



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA-UFBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS:
ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS**

SAMANDA MENÊSES PORTELA DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE FICHAS DE
INSPEÇÃO VISUAL ENTRE O BRASIL E OUTROS PAÍSES:
PERSPECTIVA DA PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM
BARRAGENS.**

Salvador, BA
2019



SAMANDA MENÊSES PORTELA DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE FICHAS DE
INSPEÇÃO VISUAL ENTRE O BRASIL E OUTROS PAÍSES:
PERSPECTIVA DA PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM
BARRAGENS.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Especialista em Segurança de Barragens.

Orientador: Professor Esp. Ruben José Ramos Cardia

Salvador, BA
2019



SAMANDA MENÊSES PORTELA DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE FICHAS DE
INSPEÇÃO VISUAL ENTRE O BRASIL E OUTROS PAÍSES:
PERSPECTIVA DA PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM
BARRAGENS.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de ESPECIALISTA EM SEGURANÇA DE BARRAGENS, da Universidade Federal da Bahia.

Aprovada em 30 de janeiro de 2019.

Banca Examinadora:

Prof. Esp. Ruben José Ramos Cardia _____
Especialista em Segurança de Barragens (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Henrique Medeiros _____
Doutorado em Geotechnical Engineering. University of Newcastle Upon Tyne, Inglaterra.
Ex titular da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Prof. Me. Luís Edmundo Prado Campos _____
Mestrado em Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil.
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Salvador,
2019



Dedico este trabalho as pessoas que contribuíram em informações e documentações para o desenvolvimento e melhoria das fichas de inspeções regulares nos órgãos ambientais.



AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família (pais; irmãs e namorado) pelo apoio de sempre e dando forças para continuidade dos estudos profissionais.

Agradeço ao Prof. Ruben José Ramos Cardia, orientador desta monografia, que me auxiliou nos aprendizados e esteve presente em todos os momentos que necessitava para a construção deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Luís Edmundo Prado Campos, professor do curso e participante da banca de aprovação, que contribuiu nos aprendizados e alterações pertinentes no trabalho.

Agradeço à geóloga Adele Cabral que contribuiu para o andamento da monografia tirando dúvidas da área.

Agradeço à professora Alzira Mota de metodologia que contribuiu para sanar as dúvidas metodológicas de monografia e discussões de melhoramento da mesma.

Agradeço à colega Cristiane Cortizo que contribuiu para sanar as dúvidas sobre a área e fornecer ricas discussões sobre a área de segurança de barragens.

Agradeço ao engenheiro Noboru Minei pela resposta do DAAE-SP da solicitação para a realização do trabalho.

Agradeço ao Fernando Setembrino Meirelles da Secretária de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA/RS) que deu a devida atenção à solicitação e contribuiu no envio da ficha de inspeção que é utilizada no órgão fiscalizador do estado e de outros materiais que auxiliaram na construção da monografia.

Agradeço ao engenheiro Eduardo Ribeiro da Silva da Agência Portuguesa do Ambiente – APA, pelo envio das fichas de inspeção utilizadas em Portugal.

Agradeço à Ouvidoria Geral dos estados pelo retorno das solicitações de informações, para o desenvolvimento do trabalho.



“O homem nada pode aprender senão em
virtude daquilo que já sabe”.

Aristóteles.



LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Registros de barragens por década | 19 |
| Figura 2 | Registros de barragens no brasil | 20 |
| Figura 3 | Fluxos de tensões em relação ao peso e pressão hidrostática | 23 |
| Figura 4 | Barragem de contrafortes | 24 |
| Figura 5 | Tipos de anomalias mais frequentes | 41 |
| Figura 6 | Categoria de risco e dano associado | 42 |
| Figura 7 | Modelo de inspeção de barragem de terra da ana | 49 |
| Figura 8 | Item A “infraestrutura operacional | 49 |
| Figura 9 | Subitem 7. Deficiência no poço de alívio | 50 |
| Figura 10 | Item 11. Gado pastando | 51 |
| Figura 11 | Item G. Galeria | 51 |
| Figura 12 | Item H. Estrutura de saída | 52 |
| Figura 13 | Item H | 52 |
| Figura 14 | Ficha de inspeção para estruturas de geração hidroelétrica | 53 |



LISTA DE QUADROS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Quadro 1 | Principais acidentes/incidentes ocorridos durante a formulação da Lei nº 12.344/2010 | 21 |
| Quadro 2 | Solicitação pelo site dos órgãos fiscalizadores, e-mails e celular | 45 |
| Quadro 3 | Solicitação pelo e-Sic para os órgãos fiscalizadores dos estados. | 46 |
| Quadro 4 | Fichas de inspeção visual de Portugal | 55 |



LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabela 1 | Registros dos tipos de acidentes em barragens | 21 |
| Tabela 2 | Principais acidentes ocorridos no Brasil que são famosos | 22 |



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANA** – Agência Nacional de Águas
APA – Agência Portuguesa do Ambiente
CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens
CIGB – Comissão Internacional de Grandes Barragens
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra Seca
ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras
FEMA – Federal Emergency Management Agency
ICODS – Interagency Committee on Dam Safety
ICOLD – International Committee on Large Dams
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NDSP – National Dams Safety Program
O&M – Operação e Manutenção
PAE – Plano de Ação de Emergência
PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragem
RSB – Regulamento de Segurança de Barragens



RESUMO

Um fato indiscutível é que as barragens têm sido implantadas em todo o território brasileiro como uma alternativa de suprir o atendimento das demandas: energéticas, de dessedentação e abastecimento humano existentes nas bacias hidrográficas e dos usuários (principalmente, urbanos), cabendo ao órgão fiscalizador realizar uma inspeção regular para avaliação das barragens. Mesmo sabendo que na fase de concepção, projeto e construção os controles sejam executados de uma forma adequada, sempre haverá incertezas atribuídas que deverão ser controladas por meio de um acompanhamento da avaliação e de desempenho das estruturas. Principalmente, devido à heterogeneidade e incertezas dos parâmetros dos materiais (fundação e de construção). Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa e crítica dos modelos de fichas de inspeção visual regular no Brasil, apresentando as características e conceitos fundamentais para o avanço das inspeções visuais regulares na prevenção de acidentes em barragens, considerando a gestão da segurança de barragem adotado em Portugal. Espera-se que as comparações e críticas desse trabalho possam contribuir e fornecer subsídios para uma melhoria da segurança da barragem, visando um avanço das inspeções visuais regulares no Brasil e, ao mesmo tempo, colaborar com a gestão de segurança de barragem relativas às questões que serão abordadas.

Palavras Chave: Barragem; Inspeção Visual Regular; Gestão da Segurança.



ABSTRACT

An indisputable fact is that the dams have been deployed throughout Brazil as an alternative to meet the demands: energy, water supply and human supply existing in the basins and users (mainly, urban), and it is up to the inspection body to perform a regular inspection to evaluate the dams. Even though at the design, design and construction stage the controls are executed in an appropriate way, there will always be assigned uncertainties that must be controlled by monitoring the evaluation and performance of the structures. Mainly due to the heterogeneity and uncertainties of the parameters of the materials (foundation and construction). This work aims to perform a comparative and critical analysis of the models of regular visual inspection chips in Brazil, presenting the fundamental characteristics and concepts for the advancement of regular visual inspections in the prevention of dam accidents, considering the dam safety management adopted in Portugal. It is hoped that the comparisons and critiques of this work can contribute and provide subsidies for an improvement of the safety of the dam, aiming at an advance of the regular visual inspections in Brazil and, at the same time, collaborate with the safety management of dam related to the issues that will be addressed.

Keywords: Dam; Regular Visual Inspection; Safety Management.



