas/SP

CEP 13083-887

Fone/Fax (19) 3521-8936

Fone/Fax (19) 3521-7187

e-mail: cep@fcm.unicamp.br

Home Page: <http://www.fcm.unicamp.br/fcm/pesquisa/comite-de-etica-em-pesquisa>

*Obrigatório

*

- Sim, mediante os esclarecimentos prestados, concordo com os termos deste TCLE.
- Não tenho interesse em participar desta pesquisa.

Continuar »

Contribuição ao estudo do Índice de Segurança de Barragens (ISB)

*Obrigatório

Prezado (a) Sr (a), Este questionário foi elaborado pelo Grupo de Estudos em Segurança de Barragens do DRH/FEC/UNICAMP, de maneira a aprimorar o Índice de Segurança de Barragens (ISB), proposto inicialmente por Zuffo (2005). O ISB é um indicador que pondera diversos parâmetros e caracteriza a estrutura, a partir de uma nota final, quanto à sua segurança. O questionário é composto de 29 parâmetros, aos quais devem ser atribuídos um conceito de 1 a 10 (sendo 1 sem importância e 10 muito importante), de acordo com sua experiência. Estima-se o tempo de 10 minutos para este preenchimento. Agradecemos a sua valiosa contribuição, de grande importância para a validação de nossa pesquisa.

Nome completo *

Esta pergunta é obrigatória

Altura da barragem *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Comprimento da barragem *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Tipo de material da barragem *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Volume do reservatório *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Tipo de vertedouro *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Período de retorno da vazão de projeto do vertedouro *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Tipo de turbina hidráulica *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Tipo de comporta do vertedouro *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Maquinário de operação das comportas *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nível de automação *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Capacidade instalada ou de operação *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Idade da barragem *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Presença de deformações ou recalques *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Deterioração dos taludes *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Conservação das estruturas vertedouras *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Conservação das estruturas de captação *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Evidências de erosão à jusante *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Existência de documentação de projeto (incluindo projeto as built) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Existência de planos de ações emergenciais *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Procedimentos de inspeção de segurança e monitoramento *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Regra operacional dos dispositivos de descarga *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Instrumentação e monitoramento dos registros *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Existência de população a jusante com potencial de perdas de vidas humanas *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Existência de instalações de infraestrutura ou equipamentos de serviços públicos essenciais *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Existência de barragens em série no mesmo curso d'água (efeito cascata) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Existe algum critério que você considere importante e que não foi considerado nesta pesquisa? Qual (is)?

Algum destes critérios poderia ser retirado, na sua opinião? Qual (is)?

Críticas e sugestões

Anexo A – Projeto de Lei nº 1.181, de 2003

PROJETO DE LEI Nº , DE 2003
(Do Sr. Leonardo Monteiro)

Estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais.

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º Esta Lei estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais.

Art. 2º A implantação de barragem de curso de água para quaisquer fins e de aterro destinado a conter depósitos de rejeitos líquidos industriais, em todo o território nacional, só será permitida com base em estudos e projetos que contemplem, no mínimo:

I – a previsão da vazão máxima de enchente, considerando período de recorrência mínimo de cem anos;

II – o estudo geotécnico da área em que será implantada a barragem ou aterro;

III – a previsão de vertedor de fuga ou outro sistema de extravazão capaz de escoar a vazão máxima de enchente sem comprometer a estabilidade da barragem ou aterro;

IV – a verificação da estabilidade da barragem ou aterro quando submetida às condições provocadas pela vazão máxima de enchente;

V – o detalhamento das fundações, aterros e estruturas que comporão a obra.

Parágrafo único. Não se aplica o disposto no *caput* à implantação de pequenas barragens destinadas a possibilitar usos insignificantes

da água, nos termos do disposto no § 1º do art. 12 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Art. 3º Os estudos e projetos a que se refere o art. 2º deverão ser elaborados e assinados por profissionais de nível superior registrados e em dia com os respectivos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

Art. 4º Os estudos e projetos a que se refere o art. 2º deverão ser submetidos à aprovação:

I – do órgão gestor de recursos hídricos nos casos de barragens a serem implantadas em cursos de água de domínio da União;

II – do respectivo órgão gestor de recursos hídricos:

a) nos casos de barragens a serem implantadas em cursos de água de domínio estadual;

b) nos casos de aterros destinados à contenção de resíduos líquidos industriais.

Art. 5º Os proprietários ou responsáveis legais de barragens de cursos de água são obrigados a manter disponíveis para a fiscalização do órgão gestor de recursos hídricos:

I - registros diários dos níveis mínimo e máximo de água;

II – relatório técnico anual atestando a segurança da barragem, firmado por engenheiro civil registrado e em dia com o respectivo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

Art. 6º Os proprietários ou responsáveis legais de aterros de contenção de resíduos líquidos industriais são obrigados a manter disponíveis para a fiscalização dos órgãos gestor de recursos hídricos e ambiental competentes:

I - registros diários dos níveis mínimo e máximo de água;

II – registros mensais dos volumes e características químicas e físicas dos rejeitos acumulados;

III – registros mensais dos níveis de contaminação do solo e do lençol de água no entorno da área ocupada pelos rejeitos;

IV - relatório técnico anual atestando a segurança dos aterros de contenção, firmado por engenheiro civil registrado e em dia com o respectivo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

Art. 7º Os proprietários ou responsáveis legais de barragens de cursos de água e de aterros de contenção de resíduos líquidos industriais já implantados terão o prazo de um ano, contado da data de publicação desta Lei para apresentarem aos respectivos órgãos gestores de recursos hídricos, relatório técnico, comprovando a segurança de suas obras, nos termos do art. 2º.

Art. 8º Aos infratores da presente lei aplica-se o disposto no art. 60 da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

Art. 9º O Poder Executivo estabelecerá os regulamentos necessários à aplicação desta Lei.

Art. 10. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

JUSTIFICAÇÃO

A implantação de barragens de cursos d'água, seja para aproveitamento dos potenciais hidráulicos para geração de energia elétrica, seja para regularizar e captar água para outros fins, como a irrigação e o abastecimento urbano, nem sempre tem obedecido a parâmetros mínimos de segurança. Isto ocorre tanto na construção, muitas vezes sem um mínimo de conhecimento sobre as condições hidrológicas e geotécnicas locais, sem projetos e sem acompanhamento por profissionais habilitados.

Situação pior ocorre com os aterros ou barramentos construídos para formar depósitos de resíduos líquidos industriais. Esses depósitos são, na maioria das vezes, verdadeiros "lixões" onde são jogados resíduos de alto potencial poluidor, quando não tóxicos e perigosos para a saúde humana e para o meio ambiente em geral.

O acidente ocorrido no final de março deste ano com o rompimento dos aterros que continham depósitos de rejeitos da indústria de papel Cataguases, em Minas Gerais, dá bem uma mostra dos riscos a que estamos submetidos. Os nossos órgãos ambientais federal e estaduais não têm sequer um cadastro desses depósitos, estimando-se que existam centenas, talvez milhares espalhados pelo território nacional, principalmente nas áreas densamente industrializadas.

A poluição causada pelos bilhões de litros de resíduos vazados do depósito da Cataguases começou por um pequeno afluente do rio Pomba, em seguida o próprio rio Pomba e, a partir dele, o Rio Paraíba do Sul.

De início, foram afetadas inúmeras propriedades rurais, matando animais domésticos e contaminando plantações a ponto de tornar seus produtos impréstáveis para o consumo. Dezenas de áreas urbanas tiveram de interromper o abastecimento público de água, pois dependem de captação no rio Pomba e no Paraíba do Sul. Até a cidade de Campos, com mais de 400 mil habitantes, teve de suspender o fornecimento de água a seus habitantes, tal o nível de contaminação atingido pela água do Paraíba do Sul.

Os prejuízos materiais e ambientais foram enormes, provavelmente muito além dos R\$50 milhões da multa aplicada pelo IBAMA à empresa Cataguases.

Em 1982, o rompimento de um depósito de outra indústria, a Paraibuna, produtora de zinco de Juiz de Fora, em Minas Gerais, lançou milhares de toneladas de resíduos que continham metais pesados no rio Paraíba do Sul, fazendo com que até a cidade do Rio de Janeiro tivesse seu suprimento de água parcialmente interrompido.

Esses são os exemplos conhecidos, por afetarem áreas urbanas importantes. Quantos casos isolados, que ficam escondidos da mídia, não sabemos.

O Brasil dispõe de amplos recursos tecnológicos para a construção e manutenção de barragens. Tanto é que várias empresas nacionais vêm prestando serviços nesse ramo em outros países. Temos normas técnicas avançadas, que não deixam dúvidas quanto aos procedimentos que devem ser tomados pelos engenheiros e outros profissionais na concepção, projeto e implantação de barragens para quais quer fins.

Sob nosso ponto de vista, falta atuação dos órgãos fiscalizadores, notadamente dos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente. Nesse sentido, nossa proposição tem como objetivo indicar diretrizes

para o procedimento dos proprietários de barragens e aterros de contenção de resíduos e dos órgãos fiscalizados quanto à implantação e manutenção dessas obras.

O conteúdo do projeto que ora apresentamos é, portanto, até óbvio, pois é obrigação de qualquer empreendedor construir e manter suas obras de acordo com as normas técnicas pertinentes. No entanto, vemos nele um papel didático, ao definir claramente procedimentos mínimos para que novas situações como a de Cataguases possam ser evitadas.

Contamos, pois, com o apoio dos ilustres Pares do Congresso Nacional para o aperfeiçoamento e aprovação do presente projeto de lei.

Sala das Sessões, em de de 2003.

Deputado **Leonardo Monteiro**

Anexo B – Lei Federal nº 12.334 de 2010



WWW.LEIDIRETO.COM.BR

Fonte: www.leidireto.com.br/lei-12334.html

LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010.

Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei 9984, de 17 de julho de 2000.

OPRESIDENTEDAREPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

CAPÍTULO I

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º Esta Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

Parágrafo único. Esta Lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, são estabelecidas as seguintes definições:

I - barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II - reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos;

III - segurança de barragem: condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente;

IV - empreendedor: agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade;

V - órgão fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência;

VI - gestão de risco: ações de caráter normativo, bem como aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos;

VII - dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem.

CAPÍTULO II

DOS OBJETIVOS

Art. 3º São objetivos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências;

II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional;

III - promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens;

IV - criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e correção das ações de segurança;

V - coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos;

VI - estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público;

VII - fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

CAPÍTULO III

DOS FUNDAMENTOS E DA FISCALIZAÇÃO

Art. 4º São fundamentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - a segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros;

II - a população deve ser informada e estimulada a participar, direta ou indiretamente, das ações preventivas e emergenciais;

III - o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la;

IV - a promoção de mecanismos de participação e controle social;

V - a segurança de uma barragem influi diretamente na sua sustentabilidade e no alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais.

Art. 5^o A fiscalização da segurança de barragens caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama):

I - à entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico;

II - à entidade que concedeu ou autorizou o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica;

III - à entidade outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária de rejeitos;

IV - à entidade que forneceu a licença ambiental de instalação e operação para fins de disposição de resíduos industriais.

CAPÍTULO IV

DOS INSTRUMENTOS

Art. 6^o São instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado;

II - o Plano de Segurança de Barragem;

III - o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

IV - o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima);

V - o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

VI - o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

VII - o Relatório de Segurança de Barragens.

Seção I

Da Classificação

Art. 7^o As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

§ 1^o A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem.

§ 2^o A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

Seção II

Do Plano de Segurança da Barragem

Art. 8^o O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

I - identificação do empreendedor;

II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;

III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;

IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;

V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;

VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;

VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;

VIII - relatórios das inspeções de segurança;

IX - revisões periódicas de segurança.

§ 1º A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos planos de segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador.

§ 2º As exigências indicadas nas inspeções periódicas de segurança da barragem deverão ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança.

Art. 9º As inspeções de segurança regular e especial terão a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

§ 1º A inspeção de segurança regular será efetuada pela própria equipe de segurança da barragem, devendo o relatório resultante estar disponível ao órgão fiscalizador e à sociedade civil.

§ 2º A inspeção de segurança especial será elaborada, conforme orientação do órgão fiscalizador, por equipe multidisciplinar de especialistas, em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, nas fases de construção, operação e desativação, devendo considerar as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

§ 3º Os relatórios resultantes das inspeções de segurança devem indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem.

Art. 10. Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

§ 1º A periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da revisão periódica de segurança serão estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

§ 2º A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo, para tanto:

I - o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;

II - o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor;

III - a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente.

Art. 11. O órgão fiscalizador poderá determinar a elaboração de PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado alto.

Art. 12. O PAE estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência, devendo contemplar, pelo menos:

I - identificação e análise das possíveis situações de emergência;

II - procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;

III - procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;

IV - estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

Parágrafo único. O PAE deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.

Seção III

Do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)

Art. 13. É instituído o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), para registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.

Parágrafo único. O SNISB compreenderá um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de suas informações, devendo contemplar barragens em construção, em operação e desativadas.

Art. 14. São princípios básicos para o funcionamento do SNISB:

I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - coordenação unificada do sistema;

III - acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade.

Seção IV

Da Educação e da Comunicação

Art. 15. A PNSB deverá estabelecer programa de educação e de comunicação sobre segurança de barragem, com o objetivo de conscientizar a sociedade da importância da segurança de barragens, o qual contemplará as seguintes medidas:

I - apoio e promoção de ações descentralizadas para conscientização e desenvolvimento de conhecimento sobre segurança de barragens;

II - elaboração de material didático;

III - manutenção de sistema de divulgação sobre a segurança das barragens sob sua jurisdição;

IV - promoção de parcerias com instituições de ensino, pesquisa e associações técnicas

relacionadas à engenharia de barragens e áreas afins;

V - disponibilização anual do Relatório de Segurança de Barragens.

CAPÍTULO V

DAS COMPETÊNCIAS

Art. 16. O órgão fiscalizador, no âmbito de suas atribuições legais, é obrigado a:

I - manter cadastro das barragens sob sua jurisdição, com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB;

II - exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica, por profissional habilitado pelo Sistema Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea) / Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Crea), dos estudos, planos, projetos, construção, fiscalização e demais relatórios citados nesta Lei;

III - exigir do empreendedor o cumprimento das recomendações contidas nos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança;

IV - articular-se com outros órgãos envolvidos com a implantação e a operação de barragens no âmbito da bacia hidrográfica;

V - exigir do empreendedor o cadastramento e a atualização das informações relativas à barragem no SNISB.

§ 1^o O órgão fiscalizador deverá informar imediatamente à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec) qualquer não conformidade que implique risco imediato à segurança ou qualquer acidente ocorrido nas barragens sob sua jurisdição.

§ 2^o O órgão fiscalizador deverá implantar o cadastro das barragens a que alude o inciso I no prazo máximo de 2 (dois) anos, a partir da data de publicação desta Lei.

Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:

I - prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;

II - providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;

III - organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;

IV - informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança;

V - manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem;

VI - permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador e dos órgãos integrantes do Sindec ao local da barragem e à sua documentação de segurança;

VII - providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança;

VIII - realizar as inspeções de segurança previstas no art. 9^o desta Lei;

IX - elaborar as revisões periódicas de segurança;

X - elaborar o PAE, quando exigido;

XI - manter registros dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XII - manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático na área de influência do reservatório, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XIII - cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB.

Parágrafo único. Para reservatórios de aproveitamento hidrelétrico, a alteração de que trata o inciso IV também deverá ser informada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 18. A barragem que não atender aos requisitos de segurança nos termos da legislação pertinente deverá ser recuperada ou desativada pelo seu empreendedor, que deverá comunicar ao órgão fiscalizador as providências adotadas.

§ 1^o A recuperação ou a desativação da barragem deverá ser objeto de projeto específico.

§ 2^o Na eventualidade de omissão ou inação do empreendedor, o órgão fiscalizador poderá tomar medidas com vistas à minimização de riscos e de danos potenciais associados à segurança da barragem, devendo os custos dessa ação ser ressarcidos pelo empreendedor.

Art. 19. Os empreendedores de barragens enquadradas no parágrafo único do art. 1^o terão prazo de 2 (dois) anos, contado a partir da publicação desta Lei, para submeter à aprovação dos órgãos fiscalizadores o relatório especificando as ações e o cronograma para a implantação do Plano de Segurança da Barragem.

Parágrafo único. Após o recebimento do relatório de que trata o **caput**, os órgãos fiscalizadores terão prazo de até 1 (um) ano para se pronunciarem.

Art. 20. O art. 35 da Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997, passa a vigorar acrescido dos seguintes incisos XI, XII e XIII:

“**Art. 35.**

.....

XI - zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);

XII - estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

XIII - apreciar o Relatório de Segurança de Barragens, fazendo, se necessário, recomendações para melhoria da segurança das obras, bem como encaminhá-lo ao Congresso Nacional.” (NR)

Art. 21. O **caput** do art. 4^o da Lei 9984, de 17 de julho de 2000, passa a vigorar acrescido dos seguintes incisos XX, XXI e XXII:

“**Art. 4^o**

.....

XX - organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

XXI - promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores de barragens;

XXII - coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens e encaminhá-lo, anualmente, ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de forma consolidada.

.....” (NR)

Art. 22. O descumprimento dos dispositivos desta Lei sujeita os infratores às penalidades estabelecidas na legislação pertinente.

Art. 23. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 20 de setembro de 2010; 189^ª da Independência e 122^ª da República.

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA
Mauro Barbosa da Silva
Márcio Pereira Zimmermann
José Machado
João Reis Santana Filho

Este texto não substitui o publicado no DOU de 21.9.2010

Anexo C – Resolução CNRH nº 143 de 2012



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

RESOLUÇÃO Nº 143, DE 10 DE JULHO DE 2012.

Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

O **CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH**, no uso das competências que lhe são conferidas pelas Leis nºs 9.433, de 8 de janeiro de 1997, 9.984, de 17 de julho de 2000, e 12.334, de 20 setembro de 2010, pelo Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria MMA nº 377, de 19 de setembro de 2003, e

Considerando a Década Brasileira da Água, instituída pelo Decreto de 22 de março de 2005, cujos objetivos são promover e intensificar a formulação e implementação de políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento e uso sustentável da água, em todos os níveis, assim como assegurar a ampla participação e cooperação das comunidades voltadas ao alcance dos objetivos contemplados na Política Nacional de Recursos Hídricos ou estabelecidos em convenções, acordos e resoluções a que o Brasil tenha aderido;

Considerando que compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, conforme inciso XI, do art. 35 da Lei nº 9.433, de 1997;

Considerando que o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e dano potencial associado é um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens;

Considerando que a Lei nº 12.334, de 2010, em seu art. 7º, atribuiu ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos a competência de estabelecer critérios gerais de classificação das barragens por categoria de risco, dano potencial associado e volume;

Considerando os resultados da consulta pública prevista da Resolução CNRH nº 124, de 29 de junho de 2011, que colheu contribuições e subsídios para o aprimoramento desta resolução, resolve:

CAPÍTULO I

DO OBJETIVO E DAS DEFINIÇÕES

Art. 1º Estabelecer critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 2010.

Art. 2º Para efeito desta Resolução consideram-se:



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

I- barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II- reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos;

III- órgão fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência, observada as disposições do art. 5º da Lei nº 12.334 de 2010;

IV- empreendedor: agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade, sendo também o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la;

V- dano potencial associado: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, podendo ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais;

VI- área afetada: área a jusante ou a montante, potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem, cuja metodologia de definição de seus limites deverá ser determinada pelo órgão fiscalizador.

Art. 3º As barragens serão classificadas pelos órgãos fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos nesta Resolução.

§1º Os procedimentos e prazos para o cumprimento do disposto no caput serão definidos pelos órgãos fiscalizadores.

§2º O empreendedor poderá solicitar revisão da classificação efetuada pelo respectivo órgão fiscalizador, devendo, para tanto, apresentar estudo que comprove essa necessidade.