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 16 |
| 1. CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 1.1 PANORAMA GERAL DAS BARRAGENS NO BRASIL | 19 |
| 1.1.1 Classificação por tipo de material e estrutura de barragem | 22 |
| 1.1.1.1 Barragem de Concreto Gravidade | 22 |
| 1.1.1.2 Barragem de Concreto Estrutural e Contrafortes | 23 |
| 1.1.1.3 Barragem em Arco | 24 |
| 1.1.1.4 Barragem de Terra | 24 |
| 1.1.1.5 Barragem em Aterro Hidráulico | 25 |
| 1.1.1.6 Barragem de Enrocamento | 25 |
| 1.2 SEGURANÇA DE BARRAGEM | 26 |
| 1.3 BASE LEGAL | 28 |
| 1.3.1 Lei Federal nº 12.334/2010 | 28 |
| 1.3.2 Resolução Normativa nº 236/2017 ANA | 29 |
| 1.4 INSPEÇÕES DE SEGURANÇA REGULARES | 31 |
| 1.4.1 Inspeções no âmbito internacional | 31 |
| 1.4.1.1 Inspeções nos Estados Unidos | 31 |
| 1.4.1.2 Inspeções na Espanha | 36 |
| 1.4.1.3 Inspeções em Portugal | 38 |
| 1.4.2 Inspeções no Brasil | 39 |
| 2. CAPÍTULO II - METODOLOGIA | 43 |
| 2.1 LEVANTAMENTOS DAS INFORMAÇÕES | 44 |
| 2.2 OBTENÇÃO DOS MODELOS DE FICHAS DE INSPEÇÕES | 44 |



SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 3. CAPÍTULO III- RESULTADOS E DISCUSSÃO | 46 |
| 3.1 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS PRESENTES NOS MODELOS DE FICHAS ADOTADOS PELOS ÓRGÃOS FISCALIZADORES NAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA NA BARRAGEM | 46 |
| 3.2 COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE FICHAS DOS ÓRGÃOS FISCALIZADORES NO BRASIL..... | 47 |
| 3.2.1 Modelo adotado em Brasília..... | 48 |
| 3.2.1.1 Ficha para inspeção de barragem de concreto..... | 48 |
| 3.2.1.2 Ficha para inspeção de barragem de terra..... | 48 |
| 3.2.1.3 Ficha para inspeção de aproveitamento elétrico..... | 53 |
| 3.2.2 Modelo adotado em Portugal..... | 54 |
| 4. CAPÍTULO IV- CONSIDERAÇÕES FINAIS | 59 |
| REFERÊNCIAS | 61 |

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos poucos países que possui em seu território uma expressiva disponibilidade hídrica que permite que o uso desses recursos garanta os atendimentos dos usos múltiplos: produção de energia elétrica, abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, controle de cheias, dentre outros. Mas, mesmo apresentando esta disponibilidade hídrica expressiva, o país apresenta variações climatológicas que ocasionam escassez de água em algumas regiões do país.

Para tanto, a fim de sanar essa carência de água, inúmeras barragens foram construídas baseando-se nos atendimentos e benefícios que estas oferecem para a população. Do mesmo modo que elas são benéficas para algumas regiões e seus usuários, existem incertezas que estão associadas à segurança em relação aos eventos adversos que podem ocorrer.

Tais incertezas estão relacionadas aos fatores que podem decorrer através de erros de projetos, como também a ausência de manutenção adequada às barragens à precária ação de órgãos fiscalizadores. Estes tem uma participação essencial na gestão dos recursos hídricos para a segurança das barragens, das condições ambientais e das comunidades que vivem no entorno e, principalmente, a jusante delas.

No entanto, inicialmente as condições técnicas adequadas na realização de uma inspeção visual regular devem existir permitindo que a avaliação da segurança da barragem ocorra. Com isso, será possibilitada uma garantia de segurança para a sociedade contra os riscos das ameaças e/ou perigos potenciais, de catástrofes, que as barragens podem ocasionar por algum acidente ou incidente.

Um fato indiscutível é que as barragens têm sido implantadas em todo o território brasileiro como uma alternativa de suprir o atendimento das demandas energéticas, dessedentação e abastecimento humano existentes nas bacias hidrográficas, cabendo ao órgão fiscalizador realizar uma inspeção regular para avaliação das barragens. Mesmo sabendo que na fase de concepção, projeto e construção os controles sejam executados de uma forma adequada, sempre haverá incertezas atribuídas que deverão ser



controladas por meio de um acompanhamento da avaliação e de desempenho das estruturas. Principalmente, devido à heterogeneidade e incertezas dos parâmetros dos materiais (fundação e de construção).

Um acompanhamento da avaliação e de desempenho das estruturas ocorre, justamente, para garantir que haja a adequada segurança da barragem, avaliando as condições associadas à integridade estrutural e operacional, para que uma vez identificados os problemas, sejam realizados os reparos em tempo hábil.

Desta forma, o Manual de Segurança e Inspeções de Barragem (PROÁGUA, 2002) e o Guia do Empreendedor (ANA, 2015) são utilizados como referências para os órgãos fiscalizadores brasileiros na realização de uma inspeção visual regular genérica visando à segurança da barragem. Por outro lado, alguns países também já desenvolvem ferramentas que possibilitam uma inspeção visual regular mais consolidada, visando atender as necessidades dos órgãos fiscalizadores.

Diante disso, este trabalho se justifica mediante as possibilidades de imprecisões, a partir das análises comparativas e críticas, nos modelos de fichas de inspeção visual adotados em outros países, visando uma melhoria nas condições de segurança de barragem pelos órgãos fiscalizadores. Com base nessa discussão, este trabalho pretende responder as seguintes perguntas:

- O modelo de ficha de inspeção visual regular adotado pelos órgãos fiscalizadores no Brasil apresentam características suficientes para a verificação das condições de segurança da barragem?
- Existe alguma diferença de técnicas de elaboração de modelos de fichas de inspeções visuais regulares entre o Brasil e os outros países?

Assim, as hipóteses deste trabalho são que o modelo de ficha de inspeção visual regular adotado no Brasil possuem características suficientes para que sejam verificadas as condições de segurança da barragem. No entanto, em comparação as técnicas de elaboração dos outros países, a ficha de inspeção visual do Brasil não possibilita que os profissionais dos órgãos fiscalizadores tenham liberdade de detectar à anomalia *in situ* na



barragem e que possam realizar maiores descrições das mesmas na própria ficha.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo geral de realizar uma análise comparativa e crítica dos modelos de fichas de inspeção visual regular no Brasil e de outros países, apresentando as características e conceitos fundamentais para o avanço das inspeções visuais regulares na prevenção de acidentes em barragens.

Espera-se que as comparações e críticas desse trabalho possam contribuir e fornecer subsídios para uma melhoria da segurança da barragem, visando um avanço das inspeções visuais regulares no Brasil e, ao mesmo tempo, colaborar com a gestão de segurança de barragem relativas às questões que serão abordadas.

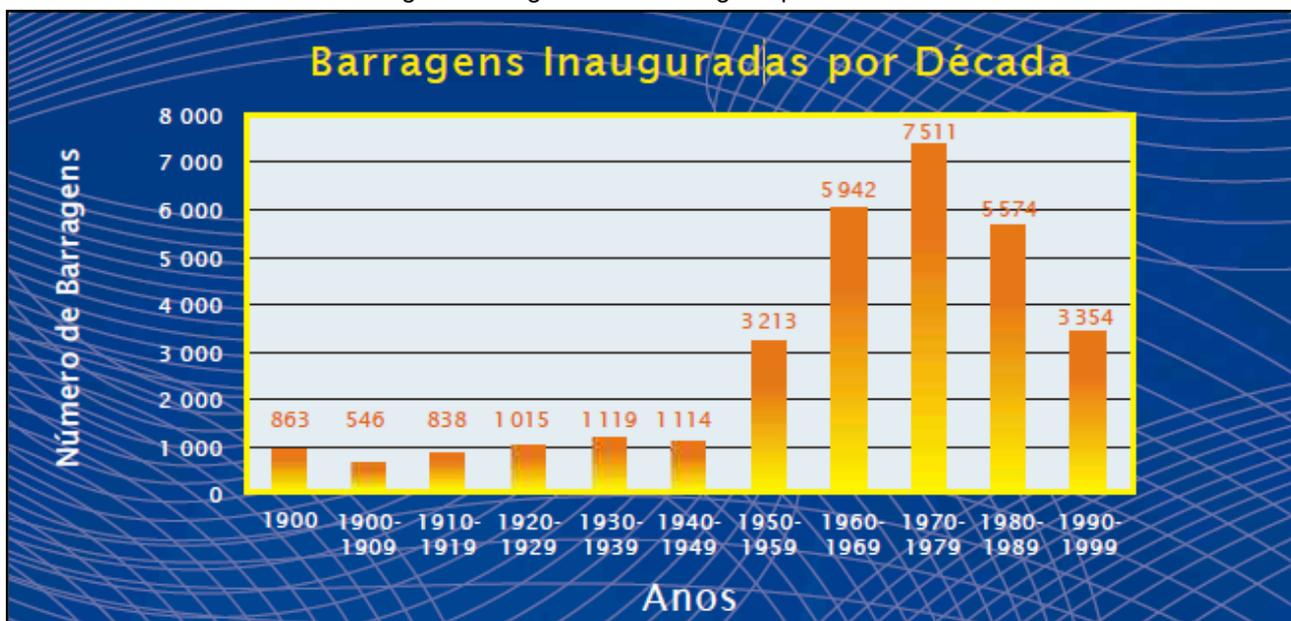
1. CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

1.1. PANORAMA GERAL DAS BARRAGENS NO BRASIL

No Brasil, a distribuição hídrica é abundante e heterogênea em todo o seu território. Franco (2008) apresenta que a primeira barragem construída e registrada no território brasileiro foi à barragem conhecida como Ribeirão do Inferno no estado de Minas Gerais.