Seção I

Da Classificação Quanto à Categoria De Risco

Art. 4º Quanto à categoria de risco, as barragens serão classificadas de acordo com aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente, levando-se em conta os seguintes critérios gerais:

- I- características técnicas:
 - a) altura do barramento;
 - b) comprimento do coroamento da barragem;



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

- c) tipo de barragem quanto ao material de construção;
 - d) tipo de fundação da barragem;
 - e) idade da barragem;
 - f) tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro;
- II- estado de conservação da barragem:
- a) confiabilidade das estruturas extravasoras;
 - b) confiabilidade das estruturas de adução;
 - c) eclusa;
 - d) percolação;
 - e) deformações e recalques;
 - f) deterioração dos taludes.
- III- Plano de Segurança da Barragem:
- a) existência de documentação de projeto da barragem;
 - b) estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem;
 - c) procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento;
 - d) regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;
 - e) relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação.

§1º O órgão fiscalizador poderá adotar critérios complementares tecnicamente justificados.

§2º Caberá ao órgão fiscalizador em, no máximo, a cada 5 (cinco) anos reavaliar, se assim considerar necessário, a classificação a que se refere o caput deste artigo.

§3º Caso o empreendedor da barragem não apresente informações sobre determinado critério especificado nos incisos e alíneas previstos neste artigo, ou em critérios complementares, o órgão fiscalizador aplicará a pontuação máxima para o referido critério.

Seção II

Da Classificação Quanto ao Dano Potencial Associado



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 5º Os critérios gerais a serem utilizados para classificação quanto ao dano potencial associado na área afetada são:

- I- existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas;
- II- existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários;
- III- existência de infraestrutura ou serviços;
- IV- existência de equipamentos de serviços públicos essenciais;
- V- existência de áreas protegidas definidas em legislação;
- VI- natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados;
- VII- volume.

§1º À época da classificação levar-se-á em consideração o uso e ocupação atual do solo.

§2º Caberá ao órgão fiscalizador em, no máximo, a cada 5 (cinco) anos reavaliar, se assim considerar necessário, a classificação a que se refere o caput deste artigo.

§3º O órgão fiscalizador poderá adotar critérios complementares tecnicamente justificados.

§4º Caso o empreendedor da barragem não apresente informações sobre determinado critério especificado nos incisos previstos neste artigo ou em critérios complementares, o órgão fiscalizador aplicará a pontuação máxima para o referido critério.

Seção III

Da Classificação Quanto ao Volume

Art. 6º Para a classificação de barragens para disposição de rejeito mineral e/ou resíduo industrial, quanto ao volume de seu reservatório, considerar-se-á:

- I- muito pequeno: reservatório com volume total inferior ou igual a 500 mil metros cúbicos
- II- pequena: reservatório com volume total superior a 500 mil metros cúbicos e inferior ou igual a 5 milhões de metros cúbicos;
- III- média: reservatório com volume total superior a 5 milhões de metros cúbicos e inferior ou igual a 25 milhões de metros cúbicos;
- IV- grande: reservatório com volume total superior a 25 milhões e inferior ou igual a 50 milhões de metros cúbicos;



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**

V- muito grande: reservatório com volume total superior a 50 milhões de metros cúbicos.

Art. 7º Para a classificação de barragens para acumulação de água, quanto ao volume de seu reservatório, considerar-se-á:

- I- pequena: reservatório com volume inferior ou igual a 5 milhões de metros cúbicos;
- II- média: reservatório com volume superior a 5 milhões de metros cúbicos e inferior ou igual a 75 milhões de metros cúbicos;
- III- grande: reservatório com volume superior a 75 milhões de metros cúbicos e inferior ou igual a 200 milhões de metros cúbicos;
- IV- muito grande: reservatório com volume superior a 200 milhões de metros cúbicos.

Art. 8º Para a classificação das barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, os órgãos fiscalizadores deverão considerar os quadros constantes dos Anexos I e II desta Resolução.

Art. 9º A fiscalização da segurança de barragens caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), às entidades previstas no art. 5º da Lei nº 12.334 de 2010.

Art. 10 Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação.

IZABELLA TEIXEIRA
Presidente

PEDRO WILSON GUIMARÃES
Secretário Executivo

ANEXO I

QUADRO PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E REJEITOS

NOME DA BARRAGEM	
NOME DO EMPREENDEDOR	
DATA	

I.1 - CATEGORIA DE RISCO:		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	
2	Estado de Conservação (EC)	
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		0
Faixas de Classificação	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	> = 60 ou EC ¹ =10 (*)
	MÉDIO	35 a 60
	BAIXO	< = 35
(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.		
I.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO:		Pontos
Faixas de Classificação	DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)	DPA
	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	> = 13
	MÉDIO	7 < DPA < 13
	BAIXO	< = 7
RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:		
	CATEGORIA DE RISCO	Alto / Médio / Baixo
	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	Alto / Médio / Baixo

LI - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT

Altura (a) (1)	Comprimento (b) (1)	Estado de Projeto (c) (1)
Altura ≤ 15m (1)	Comprimento ≤ 50m (1)	CMP (Classe Máxima Permitida) ou Declarar
15m < Altura < 30m (2)	50m < Comprimento < 200m (2)	Mitigar
30m ≤ Altura ≤ 60m (3)	200 ≤ Comprimento ≤ 600m (3)	TR = 300 anos
Altura > 60m (4)	Comprimento > 600m (4)	TR Inferior a 300 anos ou Descomercializar/Estado não creditável

CT = 7 (a, b, c)

LI - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC

Confiabilidade das Estruturas Estravassas (a)	Percolação (b)	Deformações e Recalques (c)	Deterioração dos Tabuleis / Parâmetros (d)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal (barragem sem necessidade de estruturas extravassas) (1)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (1)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (1)	Não existe deterioração de tabuleis e parâmetros (1)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (2)	Unidade ou surgência nas áreas de juntas, parâmetros, tabuleis e superfícies estáveis e monitoradas (2)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Faltas na proteção dos tabuleis e parâmetros, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (3)	Unidade ou surgência nas áreas de juntas, parâmetros, tabuleis ou superfícies sem implantação das medidas corretivas necessárias (3)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (3)	Erosões superficiais, barragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (3)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade (vazão) e sem medidas corretivas (4)	Surgência nas áreas de juntas com carreamento de material ou vazão crescente ou infiltração do material confiante, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (4)	Existência de trincas, abatimentos ou encravesamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (4)	Depósitos acumulados nos tabuleis, encravesamentos, vazão perigoso de vazão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (4)

EC = 7 (a, b, c, d)

LI - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)
3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS

Documentação de Projeto (a)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais no Equipe de Segurança da Barragem (b)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (c)	Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (d)	Relatórios de Inspeção e monitoramento da Inspeção e de Análise de Segurança (e)
Projeto executivo e "como construído" (1)	Posseu unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (1)	Posseu manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (1)	Posseu PAE (1)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (1)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Posseu profissional técnico qualificado (projeto) ou contratado responsável pela segurança da barragem (2)	Posseu apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto básico (3)	Posseu unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Posseu apenas manual de procedimentos de inspeção (3)	PAE em elaboração (3)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (3)
Projeto conceitual (4)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (4)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (4)	Não possui PAE quando for exigido pelo órgão fiscalizador (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (4)
Não há documentação de projeto (5)				Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (5)

PS = 7 (a, b, c, d, e)

ANEXO L2 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL, ASSOCIADO - DPA (RESÍDUOS E REJEITOS)

Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)
Muito Pequeno <= 500 mil m³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentemente ou temporariamente residentes na área afetada a jusante da barragem) (1)	INSIGNIFICANTE (área afetada a jusante da barragem concentra-se totalmente desconsiderada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (1)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (1)
Pequeno 500 mil a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe cidade vizinha de seu local) (2)	POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, exceto APPs e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (existem poucas concentrações de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (2)
Médio 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe cidade municipal ou estadual ou federal ou outro local com empadronamento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (3)	SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, exceto APPs e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (3)	MÉDIO (existem moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
Grande 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (4)	ALTO (existem alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (4)
Muito Grande >= 50 milhões m³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I - Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (5)	-

DPA = 7 (a, b, c, d)

ANEXO II

QUADRO PARA CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA

NOME DA BARRAGEM	
NOME DO EMPREENDEDOR	
DATA	

II.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	
2	Estado de Conservação (EC)	
3	Plano de Segurança da Barragem (PS)	
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		0
Fator de Classificação	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 60 ou $EC^2 \geq 12$
	MÉDIO	$35 \leq 60$
	BAIXO	≤ 34
C*) Pontuação (menor ou igual a 3) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.		
II.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
Fator de Classificação	DIANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	≥ 16
	MÉDIO	$10 \leq DPA < 16$
	BAIXO	≤ 10
RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO		
	CATEGORIA DE RISCO	Alto / Médio / Baixo
	DIANO POTENCIAL ASSOCIADO	Alto / Médio / Baixo

II.1 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)

1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT

Altura (a)	Comprimento (b)	Tipo de Barragem quanto ao material de construção (c)	Tipo de fundação (d)	Idade da Barragem (e)	Vizin. de Projeto (f)
Altura $\leq 15m$ (1)	comprimento $\leq 200m$ (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	entre 30 e 50 anos (1)	CMP (Classe Mínima Prevista) ou Decadente (1)
$15m < \text{Altura} < 30m$ (2)	Comprimento $> 200m$ (3)	Alvenaria de pedra / concreto ciclópico / concreto armado - CCR (2)	Rocha alterada data sem tratamento (2)	entre 10 e 30 anos (2)	Mínima (2)
$30m < \text{Altura} < 60m$ (3)	-	Terra homogênea fundamente / terra armamento (3)	Rocha alterada sem tratamento / rocha alterada fundada com tratamento (3)	entre 5 e 10 anos (3)	TR = 500 anos (3)
Altura $> 60m$ (4)	-	-	Rocha alterada rocha / argila / solo úmido (4)	< 5 anos ou > 30 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou Decadente / Estado não confiável (4)
-	-	-	Solo residual / aluvião (5)	-	-

$$CT = 7(a \cdot b \cdot f)$$

II.1 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)

2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC

Confiabilidade das Estruturas Estruturas (a)	Confiabilidade das Estruturas de Adução (b)	Percolação (c)	Deformações e Resíduos (d)	Descrição dos Taludes / Pavimentos (e)	Risgos (f)
Estruturas civis e hidroelétricas em pleno funcionamento / canal de aproximação ou de distribuição ou vertedouro tipo sólido livre (1)	Estruturas civis e dispositivos hidroelétricos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (1)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (1)	Inexistente (1)	Inexistente (1)	Não possui riscos (1)
Estruturas civis e hidroelétricas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro tipo sólido livre com arcos ou obstruções, porém sem risco a estrutura semente (2)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (2)	Unidade ou unidade nas áreas de juntas, parâmetros, taludes ou estruturas estabilizadas são monitoradas (2)	Existência de trincas e abatimento de poças, erosões e impacto solo (2)	Faltas na proteção dos taludes e pavimentos, presença de arbustos de pequena altura e aspecto não (2)	Estruturas civis e hidroelétricas bem monitoradas e funcionando (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação / canal ou vertedouro tipo sólido livre com arcos ou obstruções, com risco de comprometimento da estrutura semente (3)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas (3)	Unidade ou unidade nas áreas de juntas, parâmetros, taludes ou estruturas sem tratamento ou em fase de diagnóstico (3)	Existência de trincas e abatimento de impacto adicional ou monitoramento (3)	Erosões significativas, ferrugem exposta, crescimento de vegetação generalizada, grande necessidade de monitoramento na situação corrente (3)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados e com medidas corretivas em implantação (3)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas / canal ou vertedouro tipo sólido livre obstruído ou com estruturas danificadas (4)	-	Seriedade nas áreas de juntas, taludes ou estruturas com crescimento de material ou com vazão crescente (4)	Existência de trincas, abatimentos ou ocorrências expressivas, com potencial de comprometimento da segurança (4)	Depressões acentuadas nos taludes, ocorrência de erosões profundas de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroelétricos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)

$$EC = 7(a \cdot b \cdot f)$$

II.1 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)

3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS

Existência de documentação de projeto (a)	Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais do equipe de Segurança da Barragem (b)	Procedimentos de sistema de inspeção de segurança e de monitoramento (c)	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (d)	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (e)
Projeto executivo e "como construído" (1)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (1)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (1)	Sim ou Vertedouro tipo sólido livre (1)	Existem regularmente os relatórios (1)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (2)	Possui e aplica apenas procedimentos de inspeção (2)	Não (2)	Existem os relatórios sem periodicidade (2)
Projeto básico (3)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (3)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (3)	-	Não existe os relatórios (3)

Anteprojeto ou Projeto conceitual (6)	-	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)	-
inexistente documentação de projeto (8)	-	-	-
PS = 7 (a até c)			

ANEXO II.2 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)

Volume Total do Reservatório (a)	Potencial de perdas de vidas humanas (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)
Pequeno < 5 milhões m ³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (1)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (1)
Médio 5 milhões a 75 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)	-	ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande > 200 milhões m ³ (5)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)	-	-
DPA = 7 (a até d)			

Anexo D – Resolução CNRH nº 144 de 2012



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

RESOLUÇÃO Nº 144, DE 10 DE JULHO DE 2012

Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

O **CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**, no uso das competências que lhe são conferidas pelas Leis nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, 9.984, de 17 de julho de 2000, e 12.334, de 20 de setembro de 2010, pelo Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria MMA nº 377, de 19 de setembro de 2003, e

Considerando a Década Brasileira da Água, instituída pelo Decreto de 22 de março de 2005, cujos objetivos são promover e intensificar a formulação e implementação de políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento e uso sustentável da água, em todos os níveis, assim como assegurar a ampla participação e cooperação das comunidades voltadas ao alcance dos objetivos contemplados na Política Nacional de Recursos Hídricos ou estabelecidos em convenções, acordos e resoluções a que o Brasil tenha aderido;

Considerando que compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), conforme inciso XI do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997;

Considerando que compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), conforme inciso XII do art. 35 da Lei nº 9.433, de 1997, resolve:

CAPÍTULO I **DO OBJETIVO**

Art.1º. Estabelecer as diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 1997.

Art. 2º. Para efeito desta Resolução considera-se:

I - acidente – comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou estrutura anexa;

II - incidente – qualquer ocorrência que afete o comportamento da barragem ou estrutura anexa que, se não for controlada, pode causar um acidente.

CAPÍTULO II

DAS DIRETRIZES GERAIS DA IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Art. 3º. Constituem diretrizes gerais para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens:

I - a integração da Política Nacional de Segurança de Barragens às respectivas políticas setoriais;

II - a integração da gestão da segurança das barragens à segurança do empreendimento, em todas as suas fases;

III - a adequação da gestão da segurança das barragens às diversidades físicas, econômicas, sociais e ambientais das diversas regiões do país, às características técnicas dos empreendimentos e ao dano potencial das barragens;

IV - a divulgação das informações relacionadas à segurança de barragens associadas a promoção de ações para esclarecimento da população.

CAPÍTULO III

DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Art. 4º. O Plano de Segurança da Barragem deverá ser elaborado pelo empreendedor, e compreender, no mínimo, os seguintes itens:

I - identificação do empreendedor;

II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação da Lei nº 12334, de 2010, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;

III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;

IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;

V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;

VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;

VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;

VIII - relatórios das inspeções de segurança;

IX - revisões periódicas de segurança.

Parágrafo único. A periodicidade de atualização, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos Planos de Segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador, em função da categoria de risco, do dano potencial associado e do seu volume.

Art. 5º. O Plano de Segurança de Barragem deverá ser atualizado em decorrência das inspeções regulares e especiais e das revisões periódicas de segurança da barragem, incorporando suas exigências e recomendações.

Art. 6º. Os órgãos fiscalizadores poderão estabelecer prazos para elaboração da primeira edição do Plano de Segurança das barragens existentes, em função da categoria de risco, do dano potencial e do volume.

CAPÍTULO IV

DO RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Art. 7º. O Relatório de Segurança de Barragens deverá conter, no mínimo, informações atualizadas sobre:

- I - os cadastros de barragens mantidos pelos órgãos fiscalizadores;
- II - a implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens;
- III - a relação das barragens que apresentem categoria de risco alto;
- IV - as principais ações para melhoria da segurança de barragem implementadas pelos empreendedores;
- V - a descrição dos principais acidentes e incidentes durante o período de competência do relatório, bem como análise por parte dos empreendedores e o respectivo órgão fiscalizador sobre as causas, consequências e medidas adotadas;
- VI - a relação dos órgãos fiscalizadores que remeteram informações para a ANA com a síntese das informações enviadas;
- VII - os recursos dos orçamentos fiscais da União e dos Estados previstos e aplicados durante o período de competência do relatório em ações para a segurança de barragens.

Art. 8º. A ANA é responsável pela coordenação da elaboração do Relatório de Segurança de Barragens e os órgãos fiscalizadores responsáveis pelas informações a serem enviadas.

Art. 9º. O Relatório de Segurança de Barragens deverá compreender o período entre 1º de outubro do ano anterior e 30 de setembro do ano de referência do relatório.

Art. 10. A ANA, até 30 de junho de cada ano, poderá estabelecer o conteúdo das contribuições e formulários padronizados para recebimento das informações que comporão o Relatório de Segurança de Barragens, devendo ser disponibilizados em seu sítio eletrônico.

Parágrafo único. Caso a ANA não estabeleça o disposto no caput será mantido o conteúdo mínimo e os formulários adotados no exercício do ano anterior.

Art. 11. Os empreendedores terão prazo até 31 de outubro de cada ano para enviar aos órgãos fiscalizadores as informações necessárias para elaboração do Relatório de Segurança de Barragens.

Art. 12. Os órgãos fiscalizadores terão prazo até 31 de janeiro de cada ano para enviar à ANA as informações necessárias para a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens.

Parágrafo único. A ANA deverá informar no Relatório de Segurança de Barragens os órgãos fiscalizadores que não enviaram as informações.

Art. 13. A ANA deverá encaminhar o Relatório de Segurança de Barragens ao CNRH até 31 de maio, de forma consolidada.

Art. 14. Fica instituído o Grupo de Trabalho Permanente no âmbito da Câmara Técnica de Assuntos Legais e Institucionais com o objetivo de analisar o relatório elaborado pela ANA e propor as recomendações para a melhoria da segurança de barragens.

Parágrafo único. O GT será constituído por dois membros de cada segmento representado na CTIL.

Art. 15. Cabe ao CNRH, anualmente, apreciar o Relatório de Segurança de Barragens, fazendo, se necessário, recomendações para melhoria da segurança das obras, bem como encaminhá-lo ao Congresso Nacional até 20 de setembro de cada ano.

CAPÍTULO V

DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS (SNISB)

Art. 16. O Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) tem o objetivo de coletar, armazenar, tratar, gerir e disponibilizar para a sociedade as informações relacionadas à segurança de barragens em todo o território nacional.

Art. 17. São responsáveis diretos pelas informações do SNISB:

I - Agência Nacional de Águas (ANA), como gestora e fiscalizadora;

II - órgãos fiscalizadores, conforme definido no artigo 5º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010;

III - empreendedores.

Art. 18. Compete à ANA, como gestora do SNISB:

I- desenvolver plataforma informatizada para sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações, devendo contemplar barragens em construção, em operação e desativadas;

II- estabelecer mecanismos e coordenar a troca de informações com os demais órgãos fiscalizadores;

III- definir as informações que deverão compor o SNISB em articulação com os demais órgãos fiscalizadores;

IV- disponibilizar o acesso a dados e informações para a sociedade por meio da Rede Mundial de Computadores.

Art. 19. Compete aos órgãos fiscalizadores:

I- manter cadastro atualizado das barragens sob sua jurisdição;

II- disponibilizar permanentemente o cadastro e demais informações sobre as barragens sob sua jurisdição e em formato que permita sua integração ao SNISB, em prazo a ser definido pela ANA em articulação com os órgãos fiscalizadores;

III- manter atualizada no SNISB a classificação das barragens sob sua jurisdição por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume;

Art. 20. Compete aos empreendedores:

I - manter atualizadas as informações cadastrais relativas às suas barragens junto ao respectivo órgão fiscalizador;

II - articular-se com o órgão fiscalizador, com intuito de permitir um adequado fluxo de informações.

Art. 21. O SNISB deverá buscar a integração e a troca de informações, no que couber, com:

I – o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente- SINIMA;

II – o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

III – o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

IV - O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH;

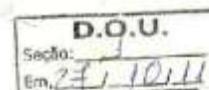
V – demais sistemas relacionados com segurança de barragens.