A Comissão Internacional de Grandes Barragens – CIGB – possui um registro das barragens existentes por países, contendo em seus registros barragens com altura de 15 metros ou na faixa de 10 a 15 metros com capacidade de armazenamento de mais de 3 milhões de metros cúbicos de água no reservatório (Figura 1).

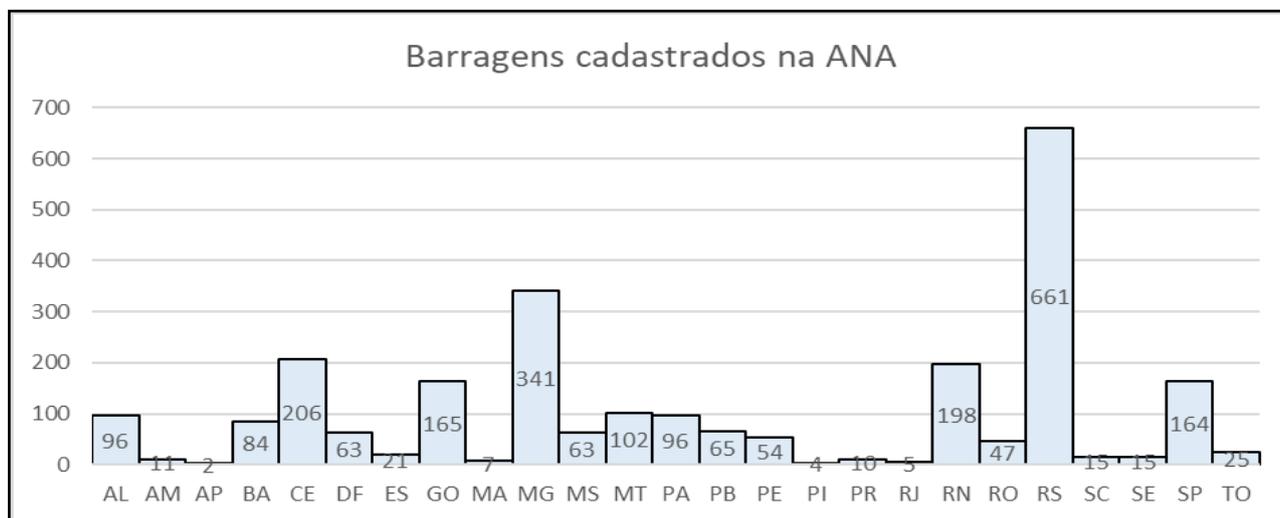
Figura 1. Registros de Barragens por Década



Fonte: CIGB ICOLD, 2008.

No Brasil, a ANA possui um registro das barragens existentes que lhe compete fiscalizar em todo o território da União (Figura 2).

Figura 2. Registros de Barragens no Brasil



Fonte: Adaptado de ANA, 2018.

Verifica-se na Figura 2 que, dentre as barragens cadastradas, o Rio Grande do Sul possui um maior número de barragens existentes no Brasil devido seu volume hídrico na região e a demanda dos usos d'água. A demanda pelos recursos hídricos demonstra que o uso das águas serve como uma matéria prima para o desenvolvimento das atividades humanas, sendo crescentes no passar do tempo (FRANCO, 2008).

No entanto, para SILVA & SILVA FILHO (2013) as construções de barragens estão associadas com os períodos de estiagem que ocasionam a redução do volume para os usos das águas e o comprometimento da bacia em atendimento aos usuários da água.

Para MEDEIROS (2011), tendo como referência a estatística dos tipos de acidentes já ocorridos em barragens do ICOLD, apresenta na Tabela 1 que os acidentes mais decorrentes pelo galgamento são as barragens de terra e demais tipos de barragens. Já problemas relacionados à fundação são ocorrentes em barragens de concreto.

Dentre os acidentes ocorridos que foram apresentados na Tabela 1, MEDEIROS (2012) lista algumas barragens que aconteceram algum tipo de acidente/incidente durante a formulação, tramitação e aprovação da Lei nº 12.334/2010 (Quadro 1).



Tabela 1. Registros dos tipos de acidentes em barragens

| Acidentes | Terra | Concreto | Demais barragens |
|------------------------------------|-------|----------|------------------|
| Galgamento | 53% | 29% | 34% |
| Fundação danificada | 21% | 53% | 30% |
| Percolação | 38% | - | 28% |
| Escorregamento de taludes, demais. | 6% | 18% | 8% |

Fonte: Adaptado de MEDEIROS, 2011 *apud* CIGB ICOLD, 1974.

Quadro 1. Principais acidentes/incidentes ocorridos durante a formulação da Lei nº 12.344/2010

| Barragem | Tipo do acidente/incidente | Estado | Ano |
|--------------|---------------------------------|----------------|------|
| Cataguases | Galgamento | Minas Gerais | 2003 |
| Camará | Fundação danificada | Paraíba | 2004 |
| Campos Novos | Trincas e juntas danificadas. | Santa Catarina | 2006 |
| Miraí | Galgamento | Minas Gerais | 2007 |
| Apertadinho | Problemas na fase de construção | Rondônia | 2008 |
| Espora | Galgamento | Goiás | 2008 |
| Algodões I | Fundação danificada | Piauí | 2009 |
| Bocaiuva | Erosão interna do aterro | Mato Grosso | 2010 |

Fonte: Adaptado de MEDEIROS, 2012.

No Brasil, as barragens, por serem antigas, estão ficando velhas, o que demonstra a necessidade de realizar inspeções e manutenções com relação à segurança necessitando de avaliações periódicas para se verificar as condições de segurança (AGUIAR, 2014).

AGUIAR (2014) apresenta que a maioria dos acidentes ocorridos em território brasileiro continuam sem a devida justificativa plausível, o que prejudica o desenvolvimento do conhecimento na área e possíveis melhorias.

Não há, aparentemente, interesse em se garantir a divulgação e o aproveitamento técnico das “lições aprendidas”. A Tabela 2 apresenta os principais acidentes associados à



ruptura de barragens, no Brasil, por ordem cronológica.

Tabela 2. Principais acidentes ocorridos no Brasil que são famosos

| Barragem | Tipo | Ano |
|----------------------|---------------------------|------|
| Pampulha | Terra | 1954 |
| Orós | Terra | 1960 |
| Euclides da Cunha | Terra | 1977 |
| Santa Helena | Terra | 1985 |
| Barragem dos Macacos | Terra | 2001 |
| Barragem Cataguases | Terra | 2003 |
| Miraí | - | 2003 |
| Camará | Concreto gravidade CCR | 2004 |
| Apertadinho | Terra | 2008 |
| Espora | Terra | 2008 |
| Algodões | Terra | 2009 |
| Herculano | Terra | 2014 |
| Fundão | Terra | 2015 |

Fonte: MEDEIROS, 2011; Adaptado de Souza, 2016.

Diante desta realidade apresentada na Tabela 2, não existem estudos científicos que embasem a tomada de decisão dos órgãos fiscalizadores das situações de possíveis riscos atribuídos para a segurança das barragens. Muitas tecnologias que atualmente vêm sendo desenvolvidas e utilizadas em barragens foram criadas na década de 70, não se adequando as condições atuais (AGUIAR, 2014).