Art. 22. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

IZABELLA TEIXEIRA
Presidente

PEDRO WILSON GUIMARÃES
Secretário Executivo

Anexo E – Resolução ANA nº 742 de 2011



RESOLUÇÃO Nº 742, DE 17 DE OUTUBRO DE 2011

Estabelece a periodicidade, qualificação da equipe responsável, conteúdo mínimo e nível de detalhamento das inspeções de segurança regulares de barragem, conforme art. 9º da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010.

O DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 63, XVII, do Regimento Interno aprovado pela Resolução nº 567, de 17 de agosto de 2009, torna público que a DIRETORIA COLEGIADA, em sua 422ª Reunião Ordinária, realizada em 17 de outubro de 2011, com fundamento no art. 9º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, e tendo em vista o que consta no Processo nº 02501.001055/2011-82, e

Considerando que compete à ANA, no âmbito de suas atribuições, fiscalizar a segurança de barragens para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, quando o objeto for de acumulação de água, exceto as para fins de aproveitamento hidrelétrico, conforme art. 5º, inciso I, da Lei nº 12.334, de 2010;

Considerando que a Lei nº 12.334, de 2010, em seu artigo 9º, atribuiu aos órgãos fiscalizadores a competência para definir a periodicidade, a qualificação da equipe técnica responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento das inspeções de segurança regulares; e

Considerando o resultado da audiência pública nº 2/2011 que colheu subsídios para o aprimoramento desta resolução, resolve:

Art. 1º A periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento das Inspeções de Segurança Regulares das Barragens Fiscalizadas pela ANA são aquelas definidas nesta resolução.

Art. 2º As Inspeções de Segurança Regulares de Barragem devem ser realizadas, regularmente, para avaliar as condições físicas das partes integrantes da barragem visando a identificar e monitorar anomalias que afetem potencialmente a sua segurança;

Art. 3º Para efeito desta Resolução consideram-se:

I - Barragem: qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, ou talvegue, para fins de retenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II - Barragens Fiscalizadas pela ANA: barragens situadas em rio de domínio da União, exceto aquelas destinadas à disposição de resíduos industriais ou rejeitos de mineração ou cujo uso preponderante seja a geração hidrelétrica;

III - Empreendedor: agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade;

IV - Inspeção de Segurança Especial de Barragem: inspeção realizada com fim específico de verificar uma anomalia considerada grave;

V - Dano Potencial: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, conforme definição do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH;

VI - Risco: probabilidade da ocorrência de um acidente, conforme definição do CNRH;

VII - Anomalia: qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou deformação que possa vir a afetar a segurança da barragem, tanto a curto como a longo prazo;

VIII - Magnitude: tamanho ou amplitude da anomalia;

IX - Nível de Perigo: gradação do perigo à barragem decorrente da identificação de determinada anomalia;

X - Equipe de Segurança da Barragem: conjunto de profissionais responsáveis pelas ações de segurança da barragem, podendo ser composta por profissionais do próprio empreendedor ou contratada especificamente para este fim;

XI - Ciclo de Inspeções: período de realização das Inspeções de Segurança Regulares;

XII - Primeiro Ciclo de Inspeções: Ciclo de Inspeções compreendido entre 01 de outubro e 31 de março do ano subsequente;

XIII - Segundo Ciclo de Inspeções: Ciclo de Inspeções compreendido entre 01 de abril e 30 setembro do mesmo ano;

XIV - Plano de Segurança de Barragem: instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens previsto na art. 6º, II, da Lei 12.334, de 2010.

Capítulo I

DA PERIODICIDADE

Art. 4º As Inspeções de Segurança Regulares de Barragem terão periodicidade definida em função da classificação realizada pela ANA em termos de categoria de risco e dano potencial das barragens e deverão ser realizadas pelo Empreendedor durante os Ciclos de Inspeções, conforme periodicidades mínimas a seguir:

I - Periodicidade semestral:

a) Barragens classificadas como de dano potencial alto, independente do risco; e

b) Barragens classificadas como de dano potencial médio e risco alto;

II - Periodicidade anual:

- a) Barragens classificadas como de dano potencial médio e risco médio;
- b) Barragens classificadas como de dano potencial médio e risco baixo;
- c) Barragens classificadas como de dano potencial baixo e risco alto; e
- d) Barragens classificadas como de dano potencial baixo e risco médio.

III - Periodicidade bianual:

- a) Barragens classificadas como de dano potencial baixo e risco baixo.

§ 1º A ANA poderá, mediante ato devidamente motivado, exigir Inspeções de Segurança Regulares complementares às definidas neste artigo sempre que houver razões que o justifiquem.

§ 2º As Inspeções de Segurança Regulares subsequentes cuja periodicidade de realização seja anual ou bianual deverão ser executadas em Ciclos de Inspeções distintos.

Capítulo II

DO CONTEÚDO MÍNIMO E DETALHAMENTO

Art. 5º As Inspeções de Segurança Regulares de Barragem terão como produtos finais a Ficha de Inspeção preenchida, o Relatório de Inspeção Regular e o extrato da Inspeção de Segurança Regular de Barragem.

Art. 6º A Ficha de Inspeção terá seu modelo definido pelo Empreendedor e deverá abranger todos os componentes e estruturas associadas à barragem.

Art. 7º Os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular de Barragem deverão conter:

- I - identificação do representante legal do Empreendedor;
- II - identificação do responsável técnico pela segurança da barragem;
- III - avaliação das anomalias encontradas e registradas, identificando possível mau funcionamento e indícios de deterioração ou defeito de construção;
- IV - relatório fotográfico contendo, pelo menos, as anomalias classificadas como de magnitude média e grande;
- V - reclassificação, quando necessário, quanto a magnitude e nível de perigo de cada anomalia identificada na ficha de inspeção;
- VI - comparação com os resultados da Inspeção de Segurança Regular anterior;

VII - avaliação do resultado de inspeção e revisão dos registros de instrumentação disponíveis, indicando a necessidade de manutenção, pequenos reparos ou de inspeções regulares e especiais, recomendando os serviços necessários;

VIII - classificação do nível de perigo da barragem, de acordo com definições a seguir:

a) Normal: quando não foram encontradas anomalias ou as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;

b) Atenção: quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem a curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas ao longo do tempo;

c) Alerta: quando as anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema; e

d) Emergência: quando as anomalias encontradas representam risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e a humanos decorrentes de uma eventual ruptura da barragem.

IX - ciente do representante legal do empreendedor.

Parágrafo único. O Relatório de Inspeção Regular deverá ser acompanhado da respectiva anotação de responsabilidade técnica do profissional que o elaborou.

Art. 8º O Relatório de Inspeção Regular deverá estar anexado ao Plano de Segurança da Barragem em até 60 (sessenta) dias após a data da inspeção.

Art. 9º O extrato da Inspeção de Segurança Regular deverá ser preenchido diretamente no sítio eletrônico da ANA na internet, em função do nível de perigo da barragem, nos seguintes prazos:

I - Normal e Atenção:

a) até 31 de maio de cada ano, para as inspeções realizadas durante o Primeiro Ciclo de Inspeções; e

b) até 30 de novembro de cada ano, para as inspeções realizadas durante o Segundo Ciclo de Inspeções.

II - Alerta: em até 15 dias após a realização da inspeção; e

III - Emergência: em até 1 dia após a realização da inspeção.

Capítulo III

DA QUALIFICAÇÃO DA EQUIPE RESPONSÁVEL

Art. 10. A Inspeção de Segurança Regular de Barragem deverá ser efetuada pela Equipe de Segurança da Barragem, composta por profissionais treinados e capacitados.

Parágrafo único. Os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular de Barragem e respectivos extratos deverão ser elaborados por equipe ou profissional com registro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA, cujas atribuições profissionais para projeto, construção, operação ou manutenção de barragens de terra ou de concreto sejam compatíveis com as definidas pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CONFEA.

Capítulo IV

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 11. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará o infrator às penalidades previstas no artigo 50 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Art. 12. Enquanto o CNRH não expedir resolução definindo critérios gerais de risco e dano potencial associado, todas as Barragens Fiscalizadas pela ANA terão periodicidade mínima de realização de Inspeção de Segurança Regular definidas de acordo com o nível de perigo da primeira inspeção, conforme a seguir:

I - Normal e Atenção: periodicidade anual; e

II - Alerta e Emergência: conforme recomendação do responsável técnico pela inspeção, e periodicidade mínima semestral.

Parágrafo único. Após a classificação das barragens pela ANA quanto ao risco e dano potencial associado, a periodicidade das Inspeções de Segurança Regulares de Barragem observarão o disposto no art. 4º desta Resolução.

Art. 13. Enquanto não for regulamentado o conteúdo mínimo, a qualificação da equipe responsável e o nível de detalhamento do Plano de Segurança de Barragem, os Relatórios de Inspeção de Segurança Regular de Barragem deverão estar disponíveis no próprio local da barragem e, na inexistência de escritório no local, na regional ou sede do Empreendedor, o que for mais próximo da barragem.

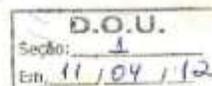
Art. 14. A primeira Inspeção de Segurança Regular das Barragens Fiscalizadas pela ANA deverá ser realizada durante o Primeiro Ciclo de Inspeções de 2012, que se inicia na data de publicação desta Resolução e se encerra no dia 31 de março de 2012.

Art. 15. As Inspeções de Segurança Especial de barragem serão tratadas em resolução específica.

Art. 16. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.


VICENTE ANDREU

Anexo F – Resolução ANA nº 91 de 2012



RESOLUÇÃO Nº 91, 02 DE ABRIL DE 2012

Estabelece a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem e da Revisão Periódica de Segurança da Barragem, conforme art. 8º, 10 e 19 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 – a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.

O DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 63, XVII, do Regimento Interno, aprovado pela Resolução nº 567, de 17 de agosto de 2009, torna público que a DIRETORIA COLEGIADA, em sua 439ª Reunião Ordinária, realizada em 02 de abril de 2012, com fundamentos no art. 8º, 10 e 19 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, tendo em vista o que consta nos processos nº 02501.001700/2011-67 e nº 02501.000338/2012-98, e

Considerando que compete à ANA, no âmbito de suas atribuições, fiscalizar as barragens para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, quando o objeto for acumulação de água, exceto as para fins de aproveitamento hidrelétrico, conforme art. 5º, I, da Lei nº 12.334 de 2010;

Considerando que o Plano de Segurança da Barragem é um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e que cabe ao empreendedor elaborá-lo;

Considerando que cabe ao órgão fiscalizador estabelecer a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem;

Considerando que a Revisão Periódica de Segurança da Barragem é parte integrante do Plano de Segurança da Barragem e que cabe ao órgão fiscalizador estabelecer a periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento;

Considerando que os empreendedores de barragens enquadrados no parágrafo único do art.1º da Lei nº 12.334, de 2010, têm até dia 20 de setembro de 2012 para submeter à aprovação dos órgãos fiscalizadores relatório especificando as ações e o cronograma para implementação do Plano de Segurança da Barragem;

Considerando o resultado da audiência pública nº 003/2011 que colheu subsídios para o aprimoramento desta Resolução, resolve:

Art. 1º A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável e equipe técnica, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem e da Revisão Periódica de Segurança da Barragem são aqueles definidos nesta Resolução.

Art. 2º Para efeito desta Resolução consideram-se:

I - Barragem: qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, ou talvegue, para fins de retenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II - Barragens Fiscalizadas pela ANA: barragens situadas em rios de domínio da União, exceto as destinadas à disposição de resíduos industriais, rejeitos de mineração e as que o uso preponderante seja a geração hidrelétrica;



III - Empreendedor: agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade;

IV - Dano Potencial Associado: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem;

V - Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado: Matriz que consta do anexo I desta Resolução, que relaciona classificação de Categoria Risco e Dano Potencial Associado, com objetivo de estabelecer a abrangência do Plano de Segurança da Barragem e periodicidade da Revisão Periódica de Segurança da Barragem;

VI - Equipe de Segurança da Barragem: conjunto de profissionais responsáveis pelas ações de segurança da barragem, podendo ser composta por profissionais do próprio empreendedor ou contratada especificamente para este fim.

TÍTULO I

DA MATRIZ DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO

Art.3º As Barragens Fiscalizadas pela ANA serão classificadas de acordo com a Matriz de Categoria de Risco e o Dano Potencial Associado, constante no anexo I, nas classes A, B, C, D e E.

Parágrafo Único. A ANA poderá atualizar a classificação das barragens em decorrência da alteração de suas características ou da ocupação do vale a jusante que requeiram a revisão da categoria de Risco ou do Dano Potencial Associado à barragem.

TÍTULO II

DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Capítulo I

DA ESTRUTURA E DO CONTEÚDO MÍNIMO

Art. 4º O Plano de Segurança da Barragem é um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens, de implementação obrigatória pelo Empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança da barragem.

Art. 5º O Plano de Segurança da Barragem deverá ser composto por 5 (cinco) volumes, respectivamente:

- I- Volume I- Informações Gerais;
- II- Volume II - Planos e Procedimentos;
- III- Volume III - Registros e Controles;
- IV- Volume IV - Plano de Ação de Emergência;
- V- Volume V - Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Parágrafo único. O conteúdo mínimo de cada volume está detalhado no anexo II.



Art. 6º A abrangência do Plano de Segurança da Barragem será definida em função da Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado, conforme art. 3º, sendo:

- I- classe A: Volumes I, II, III, IV e V;
- II- classe B: Volumes I, II, III, e V;
- III- classe C: Volumes I, II, III, e V;
- IV- classe D: Volumes I, II, III e V;
- V- classe E: Volumes I, II, III e V.

Parágrafo primeiro. A extensão e detalhamento de cada volume do Plano de Segurança da Barragem deverá ser proporcional à complexidade da barragem e suficiente para garantir as condições adequadas de segurança.

Parágrafo segundo. A ANA poderá determinar a elaboração do Volume IV - Plano de Ação de Emergência, sempre que considerar necessário, independente da classe da barragem.

Capítulo II

DA ELABORAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Art. 7º O Plano de Segurança da Barragem deverá ser elaborado até o início da operação da barragem, a partir de quando deverá estar disponível para utilização pela Equipe de Segurança da Barragem.

Parágrafo único. O Plano de Segurança da Barragem deverá estar disponível no próprio local da barragem e, na inexistência de escritório no local, na regional ou sede do empreendedor, o que for mais próximo da barragem, bem como na sede do Empreendedor.

Art. 8º À medida que ocorrerem as atividades de operação, monitoramento, manutenção, bem como das inspeções regulares e especiais, os respectivos registros devem ser inseridos no Volume III do Plano de Segurança da Barragem.

Art. 9º O Plano de Segurança da Barragem deverá ser atualizado em decorrência das inspeções regulares e especiais e das Revisões Periódicas de Segurança da Barragem, incorporando suas exigências e recomendações.

Parágrafo único. Todas as atualizações a que se refere o *caput* deverão ser anotadas e assinadas em folha de controle de alterações, que deverá fazer parte dos volumes respectivos.

Capítulo III

DA QUALIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Art. 10. O responsável técnico pela elaboração do Plano de Segurança de Barragem deverá ter registro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA, com atribuições profissionais para projeto ou construção ou operação ou manutenção de barragens, compatíveis com as definidas pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA.



TÍTULO III

DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Capítulo I

DA ESTRUTURA E DO CONTEÚDO MÍNIMO

Art. 11. A Revisão Periódica de Segurança de Barragem, parte integrante do Plano de Segurança da Barragem, tem por objetivo verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

Art.12. A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deverá indicar as ações a serem adotadas pelo Empreendedor para a manutenção da segurança, compreendendo, para tanto:

I - o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;

II - o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor;

III - a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente.

Parágrafo único. O conteúdo mínimo da Revisão Periódica de Segurança de Barragem está detalhado no Anexo II.

Art. 13. O produto final da Revisão Periódica de Segurança de Barragem será um relatório que corresponde ao Volume V do Plano de Segurança da Barragem, e deverá indicar a necessidade, quando cabível, de:

I - elaboração ou alteração dos planos de operação, manutenção, instrumentação, testes ou inspeções;

II - dispositivos complementares de descarga;

III - implantação, incremento ou melhoria nos dispositivos e frequências de instrumentação e monitoramento;

IV - obras ou reformas para garantia da estabilidade estrutural da barragem; e

V - outros aspectos relevantes indicados pelo responsável técnico pelo documento.

Parágrafo único. O Resumo Executivo da Revisão Periódica de Segurança da Barragem deverá ser enviado à ANA em até 60 dias após a elaboração do relatório a que se refere o *caput*, juntamente com uma declaração de ciência do representante legal do Empreendedor quanto ao conteúdo do documento.

Capítulo II

DA PERIODICIDADE DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Art. 14. A periodicidade mínima da Revisão Periódica de Segurança de Barragem é definida em função da Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado constante do anexo I, sendo:



- I- classe A: a cada 5 (cinco) anos;
- II- classe B: a cada 5 (cinco) anos;
- III- classe C: a cada 7 (sete) anos;
- IV- classe D a cada 10 (dez) anos;
- V- classe E: a cada 10 (dez) anos.

Capítulo III

DA QUALIFICAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Art. 15. A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deverá ser realizada por equipe multidisciplinar, com competência nas diversas disciplinas que envolvam a segurança da barragem em estudo.

Parágrafo primeiro. A equipe a que se referir o *caput* deverá ser externa ao Empreendedor, contratada para este fim.

Parágrafo segundo. O responsável técnico pela Revisão Periódica de Segurança da Barragem deverá ter registro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA, com atribuições profissionais para projeto ou construção ou operação ou manutenção de barragens, compatíveis com as definidas pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CONFEA.

TÍTULO IV

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 16. Para atendimento dos requisitos do art.19 da Lei nº-12.334, de 2010, os Empreendedores deverão apresentar para a ANA, até 20 de setembro de 2012, o Relatório de Implantação do Plano de Segurança da Barragem, contendo:

- I- Formulário constante do anexo IV preenchido;
- II- cronograma de implantação do Plano de Segurança da Barragem, respeitando os prazos para realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Parágrafo primeiro. O cronograma deverá ter como data inicial 1º de outubro de 2012.

Parágrafo segundo. O Relatório de Implantação do Plano de Segurança da Barragem deverá ser enviado à ANA por via postal ou preenchido diretamente no endereço eletrônico da ANA na *internet* por meio de formulário eletrônico a ser disponibilizado a partir de 2 de maio de 2012.

Parágrafo terceiro. Durante a avaliação do Relatório de Implantação do Plano de Segurança da Barragem, a ANA poderá requerer do Empreendedor alteração da sequência de realização das revisões de segurança das barragens, em função da Categoria de Risco e do Dano Potencial Associado.

Parágrafo quarto. Após o recebimento dos relatórios de que trata o *caput*, a ANA se manifestará em até um (um) ano sobre seus conteúdos.



Art. 17. No período compreendido entre 20 de setembro de 2012 e o prazo final aprovado pela ANA para sua conclusão, o Plano de Segurança das Barragens construídas até aquela data deverá ser composto, no mínimo:

I - do formulário a que se refere o anexo IV a esta resolução, preenchido; e

II - dos registros que compõem o Volume III do Plano de Segurança da Barragem, conforme o Art.8º desta Resolução.

Art. 18. O prazo limite para realização das revisões periódicas de segurança das barragens cuja operação tenha iniciado até 20 de setembro de 2012 será função do número de barragens do Empreendedor e deverá respeitar os prazos totais e intermediários definidos no anexo III.

Parágrafo primeiro. Para fins de contabilização do número de barragens por Empreendedor considerar-se-á todas as suas barragens, independente do tipo, porte e domínio do corpo d'água barrado.

Parágrafo segundo. A sequência proposta de realização das revisões periódicas de segurança das barragens para os empreendedores que possuam mais de uma barragem deverá ser determinada em ordem decrescente de volume dos respectivos reservatórios.

Parágrafo terceiro. A elaboração do Plano de Segurança da Barragem deverá ser concluída em até um ano após a primeira Revisão Periódica de Segurança de Barragem, a que se refere o *caput*.

Art. 19. A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência serão tratados em resolução específica.