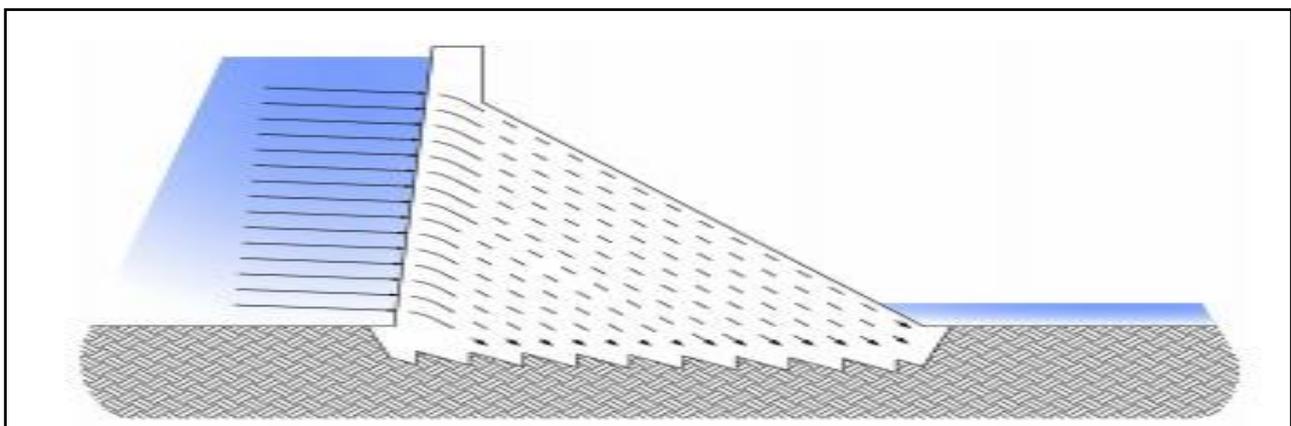
Para DIAS, 2010 & MELO, 2014, foi considerada a necessidade da divulgação de informações técnicas mais aprofundadas de rupturas de barragens que possam ocorrer, servindo de aprendizado para a engenharia de barragem.

1.1.1. CLASSIFICAÇÃO POR TIPO DE MATERIAL E ESTRUTURA DE BARRAGEM

1.1.1.1. BARRAGEM DE CONCRETO GRAVIDADE

A estabilidade da barragem de gravidade está associada ao próprio peso para contrariar os efeitos de outras ações que possibilitem a instabilidade da barragem (escorregamento e/ou tombamento) em relação ao empuxo horizontal de água (Figura 3) (PEREIRA, 2011; TANUS, 2018).

Figura 3. Fluxos de tensões em relação ao peso e pressão hidrostática



Fonte: PEREIRA, 2011

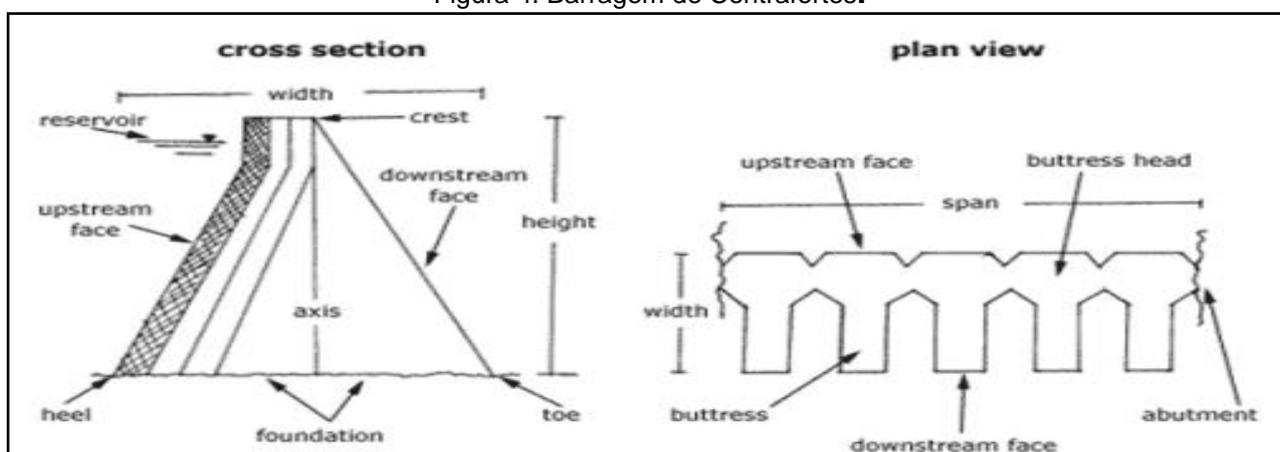
Os materiais mais utilizados nas barragens de gravidade são: concreto convencional (CCV), ciclópico ou concreto compactado a rolo (CCR). As forças a considerar no dimensionamento das barragens de gravidade são: as resultantes das pressões hidrostáticas, a resultante do próprio peso, a resultante das pressões (ascendentes) da água na base da barragem ou resultante das subpressões e as forças de inércia do corpo da barragem e as pressões hidrodinâmicas devido a ações sísmicas (PEREIRA, 2011; TANUS, 2018).

1.1.1.2. BARRAGEM DE CONTRAFORTES DE CONCRETO

As barragens de contraforte de concreto são constituídas de cobertura plana e/ou múltiplas estruturas em arco através de uma laje impermeável a montante apoiada em contrafortes verticais.

A fundação deve ser de rocha de boa qualidade, o que possibilita exercer uma compressão na fundação maior do que na barragem de gravidade (TONUSSI, 2017; TANUS, 2018).

Figura 4. Barragem de Contrafortes.



Fonte: TONUSSI, 2017 *apud* DESIGN OF BUTTRESS DAMS.

1.1.1.3. BARRAGEM EM ARCO

Em barragens em arco, as forças de resistência ao longo da base da estrutura, dependendo de seu peso, não oferecem grande resistência ao deslizamento. A estabilidade de tais barragens é garantida principalmente pelos apoios da estrutura nas margens. Portanto barragens em arco podem ser projetadas com arcos delgados, sendo a espessura determinada apenas pela resistência de seu material (MENDES, 2013).

Se a face jusante é vertical todo o peso da barragem deve ser levado à fundação pela gravidade, enquanto a distribuição da pressão hidrostática dependerá do arco conforme suas dimensões (TANUS, 2018).



1.1.1.4. BARRAGEM DE TERRA

As barragens de terra continuam a ser o tipo mais comum, principalmente porque sua construção envolve o uso dos materiais naturais, localmente disponíveis, com mínimo de processamento. Além do mais, os requisitos topográficos e de fundação para as barragens de terra são menos restritivas do que para os outros tipos de barragem. Seus solos possuem essencialmente granulometria fina com baixa permeabilidade e o comportamento do aterro é condicionado principalmente pelas poropressões (MELO, 2014).

As barragens de terra podem ser homogêneas (solo argiloso) ou zoneadas. Barragem zoneada é uma variação da barragem de terra homogênea constituída de diferentes tipos de solo ou o mesmo solo compactado em condições diferentes para otimização da seção ou em função da disponibilidade de materiais (TANUS, 2018).

1.1.1.5. BARRAGEM EM ATERRO HIDRÁULICO

Esta barragem pode ser constituída de areia ou de rejeitos de mineração. O diferencial desse tipo de barragem é que o material do aterro é transportado por meio de tubulações com água (transporte com cerca de 85% de água). Após o lançamento do aterro ocorre a segregação do material. As partículas mais grossas se depositam perto do ponto de descarga e as partículas mais finas ficam mais distantes desse ponto. Nesse tipo de barragem os taludes de montante e jusante são naturalmente mais abatidos, ou seja, menos íngremes, devido ao tipo de lançamento do material (TANUS, 2018). Esse tipo de estrutura de terra está mais sujeito aos riscos de ruptura por liquefação, em caso de vibração acentuada, por exemplo, sismos.



1.1.1.6. BARRAGEM DE ENROCAMENTO

Para WATZKO (2007), define-se uma barragem de enrocamento um maciço que é constituído por fragmentos de rochas compactados. O peso exercido dos grãos e o posicionamento dos blocos permitem que ocorra na estrutura uma estabilidade ao cisalhamento, sendo a impermeabilização decorrente de:

- Núcleo argiloso compactado, podendo ser vertical ou inclinado;
- Núcleo de concreto asfáltico;
- Face impermeável sobre o talude de montante, incluindo: face de concreto, face de concreto asfáltico, face de metal, face de madeira, dentre outros.

A primeira barragem de enrocamento surgiu a partir da necessidade de atendimento da mineração na Califórnia, na Sierra Nevada em 1850. Sabe-se que naquela região o solo não era propício para construção de barragem de terra, devido possuir inúmeras rochas e árvores. Nessas características, foi criada a concepção das barragens de enrocamento que se espalhou em todo o mundo (WATZKO, 2007).

1.2. SEGURANÇA DE BARRAGEM

Levar em consideração que a construção da barragem como sendo uma obra que trará benefícios ou desvantagens para uma certa comunidade vai depender da perspectiva de conhecimento sobre a experiência com barragens em um cenário passado (FRANCO, 2008; SILVA & SILVA FILHO, 2013).

As barragens devem ser duráveis, já que são obras de engenharia de grandes dimensões e dispendiosas, quando comparadas com outros tipos de estruturas. Contudo,



estão associadas a riscos potenciais, diretamente ligados com a segurança, os quais já devem ser considerados na fase de concepção (PEREIRA, 2011).

No Brasil, a construção de barragens vem sendo utilizada na história com inúmeros usos da água. No entanto, as legislações aplicadas à segurança de barragem foram sendo criadas lentamente e, somente, após a ocorrência de vários acidentes é que se desenvolveu um maior interesse e curiosidade de se estudar as maneiras de se garantir a maior segurança das barragens.

Um dos fatores positivos nessas ações foi a criação do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens – CBGB, em 1936 (mas que ficou paralisada por vários anos, sendo reativada apenas a partir de 1957, apesar de que o estatuto só foi aprovado na reunião de 25OUT61 (BARBOSA, 2014).

Apesar das criações de novas legislações que foram surgindo, a fim de garantir uma maior segurança, apenas em 2010 a Lei de segurança de barragens proporcionou uma maior conquista na disposição da Política Nacional de Segurança de Barragem – PNSB – e a criação do Sistema Nacional de Informação sobre Segurança de Barragens – SNISB (BARBOSA, 2014).

A avaliação de segurança objetiva identificar as condições das seguranças da integridade estrutural e operacional da barragem, apresentando os problemas, recomendando as ações corretivas, restrições operacionais, entre outros mecanismos (ELETROBRÁS, 1987; BARBOSA, 2014).

Levando em consideração de que existe uma probabilidade, mesmo que ainda baixa, da ocorrência de uma ruptura de uma barragem e do impacto que esta pode promover no vale a jusante, o questionamento a ser feito e solucionado é como este risco pode ser reduzido (SAMPAIO, 2014).

Em 05 de novembro de 2015, um dos maiores desastres ambientais relacionados a barragens, ocorreu no Estado de Minas Gerais, ocasionado por uma ruptura de uma barragem de rejeito de minério (Barragem do Fundão), situada no distrito de Bento Rodrigues – Mariana, MG (BIZAWU & MOREIRA, 2017).

Nesse episódio específico, mesmo após a promulgação da Lei de segurança de barragem, existe uma relevância em se discutir sobre a segurança de barragem e a



aplicabilidade da Lei nº 12.334/2010, conforme as Regulamentações já estabelecidas, nas barragens já existentes.

Cada barragem é classificada de acordo com as consequências de sua ruptura. Esta classificação constitui a base para a análise da segurança da barragem e para fixar níveis apropriados de atividades de inspeção (SAMPAIO, 2014).

Toda barragem representa um risco, uma incerteza, para as populações e propriedades que se encontram no vale a jusante do barramento. Estes riscos podem ser minimizados com a forma adequada da implantação através de mecanismos de acompanhamento da barragem durante as fases de construção, enchimento e operação, tais como: instrumentação, inspeções visuais, controle topográfico de deslocamentos, entre outros (TANUS, 2018).

Na maioria das situações decorrentes de um problema na barragem, seja de integridade estrutural e/ou operação, espera-se que eventuais problemas poderão ser detectados por inspeções visuais (TANUS, 2018).

1.3. BASE LEGAL

1.3.1. LEI FEDERAL Nº 12.334/2010

A promulgação da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 foi um grande passo para a regulamentação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e a criação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

Para MEDEIROS (2011), a Lei de Segurança de Barragens necessita da participação e comprometimento das organizações, sendo uma conquista para o país, mas com atraso de 30 anos. Esta Lei está destinada, exclusivamente, para barragens de acumulação de água para usos múltiplos, de resíduos industriais e disposição final ou temporária de rejeitos das seguintes características mínimas:

– Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou



- igual a 15 m (quinze metros);
- II - Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- III - Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- IV - Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

A verificação das condições da barragem visando a segurança das estruturas e acessórios deve ser realizada, em termos da Lei supracitada, pelas inspeções regulares e especiais de segurança das barragens. Devem ser verificados: seu uso, sua manutenção e seu comportamento. As recomendações de manutenção e/ou operação, bem como de monitoramento, a serem desenvolvidas por técnicos capacitados e habilitados, são documentados pela emissão de relatórios de segurança.

As inspeções regulares são realizadas mediante a inspeção da barragem sendo executadas pela equipe responsável da segurança da barragem devendo estar, em todo o momento, disponível ao órgão gestor fiscalizador e à sociedade civil, um relatório contendo as constatações da avaliação da barragem.

No caso das inspeções especiais (quando da ocorrência de situações 'Não Normais'), elas serão realizadas assim como as regulares, mas dado o tipo de ocorrência, podem ter de seguir a orientação do órgão gestor fiscalizador. Ou seja, deverão ser atendidos os itens disponibilizados, de um guia, para o empreendedor seguir passo a passo as orientações.

Devem ser realizadas por uma equipe de especialistas, externo ao quadro do empreendedor, obedecendo às exigências em relação à categoria de risco - CRI e do dano potencial associado - DPA. Analogamente aos resultados da inspeção visual regular, o relatório da inspeção visual especial deve indicar ações a serem adotadas pelo responsável da barragem.

1.3.2. RESOLUÇÃO NORMATIVA ANA N° 236/2017



A Agência Nacional de Águas – ANA –, com base em suas deliberações e competências, em 30 de janeiro de 2017 publicou a Resolução Normativa nº 236/2017 dispondo sobre a periodicidade da execução ou, se o caso, da atualização da qualificação dos profissionais técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem- PSB, da Inspeção de Segurança Regular - ISR e Especial - ISE, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência - PAE.

Assim como nas Resoluções de demais órgãos ou entidades fiscalizadoras de barragens, esta Resolução utiliza como mecanismo a matriz de classificação que relaciona a classificação à categoria de risco e ao dano potencial associado a fim de estabelecer a necessidade da elaboração do Plano de Ação de Emergência – PAE, a periodicidade das inspeções e revisão periódica e as situações que devem ser observadas obrigatoriamente.

A matriz utiliza a associação da categoria de risco e dano potencial associado com a classificação baixo, médio e alto. Os relatórios de inspeções regulares devem conter as seguintes informações:

- a) Identificação do representante legal do empreendedor;
- b) Identificação do responsável técnico pela elaboração do Relatório e respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica;
- c) Ficha de inspeção visual preenchida, englobando todas as estruturas da barragem e a indicação de anomalias;
- d) Avaliação e registro, inclusive fotográfico, de todas as anomalias encontradas, avaliando suas causas, desenvolvimento e consequências para a segurança da barragem;
- e) Comparação com os resultados da Inspeção de Segurança Regular anterior;
- f) Avaliação das condições e dos registros da instrumentação existente;
- g) Classificação do NPGB (Normal, Atenção, Alerta ou Emergência);
- h) Assinatura do Responsável Técnico pela elaboração do Relatório;
- i) Ciente do representante legal do empreendedor.

Desta forma, apesar de cada órgão ou entidade fiscalizadora ter de estabelecer a periodicidade, qualificação, conteúdo mínimo e o nível de detalhamento das Inspeções de Segurança Regular e Especial, além da Revisão Periódica de Segurança de Barragem, essa Resolução Normativa atende a Lei Federal nº 12.334/2010 e trata apenas de



barragens fiscalizadas pela ANA. No entanto, nada impede que o modelo e as recomendações possam ser adotadas e seguidas por outros órgãos fiscalizadores.

1.4. INSPEÇÕES DE SEGURANÇA REGULARES

As inspeções de segurança regulares têm como objetivo a avaliação periódica de condições da estrutura e acessórios da barragem a fim de identificar e monitorar as anomalias ou riscos potenciais que afetem a segurança da barragem. O resultado das inspeções tem como produto a ficha de inspeção, o relatório de inspeção, o extrato da inspeção (também conhecido como a declaração de condição de estabilidade) da barragem (CARDIA & FRANK, 2015).

1.4.1. INSPEÇÕES NO ÂMBITO INTERNACIONAL

A segurança das barragens é uma preocupação de entidades públicas e privadas de todo o mundo por constituir um risco potencial da probabilidade de ruptura ou outro acidente que envolva vidas humanas. Alguns países já possuem dispositivos legais específicos de segurança de barragem que proporcionam uma maior garantia e controle para as barragens.