Art. 20. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará o infrator às penalidades previstas no artigo 50 da Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.

Art. 21. Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação.


VICENTE ANDREU



ANEXO I- Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado:

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	A	C	D
BAIXO	A	C	E



ANEXO II- Estrutura e Conteúdo Mínimo do Plano de Segurança da Barragem

VOLUMES	CONTEUDO MÍNIMO	OBSERVAÇÕES
Volume I – Tomo I Informações Gerais e Declaração de Classificação da Barragem quanto ao Risco e Dano Potencial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificação do Empreendedor; 2. Caracterização do empreendimento; 3. Características técnicas do Projeto e da Construção; 4. Indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes; 5. Estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem. 6. Quando for o caso, indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório. 7. Declaração da classificação da barragem quanto à categoria de risco e dano potencial; 8. Formulário constante do Anexo IV preenchido 	
Volume I – Tomo 2 Documentação técnica do Empreendimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Projetos (básico e/ou executivo) 2. <i>Projeto como construído (As built)</i>; 3. Manuais dos Equipamentos; 4. Licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais. 	
Volume II Planos e Procedimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plano de operação, incluindo, mas não se limitando, a <ol style="list-style-type: none"> a. regra operacional dos dispositivos de descarga; b. procedimentos para atendimento às regras operacionais definidas pelo Empreendedor ou por entidade responsável, quando for o caso. 2. Planejamento das manutenções; 3. Plano de monitoramento e instrumentação; 4. Planejamento das inspeções de segurança da barragem; e 5. Cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos. 	<ol style="list-style-type: none"> i. Para barragens Classe D e E, somente o item I será obrigatório para o Volume II. ii. A frequência mínima de inspeções de segurança regulares de barragens é definida em regulamento específico emitido pela ANA e deverá estar contemplada no Plano de Segurança da Barragem.
Volume III Registros e Controles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registros de Operação; 2. Registros da Manutenção; 3. Registros de Monitoramento e Instrumentação; 4. Fichas e relatórios de Inspeções de Segurança de Barragens; e 5. Registros dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos. 	O conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos relatórios de inspeções de segurança regulares de barragens são definidos em regulamento específico emitido pela ANA e deverão estar contemplados no Plano de Segurança da Barragem
Volume IV Plano de Ação de Emergência- PAE		O conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência serão tratados em regulamento específico.
Volume V Tomo I Revisão Periódica de Segurança da Barragem	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resultado de inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas; 2. Reavaliação do projeto existente, de acordo com os critérios de projeto aplicáveis à época da revisão. 3. Reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado; 	2. A reavaliação do projeto existente deve englobar, dentre os elementos dispostos abaixo, aqueles que possam ter sofrido alteração desde a revisão periódica anterior, em virtude de alterações de critérios de projeto, de atualização de séries hidrológicas, do resultado da inspeção detalhada ou da ocorrência de eventos

	<ol style="list-style-type: none"> 4. Atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de descarga existentes. 5. Reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento; 6. Reavaliação do Plano de Ação de Emergência-PAE, quando for o caso; 7. Revisão dos relatórios das revisões periódicas de segurança de barragem de anteriores; 8. Relatório Final do estudo. 	<p>extremos:</p> <ol style="list-style-type: none"> i.Registros de construção, para determinar se a barragem foi construída em conformidade com as hipóteses de projeto e verificar a adequabilidade da sua estrutura e dos materiais de fundação. ii.Avaliação da 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; iii.Avaliação da 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; iv.Verificação do 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. v.Avaliação do comportamento da barragem frente a eventos extremos (sismos e cheias), considerando os eventos ocorridos a partir da construção da barragem. vi.Verificação da 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.
<p>Volume V Tomo 2 Resumo Executivo</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificação da barragem e empreendedor; 2. Identificação do autor do trabalho; 3. Período de realização do trabalho; 4. Listagem dos estudos realizados; 5. Conclusões; 6. Recomendações; 7. Plano de ação de melhoria e cronograma de implantação das ações indicadas no trabalho. 	



ANEXO III- Cronograma com datas limite de realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Nº DE BARRAGENS POR EMPREENDEDOR	PRAZOS PARA ELABORAÇÃO DAS REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGEM (contados a partir de 20 de setembro de 2012)	
	PRAZOS INTERMEDIÁRIOS	PRAZO LIMITE
1 barragem	-	1 ano
2 barragens	-	2 anos
3 a 5 barragens	3 barragens em até 2 anos	5 anos
6 a 10	4 barragens em até 3 anos	7 anos
11 a 20	6 barragens em até 3 anos	10 anos
Mais que 20	7 barragens em até 4 anos	12 anos



ANEXO IV- Formulário Técnico da Barragem

I. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	
Empreendedor nome:	
Empreendedor CPF/CNPJ:	
Figura Jurídica:	
<input type="checkbox"/> Pessoa Física	
<input type="checkbox"/> Empresa Privada	
<input type="checkbox"/> Empresa Pública	
<input type="checkbox"/> Sociedade de economia	
<input type="checkbox"/> Autarquia	
<input type="checkbox"/> Administração direta	
<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Endereço:	
Telefone:	E-mail:
Quantidade total de barragens de propriedade do empreendedor (independente do tipo, porte e domínio do corpo d'água barrado):	

II. RESPONSÁVEL LEGAL:	
Nome:	
Cargo:	
Telefone:	E-mail:

III. IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM	
Nome do barramento ou aproveitamento objeto do Relatório:	
Latitude:	Município:
Longitude:	UF:
Datum:	
Curso d'água barrado:	
Ano de conclusão da obra:	
Construtor:	



Projetista: _____

IV. DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO		
Tem Relatório de Estudos Hidrológicos?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem Relatório de Projeto do dimensionamento hidráulico?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem Relatório do Projeto Estrutural?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem Relatório de Como Construído (<i>as built</i>) ?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem curva cota x área x volume?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem manuais de instrução dos equipamentos hidromecânicos?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem manuais de procedimentos de operação?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem manuais de procedimentos de manutenção?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Há regra de operação do reservatório estabelecida?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Há procedimento escrito de teste das comportas do vertedouro?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Há procedimento escrito de teste das comportas da tomada d'água?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não

V. USOS DA BARRAGEM		
<input type="checkbox"/> Regularização de vazões	<input type="checkbox"/> Navegação	
<input type="checkbox"/> Combate às secas	<input type="checkbox"/> Contenção de Rejeitos	
<input type="checkbox"/> Defesa contra inundações	<input type="checkbox"/> Recreação	
<input type="checkbox"/> Hidrelétrica	<input type="checkbox"/> Abastecimento de água	
<input type="checkbox"/> Irrigação	<input type="checkbox"/> Piscicultura	
<input type="checkbox"/> Proteção do meio ambiente	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Tem geração de energia?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Potência instalada (MW):	_____ (MW)	



VI. DADOS TÉCNICOS DA BARRAGEM	
Altura do maciço principal (m):	Largura do coroamento (m):
Extensão do coroamento da barragem principal (m):	Cota do coroamento da barragem principal (m):
Capacidade do reservatório (hm ³):	
Tipo da Barragem Principal:	
<input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Terra
<input type="checkbox"/> Barragem de Concreto Ciclóptico	<input type="checkbox"/> Aterro Barragem
<input type="checkbox"/> Barragem de Concreto Compactado a Rolo	<input type="checkbox"/> Barragem de Enrocamento
<input type="checkbox"/> Barragem Vertedoura	<input type="checkbox"/> Barragem de Terra/Enrocamento
<input type="checkbox"/> Barragem de Gravidade Vertedoura	<input type="checkbox"/> Barragem de Terra Homogênea
<input type="checkbox"/> Barragem Submersível	<input type="checkbox"/> Barragem de Terra Zoneada
<input type="checkbox"/> Alvenaria	<input type="checkbox"/> Outro: _____
Condições de fundação:	
<input type="checkbox"/> Rocha Sã	<input type="checkbox"/> Solo Argiloso
<input type="checkbox"/> Rocha Alterada	<input type="checkbox"/> Solo Argiloso Tratado
<input type="checkbox"/> Solo Residual	<input type="checkbox"/> Solo Pemeável
<input type="checkbox"/> Outro: _____	<input type="checkbox"/> Aluvião
Estrutura extravasora principal:	
Vertedouro (sangradouro) – Tipo:	
Vertedouro (sangradouro) com controle:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Vertedouro (sangradouro) com controle – número de comportas:	
Tipo de Acionamento das comportas:	<input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Automático
Largura total do vertedouro (sangradouro) - (m):	
Vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) - (m ³ /s):	
Tempo de retorno da vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) - (anos):	
Cota do nível d'água máximo maximum - (m):	Cota da soleira do vertedouro (sangradouro) - (m):



Estruturas extravasoras complementares:		
Tem vertedouro (sangradouro) auxiliar	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tipo de vertedouro (sangradouro) Auxiliar:		
Há descarregador de fundo	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Descarregador de fundo - tipo:		
Descarregador de fundo – diâmetro:		
Descarregador de fundo com acionamento automático	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Descarregador de fundo com possibilidade de acionamento manual	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) complementar - (m ³ /s):		
Tempo de retorno da vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) complementar - (anos):		
Tomada d'água – tipo:		
Tomada d'água – diâmetro (m):		
Tomada d'água com acionamento automático das comportas	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tomada d'água com possibilidade de acionamento manual das comportas	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tomada d'água		
Sistema de Drenagem:		
<input type="checkbox"/> Filtração moderna		
<input type="checkbox"/> Drenos horizontais e verticais		
<input type="checkbox"/> Aterro homogêneo resistente ao piping		
<input type="checkbox"/> Poços de alívio		
<input type="checkbox"/> Drenos de pé		
<input type="checkbox"/> Sem controle de drenagem interna		
<input type="checkbox"/> outro, descrever:		
<input type="checkbox"/> Meio fio e drenagem de superfície		