1.4.1.1. INSPEÇÕES NOS ESTADOS UNIDOS

Em 1929 os Estados Unidos, após o acidente com a barragem Saint Francis, aprovou pelo Estado da Califórnia um programa de segurança de barragem. Depois, os



demais acidentes que ocorreram espalhados nos Estados Unidos, proporcionaram a elaboração de uma base legal de âmbito estadual e federal. O Congresso Americano, em 1972, promulgou a Lei Pública 92-367, conhecida como a "Lei Nacional de Segurança de Barragem" (SAMPAIO, 2014).

Os Estados Unidos também contam com a Agência Federal de Gerenciamento de Emergências – FEMA, que tem como objetivo a coordenação do governo federal na preparação, prevenção, mitigação, resposta e recuperação dos desastres naturais ou provocados pelo homem.

A FEMA teve sua criação em abril de 1979 através da ordem executiva do presidente, na época, Jimmy Carter. Com a instituição da Lei Pública 100-707 atribuiu à FEMA a responsabilidade de coordenar os esforços de socorro em todo o governo.

Por muito tempo o governo federal utilizou o Programa Nacional de Segurança de Barragens – NDSP – para acidentes de barragens. O Comitê Interinstitucional de Segurança de Barragens – ICODS – elaborou e aprovou as diretrizes federais para os proprietários e reguladores das barragens de agências federais, ou seja, com interesse federal direto. No entanto, estas podem ser utilizada nas barragens não federais.

As diretrizes federais para a segurança de barragens são instituídas pela publicação FEMA 93, onde estabelece padrões de segurança nas práticas e procedimentos adotados por órgãos federais ou exigidos dos proprietários para apresentação pelos órgãos federais.

O manual da FEMA menciona que as atividades técnicas que envolvem a Operação e Manutenção (O&M) devem ser aliadas ao programa de inspeção periódica e o planejamento das ações de emergências a fim de garantir a segurança da barragem. Além disso, o manual de O&M deve ser atualizado e possuir registros de instruções, inspeções e teste de equipamentos mantendo cópias para os responsáveis envolvidos pelo projeto e das respectivas inspeções de segurança de barragens.

O programa de inspeção periódica nos Estados Unidos tem como objetivo realizar a verificação da integridade estrutural e operacional da barragem e de seus acessórios visando observar e certificar a vida útil do projeto garantindo com que previna acidente e permita: proteção à vida humana, a segurança da barragem e do meio ambiente.



Quando se detectam condições que comprometam a segurança da barragem, se determina a melhor adequação para ações de correção das estruturas e de próprias instalações para se planejar e executar a manutenção, reparo ou reabilitação das deteriorações identificadas.

As diretrizes e critérios gerais devem ser usados pelos órgãos fiscalizadores pela operação, assim como pela regulamentação de barragens. No caso de barragens já existentes, considerando-se um nível de risco significativo, deve-se realizar uma avaliação de segurança mais criteriosa com base em diretrizes e critérios técnicos atuais.

Em se tratando de novas barragens, deveram ser adicionadas ao programa de inspeção e planejadas de acordo com os critérios técnicos atuais. Melhorias nas barragens, como tecnologia apropriada, deverão providenciar uma reavaliação para a garantia da segurança da mesma.

Cada agência torna-se responsável por garantir com que haja inspeções periódicas e que as novas barragens sejam inspecionadas após o término da construção e periodicamente em sua operação.

O manual da FEMA também recomenda os tipos de inspeções e a periodicidade, sendo orientação geral para o desenvolvimento de programas das barragens federais. No entanto, as diretrizes determinadas no manual supracitado não impedem que as demais inspeções recebam uma maior frequência, a depender: do histórico de vida da barragem, do projeto e da construção, bem como das condições de operação e manutenção.

Vale ressaltar que o manual também indica que para alguns aproveitamentos se possam permitir inspeções com a frequência inferior aos demais somente quando o potencial de risco e da integridade estrutural justifique tal ação.

O programa de inspeção deve estar vinculado a um cronograma que liste as características que deverão ser inspecionadas: a frequência, a data de última inspeção e último relatório de inspeção, registro de manutenção, descrição dos reparos realizados e data da próxima inspeção.

As equipes que compõem as inspeções devem ser capacitadas e habilitadas para tal tarefa, sendo treinadas para atender os procedimentos exigidos para inspeções e



variam com a complexidade da barragem e com o nível da inspeção. Estas podem ser classificadas em: Informais, Intermediárias e Formais e Especiais.

Todas as observações nas inspeções, seja de qualquer tipo, devem ser documentadas, especialmente relacionadas à segurança da barragem. A natureza dos relatórios de inspeção para as inspeções Informais, Intermediárias e Formais e Especiais irão diferenciar conforme a proporção da intensidade da inspeção e os resultados obtidos.

- ..Inspeções Informais

As inspeções informais têm como intuito garantir as observações, sempre que possível, frequentes e contínuas da barragem. As inspeções informais funcionam atendendo um protocolo, onde os engenheiros e técnicos deverão realizar observações frequentes da barragem em casos de ocorrências.

A frequência das inspeções informais deve ser programada por engenheiros capacitados e habilitados, conforme o porte, importância e o risco potencial da barragem visando a perda da vida humana e os danos à propriedade. O cronograma da inspeção deve ser realizado conforme as necessidades e mudanças observadas.

Geralmente, as inspeções informais podem ser realizadas por encarregados da barragem ou por uma equipe de O&M não formalmente graduado no campo da engenharia ou geologia, mas teriam que possuir um treinamento e experiência suficientes para garantir identificar as condições e anomalias na barragem a fim de demonstrar capacidade de desempenhar funções relativas à O&M.

A equipe recebe as instruções escritas sobre o desempenho das funções e são avaliadas periodicamente para a execução adequada das inspeções. Com isso, os procedimentos de monitoramento do desempenho da integridade estrutural da barragem e de seus acessórios relatando as anomalias que deverão ser compreendidas por esta equipe.

Após a inspeção é emitido um relatório, podendo ser um memorando para os supervisores descrevendo as condições e ações corretivas, ou até um relato detalhado de um evento que ocorreu.



- .. Inspeções Intermediárias

A inspeção intermediária é um nível mais criterioso e minucioso de inspeção, da barragem e de seus acessórios, constituindo, ainda, uma revisão dos registros das inspeções anteriores e da última inspeção formal.

Caso seja detectada alguma anomalia sem que seja identificado o motivo, pela equipe de inspeção, a tomada de decisão deve ser providenciada para que as inspeções sejam realizadas por especialistas capacitados e habilitados.

Como qualquer outra inspeção, dever ser realizada por engenheiros capacitados e habilitados, com experiências na operação e manutenção de barragens e treinamentos para identificar anomalias, devendo ser observados o tamanho, importância e o risco potencial de danos à barragem.

A equipe que irá realizar a inspeção deve ter acesso e conhecer toda a documentação permanente, principalmente a que envolve o histórico de operação e manutenção.

Os relatórios de inspeção intermediária podem ser um memorando, semelhante ao da inspeção informal, até relatórios de campo ou relatórios mais formais com detalhes, registros e recomendações substanciais, incluindo fotografias.

- .. Inspeções Formais e Especiais

A inspeção formal é necessária periodicamente a fim de verificar a segurança e a integridade estrutural da barragem e de seus acessórios, onde objetiva atender os critérios e práticas atuais conceituadas. Essa inspeção inclui um varredura e revisão das documentações relacionadas a instrumentação, operação e manutenção sobre as fases da concepção e construção da barragem.

Durante a inspeção formal, verificações de estruturas e equipamentos subaquáticos devem ser realizadas a fim de garantir a integridade da estrutura da



barragem. Todas as inspeções formais devem ser realizadas por uma equipe capacitada e habilitada altamente treinada para tais atividades.

As inspeções formais e especiais devem ser acompanhadas por um engenheiro com a capacidade e experiência de investigação, projeto, construção e operação de barragem. A equipe que irá realizar a inspeção deverá ter a base específica do local levando em consideração as condições e o tipo da barragem.

Difere de inspeções formais para especiais a frequência com que são realizadas para garantir a segurança da barragem. As inspeções formais são realizadas periodicamente com intervalos que não ultrapassem o período de 05 anos, mas podem acontecer inspeções mais frequentes, quando no histórico da barragem se registre algum evento que necessite de maior atenção.

Quanto à inspeção especial, deve ser realizada após a barragem ter passado por uma inundação de grande proporção e/ou após a ocorrência de eventos que comprometam a segurança da barragem, tais como terremotos. A equipe de inspeção tem que ser interdisciplinar abrangendo as áreas da barragem como: estrutura, mecânica, elétrica, hidráulico e de aterro, geologia, concretos e procedimento construtivo.