VII. GESTÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM			
Tem equipe Técnica de Segurança de Barragens constituída:		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Responsável Técnico – Nome/CREA N°:			
Qualificação profissional da Equipe Técnica de Segurança de Barragens (Escolaridade/Formação de cada integrante):			
Nome do Integrante:		Escolaridade/Formação:	
Instrumentação:		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<input type="checkbox"/> Piezômetros	<input type="checkbox"/> Medidor de Junta		
<input type="checkbox"/> Inclínômetros	<input type="checkbox"/> Extensômetro de Fundação		
<input type="checkbox"/> Medidor de Vazão	<input type="checkbox"/> outros, descrever:		
Frequência de leitura da instrumentação:			
<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Mensal		
<input type="checkbox"/> Semanal	<input type="checkbox"/> Automática com transmissão		
<input type="checkbox"/> Outros:	<input type="checkbox"/> Sem leitura		
Manutenção			
Material para manutenção disponível:		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Serviços de manutenção	<input type="checkbox"/> Próprio	<input type="checkbox"/> Terceirizado	<input type="checkbox"/> Não dispõe
Tipo de Manutenção realizada:	<input type="checkbox"/> Preventiva	<input type="checkbox"/> Corretiva	
	<input type="checkbox"/> Preditiva	<input type="checkbox"/> Não realiza manutenção	
Inspecões:			
Frequência de inspecões regulares:	<input type="checkbox"/> Trimestral	<input type="checkbox"/> Semestral	<input type="checkbox"/> Outros:
	<input type="checkbox"/> Anual	<input type="checkbox"/> Bianual	
Data da última inspecão especial: :	<input type="checkbox"/> Nunca realizada		
Revisão Periódica de Segurança:			



Data da revisão mais recente: <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> Nunca realizada		
Plano de Ação de Emergência		
Tem plano de ação de emergência (PAE) ou de contingência (data da última atualização)?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
	Data: ____/____/____	
Se sim, indicar nome e telefone da primeira pessoa, externa ao empreendedor, a ser informada em caso de emergência:		
Nome:		
Instituição:		
Telefone:		



VIII. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES		
Tem vigia:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem operador (24 horas):	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem equipe fixa de operação da barragem ou equipe volante:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Possui escritório no local da barragem:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Possui edificação de apoio no local da barragem (área construída):	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Tem monitoramento de níveis d'água – Tipo: _____	<input type="checkbox"/> Sim Tipo: _____	<input type="checkbox"/> Não
Há histórico de acidente anterior?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Quando?		
Ano da última reforma/reconstrução:		
Distância a jusante de unidades habitacionais e equipamentos urbanos e comunitários (km):		
Tipo de edificações, equipamentos urbanos e estruturas em até 25 km a jusante da barragem:		
<input type="checkbox"/> Habitações	<input type="checkbox"/> áreas agrícolas	
<input type="checkbox"/> Escolas	<input type="checkbox"/> edifícios públicos	
<input type="checkbox"/> Hospitais	<input type="checkbox"/> rodovias estaduais	
<input type="checkbox"/> Indústrias	<input type="checkbox"/> rodovias federais	
<input type="checkbox"/> Outro barramento. Nome: _____	<input type="checkbox"/> Ponte	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Outras informações relevantes:



CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

	Data do Início	Data do Final
Barragem [nome da Barragem]		
Volume V - Revisão Periódica		
Demais volumes do Plano		

Instruções:

- 1 – O cronograma deverá ter como início a data de outubro de 2012.
- 2 – O cronograma deve respeitar as metas estabelecidas no anexo III da resolução.
- 3 – Caso o empreendedor tenha mais de uma barragem, a sequência de realização das revisões periódicas das barragens deverá obedecer à ordem decrescente de volume dos respectivos reservatórios.



Anexo G – Projeto de Lei nº 436 de 2007

PROJETO DE LEI Nº , DE 2007
(Da Sra. Elcione Barbalho)

Torna obrigatória a contratação de seguro contra o rompimento de barragens.

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º Esta Lei torna obrigatória a contratação de seguro contra o rompimento de barragens de cursos de água, para cobertura de danos físicos, inclusive morte, e prejuízos materiais às pessoas físicas e jurídicas domiciliadas nas respectivas jusantes.

Parágrafo único. Esta Lei aplica-se:

I - às barragens de cursos de água, em todo o território nacional, cujo rompimento possa provocar a inundação de áreas urbanas ou rurais habitadas ou utilizadas para quaisquer fins de natureza econômica, inclusive de subsistência;

II - às barragens destinadas à contenção de rejeitos industriais e de esgotos sanitários, cujo rompimento possa provocar poluição ou contaminação de cursos de água, do solo e de aquíferos subterrâneos.

Art. 2º É obrigatório que todas as barragens de cursos de água para quaisquer fins e que se enquadrem no parágrafo único do art. 1º tenham cobertura de seguro contra rompimento, com previsão de indenização de danos físicos, inclusive morte, e prejuízos materiais às pessoas físicas e jurídicas domiciliadas nas respectivas jusantes.



§ 1º O disposto no *caput* aplica-se tanto às barragens cujos proprietários tenham natureza jurídica pública quanto privada.

§ 2º A cobertura do seguro deve incluir o período de implantação da barragem.

Art. 3º A ausência do seguro a que se refere o art. 2º constitui infração ambiental, sujeitando-se os representantes legais dos proprietários das barragens aos termos dos artigos 68, 70 e 72 da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

Art. 4º O Poder Executivo estabelecerá os regulamentos necessários à aplicação da presente Lei.

Art. 5º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação oficial.

JUSTIFICAÇÃO

Têm ocorrido, nos últimos anos, vários rompimentos de barragens, entre os quais destacam-se os casos de Camará, no município de Alagoa Grande, na Paraíba, em junho deste ano, e o da barragem de rejeitos da Indústria Cataguazes de Papel, em Minas Gerais, em abril de 2003.

Na Paraíba, os 27 milhões de metros cúbicos de água que escaparam da barragem de Camará inundaram áreas urbanas e rurais de três municípios, arrastando pessoas, veículos e animais. Do acidente resultaram pelo menos sete pessoas mortas, milhares de desabrigados e um enorme prejuízo material, ainda não totalmente contabilizado.

Em Minas Gerais, além da inundação, a lama que escapou da barragem continha produtos tóxicos, que contaminou pastagens e plantações e, ao atingir o rio Paraíba do Sul, por meios de seus afluentes, obrigou a suspensão do abastecimento de água de várias cidades, entre as quais Campos, uma das mais importantes do Estado do Rio de Janeiro.

Apesar de serem, via de regra, resultantes de erros técnicos de projeto ou de execução ou de deficiências de manutenção, que podem



946327E946

caracterizar perfeitamente seus responsáveis, os quais estão sujeitos às penalidades previstas nos Códigos Civil e Penal, em geral os efeitos devastadores dos rompimentos de barragens acabam sendo arcados pela parte mais fraca, que é a população atingida.

Os levantamentos de responsabilidades e as indenizações acabam se perdendo no cipoal de burocracias e procrastinações dos processos judiciais e as vítimas acabam deixadas à própria sorte.

É esta situação que nos leva a propor, por meio do presente projeto de lei, a obrigatoriedade de que toda barragem cujo rompimento possa causar danos físicos ou materiais às populações e à economia instaladas à sua jusante, tenha apólice de seguro capaz de cobrir esses danos.

A contratação de seguro traz uma série de vantagens adicionais, além da maior facilidade de indenização. As companhias seguradoras irão atuar como auditoras e fiscais, vigiando para que os projetos sejam elaborados e as obras sejam executadas de acordo com a técnica adequada e a manutenção das barragens seja efetivamente realizada.

Como os prêmios de seguros são avaliados de acordo com o risco, os custos serão tão menores quanto maior for a segurança das barragens seguradas, o que incentivará que obras cada vez mais sólidas e bem mantidas sejam uma rotina em nosso País.

Isto posto, contamos com o apoio dos ilustres colegas Parlamentares para o aperfeiçoamento e aprovação desta nossa iniciativa.

Sala das Sessões, em de de 2007.

Deputada **Elcione Barbalho**



Anexo H – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da FCM - UNICAMP

FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (ISB)

Pesquisador: LAURA MARIA CANNO FERREIRA FAIS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 18723413.6.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 342.194

Data da Relatoria: 23/07/2013

Apresentação do Projeto:

Devido à grande preocupação com as condições de segurança de estruturas associadas a um alto potencial de dano, notadamente as barragens para múltiplas finalidades, foi desenvolvido o Índice de Segurança de Barragens, ISB, um parâmetro que visa reduzir a subjetividade na análise da segurança de barragens e que é composto por vários critérios técnicos relacionados à segurança dos barramentos para os quais são atribuídas notas por diversos profissionais da área e, através de um tratamento estatístico, compõem um índice global que indica o estado de segurança de uma barragem. Sendo assim, o Índice de Segurança de Barragens constitui uma importante ferramenta para o gestor da estrutura, órgãos governamentais, agências de fiscalização e uma proteção a mais para a sociedade como um todo.

Objetivo da Pesquisa:

A partir de consulta a profissionais da área, obter dados sobre parâmetros para avaliar segurança de barragens.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Para a realização da pesquisa junto aos entrevistados não haverá necessidade de local específico (o entrevistado somente responderá a pesquisa pela internet), bem como a utilização de equipamentos ou materiais que necessitem de tratamento especial para seu uso e descarte

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br

Continuação do Parecer: 342.194

adequado.

Além disso, não haverá riscos previsíveis diretos previsto para o entrevistado (não haverá ingestão ou manipulação de qualquer tipo de substância, material ou equipamento que possa causar esse risco), bem como para o responsável pela pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de pesquisa realizada através da internet, o que facilita aos pesquisadores alcançarem um elevado número de respostas aos questionários. O objetivo é alcançar uma participação de 200 sujeitos respondendo aos questionários.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A folha de rosto assinada pelo chefe de departamento e pela pesquisadora foi incluída nos documentos apresentados, bem como o TCLE, devidamente escrito para esclarecer o sujeito sobre os objetivos da pesquisa e procedimentos para sua realização. A pesquisadora identifica-se logo no início do documento. Foram seguidos os termos da Resolução 466-2012, CNS/MS, que regulariza as normas para pesquisa com seres humanos, no Brasil.

Recomendações:

Ao pesquisador cabe desenvolver o projeto conforme delineado, elaborar e apresentar os relatórios parciais e final, bem como encaminhar os resultados para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico participante do projeto (resolução 466/2012 CNS/MS).

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Em reunião do colegiado realizada em 23 de julho foi feita a análise do projeto e considerado aprovado.