Um checklist é elaborado no intuito de verificar que todos os itens sejam inspecionados para serem observadas as condições estruturais, elétricas e mecânicas. Além disso, observam-se instruções de operação e disposições de emergências tendo uma via de comunicação clara com todas as instalações operacionais de projeto. Ao final da inspeção é gerado um relatório técnico contendo todas as informações de constatações, ações corretivas e recomendações a fim de se ter o registro para que seja consolidada uma base para atividades de reparo quando for necessário.

1.4.1.2. INSPEÇÕES NA ESPANHA

A legislação aplicável a segurança de barragem é datada de 1960 estabelecida pela Norma Transitória para grandes barragens. As instruções para projeto, construção e



operação de grandes barragens foram instituídas em 1962 e 1967 estabelecendo critérios técnicos de segurança.

Em março de 1996, o Ministério de Obras Públicas, Transporte e Meio Ambiente aprovou o regulamento técnico de segurança de barragens e reservatórios nº 7319. Este regulamento permite que se inclua a aplicação de todas as etapas de desenvolvimento e utilização das barragens e reservatórios, que são de responsabilidade do proprietário, a fim de obter as condições adequadas da utilidade e segurança para evitar danos às vidas humanas, aos bens e ao meio ambiente.

Vale ressaltar que este mesmo regulamento aplica-se também para resíduos industriais e outros usos de ocupação de domínio público hidráulico, onde os requisitos e condições exigidas das características próprias se aplicam a cada caso específico. Os efeitos do regulamentado se classificam através dos seguintes critérios:

- .. Em função das dimensões;
- .. Em função do risco potencial de classificação que pode ocasionar uma ruptura ou da operação inadequada, sendo que todas as barragens deverão classificar-se de acordo com a Diretriz de Planejamento de Proteção Civil antes do risco de inundações; e,
- .. Em função da sua tipologia.

As inspeções periódicas serão realizadas conforme o regulamento técnico a fim da verificação do estado de conservação da barragem. O Artigo 6º deste regulamento trata das condições de inspeções das barragens e o Artigo 33º de auscultação e inspeção.

O plano coordenado de auscultação e inspeção apontará o alcance e a periodicidade das inspeções, a frequência da leitura dos aparelhos, as especificações relativas e corretivas e o método para sua interpretação. Com frequência anual, o Diretor da exploração irá emitir um informe, que irá compor o arquivo da barragem, contendo os resultados das inspeções realizadas e da auscultação a fim de identificar as deficiências observadas e propor ações corretivas.

Além das inspeções, o responsável pela barragem está obrigado a realizar uma revisão periodicamente e uma análise geral da segurança da barragem. Esta revisão contará com uma equipe capacitada e habilitada para a realização das atividades.



1.4.1.3. INSPEÇÕES EM PORTUGAL

Em Portugal, o primeiro regulamento que foi instituído para pequenas barragens de terra foi o Decreto de Lei nº 48.373/1968 (SAMPAIO, 2014).

Em 1990, Portugal regulamentou o Decreto de Lei nº 11/1990 que estabelece a segurança de barragens durante as etapas de concepção, construção, enchimento, operação e desativação. Para isso, essa regulamentação aplica-se as barragens que possuem as seguintes características:

- a) A todas as barragens de altura superior a 15 m, medida desde a parte mais baixa da superfície geral das fundações até ao coroamento;
- b) Às barragens de altura inferior a 15 m cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 100000 m³.

Mesmo estabelecendo a altura superior para o enquadramento do Decreto de Lei supracitado, o governo de Portugal estabeleceu que outras barragens poderão ser passíveis da determinação desta regulamentação desde que na aprovação da fase de concepção do aproveitamento de águas públicas ou particulares a entidade fiscalizadora se manifeste quanto à existência de um provável risco potencial de nível elevado ou significativo. No entanto, esta mesma regulamentação menciona que: “As disposições do presente Regulamento são aplicáveis, com as devidas adaptações, às obras a cargo do Estado”. Ou seja, o Estado pode intervir quanto aos dispositivos que nele estabelece.

As realizações das inspeções visuais, em casos de ocorrências excepcionais ou de anomalias, são realizadas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil –LNEC. A inspeção visual, em termo da regulamentação, deverá levar em consideração as seguintes características:

- a) A indicação da periodicidade das visitas em condições normais;
- b) A sua obrigatoriedade após ocorrências excepcionais, tais como sismos importantes, grandes cheias e esvaziamentos totais ou quase totais das albufeiras;
- c) Os tipos de inspeção e qualificação técnica dos respectivos agentes;
- d) Os principais aspectos a inspeccionar nas obras e no sistema de observação;
- e) A forma de apresentação dos resultados da inspeção”.



No que se trata da competência da entidade fiscalizadora, esta irá fiscalizar a etapa de construção realizando visitas técnicas visando o acompanhamento dos trabalhos de execução da barragem e caso encontre alguma irregularidade irá tomar medidas que podem incluir a suspensão das atividades.

O objetivo das visitas da entidade fiscalizadora é realizar as inspeções visuais das obras, incluindo o corpo da barragem, fundação, o entorno a jusante, segurança e operação, verificação das condições de manutenção e verificação do sistema de observação.

A cada inspeção será elaborada uma ata, a qual será lavrada e assinada pelos fiscalizadores e lançado no livro da obra. Na etapa final da execução da barragem, a entidade fiscalizadora irá realizar a comprovação da obra se foi de acordo com o projeto e dos dispositivos disposto no regulamento.

Em 1993, foi publicado um novo regulamento que trata de pequenas barragens (RPB) vinculado ao Decreto de Lei nº 409/1993. Já em 1999, foi publicada a Legislação Sobre Segurança de Barragens (SAMPAIO, 2014).

O RPB foi atualizado pelo Decreto de Lei nº 21, de 28 de março de 2018 que permite estabelecer o quadro de atuação para o controle de segurança de barragens Portuguesas.

Segundo a APA (2018), esse decreto possibilita a alteração da aplicação dos regulamentos anteriores restringindo as grandes barragens, tendo as seguintes características: altura igual ou superior a 15 m ou que criam um reservatório com capacidade superior a 1 hm³. As normas anteriores de apoio que serviam para a execução do RSB passaram a ser substituídas para os documentos técnicos de apoio gerenciados pela Autoridade Nacional de Segurança de Barragens e dispostos pela Lei da Água nº 58, de 29 de dezembro de 2005 e alterada pelo Decreto de Lei nº 130, de 22 de junho de 2012.

1.4.2. INSPEÇÕES NO BRASIL



A federação utiliza como referência o Manual de Segurança e Inspeções de Barragem (PROÁGUA, 2002), elaborado pelo Ministério de Integração, e o Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem (ANA, 2016).

Estas referências supracitadas estabelecem orientações ao empreendedor, responsável pelas barragens, em relação aos dispositivos legais das inspeções de segurança regulares, as etapas de planejamento, execução, avaliação e a elaboração do relatório com os devidos atendimentos das recomendações propostas.

O Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem (ANA, 2016), explana todas as etapas supracitadas que devem ser realizadas em uma inspeção de segurança regular com a orientação do preenchimento das fichas de inspeção.

O produto da inspeção de segurança regular são as fichas de inspeção preenchidas, conforme a observação da barragem e de seus acessórios constatados, o relatório de inspeção regular e o extrato de inspeção, que são obrigatórios para os empreendedores que são fiscalizados pela ANA.

As fichas de inspeção de segurança regular são reflexos da adaptação do Manual de Segurança e Inspeções de Barragem (PROÁGUA, 2002) para as barragens de terra e de concreto com complementações das fichas de usinas hidrelétricas e das BEFCs.

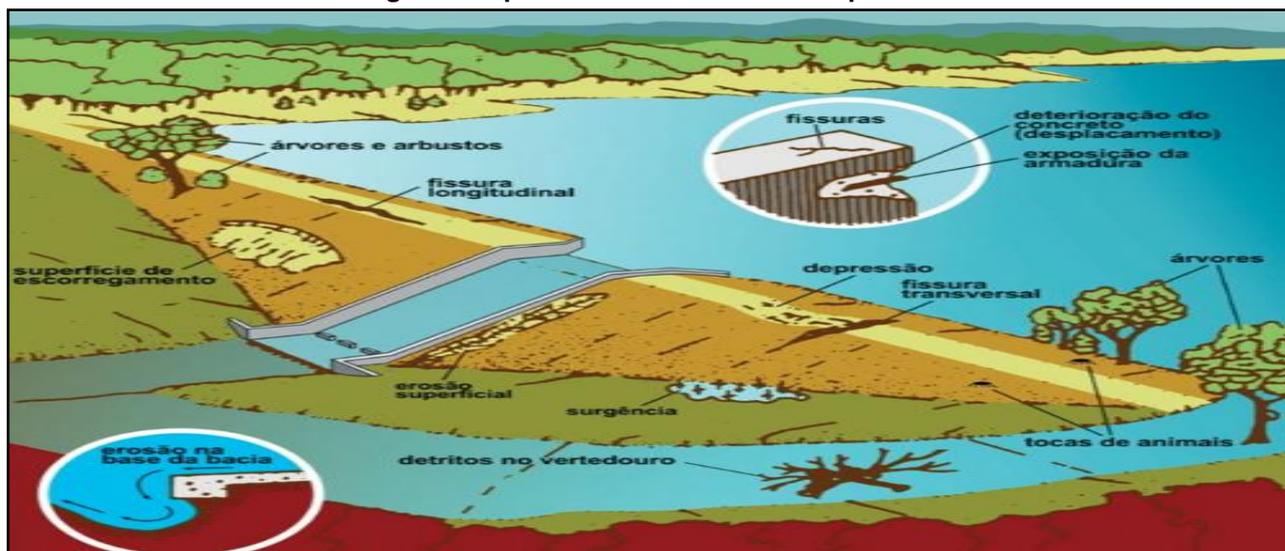
Conforme disposto na Resolução Normativa ANA nº 236/17, a Inspeção de Segurança Regular – ISR - deverá ser realizada pelo empreendedor, no mínimo, uma vez por ano, salvo casos específicos onde tenha registro de um evento na barragem que comprometa sua segurança. Até 31 de dezembro do ano da realização da ISR, o empreendedor, responsável pela barragem, fiscalizada pela ANA deverá cadastrar sua inspeção no sistema disponível no site da ANA.

A primeira etapa a ser realizada na inspeção de segurança regular é análise de todas as documentações e relatórios pertinentes já realizados e que ficam arquivados na barragem. Quando se constatam situações que são consideradas perigosas, são identificados os tipos de anomalias encontradas e as ações corretivas (e/ou preventivas) a serem executadas.

O Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem (ANA, 2016) apresenta os tipos de anomalias mais freqüentes em barragens que podem ocorrer ao longo de um determinado tempo, apresentadas na Figura 5, sendo estas:

- .. Fissuras;
- .. Surgências;
- .. Instabilidade de taludes;
- .. Depressões;
- ..Recalques localizados;
- .. Afundamentos (tipo sinkhole);
- .. Proteção deficiente dos taludes;
- ..Erosão superficial;
- .. Ocorrência de árvores e arbustos;
- .. Tocas de animais;

Figura 5. Tipos de anomalias mais freqüentes



Fonte: ANA, 2016



A segunda etapa é o planejamento da inspeção de segurança regular que apresenta a periodicidade das inspeções a serem realizadas, os estudos e relatórios anteriores a serem consultados, assim como os modelos de fichas e de relatório a serem adotados. A periodicidade deve ser definida conforme a categoria de risco e dano potencial associado, conforme a Figura 6, apresentado no Guia da ANA (2016).

Figura 6. Categoria de Risco - CR e Dano Potencial Associado - DPA

| Dano Potencial Associado | Categoria de Risco | | |
|--------------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | Alto | Médio | Baixo |
| Alto | Semestral | Semestral | Semestral |
| Médio | Semestral | Semestral | Anual |
| Baixo | Anual | Anual | Bianual |

Fonte: ANA, 2016.

Vale ressaltar que a frequência referente ao Dano Potencial Associado no nível “baixo” associado à Categoria de Risco em nível “baixo” está indicada como “Bianual”. No entanto, assim como “Bienal” corresponde a mesma frequência em que um evento ocorra a cada dois anos.

As fichas de inspeção devem abranger todos os componentes que integram a barragem apontando as anomalias constatadas, localização e situação atual. As fichas adotadas pela ANA são baseadas na ficha do Ministério de Integração Nacional (2002, 2005, 2010) e adotadas na Resolução ANA nº 742/2011.

A Resolução ANA 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 visando avaliar as condições da barragem e das partes integrantes da mesma a fim de identificar e monitorar as anomalias



que afetem potencialmente a segurança. Essa Resolução foi atualizada em 30 de janeiro de 2017 pela Resolução nº 236/2017 ANA.

2. CAPÍTULO II – METODOLOGIA

Este trabalho tem como referência os manuais existentes de segurança e inspeções de barragens brasileiras. Objetiva realizar uma análise comparativa e crítica dos modelos de fichas de inspeção visual regular no Brasil e outros países, apresentando as características e conceitos fundamentais para o avanço das inspeções visuais regulares, na prevenção de acidentes em barragens. Foram levantadas as técnicas de inspeção visual regular, mais comentadas em literaturas, de países internacionais (Estados Unidos, Espanha e Portugal) e solicitados via e-mail para os órgãos fiscalizadores o modelo de fichas que são utilizados em cada país supracitado.

Para este trabalho, selecionou-se como comparação para os modelos do Brasil, as fichas de Portugal, por ser o órgão fiscalizador internacional que respondeu em tempo hábil estabelecido até 05 de setembro de 2018 para continuidade da análise do trabalho, enviando (por e-mail) cópia das fichas de inspeção visual regular. No que consiste à estrutura da pesquisa, esta se encontra conforme os seguintes itens:

- ..Análise das principais características dos modelos adotados de fichas de inspeções visuais, dos órgãos fiscalizadores no Brasil a partir da solicitação das documentações e uma ampla revisão bibliográfica, constituída por livros, publicações em periódicos, artigos científico e do Manual de Segurança e Inspeções de Barragem (PROÁGUA, 2002) e Guia do Empreendedor (ANA, 2016);
- ..Análise das principais características dos modelos adotados de fichas em Portugal;
- ..Pesquisa qualitativa das análises e comparações dos modelos adotados de fichas de inspeção visual regular do Brasil e dos outros países a fim de detectar a perspectivas futuras destes como subsídio para a avaliação da segurança da barragem, através de uma análise comparativa e crítica;



- ..Pesquisa exploratória, a fim de contribuir com a gestão de segurança de barragem no Brasil, através do mecanismo de inspeção visual regular.

De posse das informações e dos modelos de fichas de inspeção visual regular do Brasil e de Portugal, o único órgão fiscalizador que disponibilizou o modelo de ficha de inspeção, foi realizada uma análise comparativa e crítica das principais características apresentadas nos documentos, para assim poder contribuir para uma melhoria das condições de segurança de barragem, pelos órgãos fiscalizadores, evitando as possibilidades de imprecisões nas inspeções.

2.1. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Foi realizado um levantamento sobre o tema de estudo, descrevendo os métodos de inspeção visual regular, internacional e nacional, das análises dos componentes principais (integridade estrutural e operação) de segurança da barragem. Para realização da pesquisa foi necessário obter os modelos de inspeção visual regular adotados pelos órgãos fiscalizadores do Brasil e de Portugal (através da Agência Portuguesa do Ambiente).

Fontes bibliográficas sobre inspeções foram consultadas, através de livros, pesquisas de internet e legislações referentes à inspeção visual a fim de auxiliar na complementação das críticas e discussões. As fontes bibliográficas principais foram: o Manual de Segurança e Inspeções de Barragem (PROÁGUA, 2002) e o Guia do Empreendedor (ANA, 2016).

2.2. OBTENÇÃO DOS MODELOS DE FICHAS DE INSPEÇÃO



Com as informações e documentações obtidas, está apresentada a análise comparativa dos modelos adotados e associação da existência entre a eficiência dos modelos adotados dos órgãos ambientais de estudo com o Manual de Segurança e Inspeções de Barragem (PROÁGUA, 2002).

Em relação aos modelos adotados pelos órgãos fiscalizadores no Brasil, as informações foram obtidas através das solicitações via internet pela plataforma Portal Transparência do governo, nos meses de março e abril de 2018, e pelo site do órgão fiscalizador.

Essa plataforma é regida pela Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, a qual regula o acesso às informações públicas possibilitando a qualquer pessoa, física ou jurídica, sem necessidade de apresentar motivo, o recebimento de informações públicas dos órgãos e entidades.

Os modelos de fichas de inspeções que foram analisados dentro dos meses de abril e maio de 2018.

Para os demais países, foi solicitado via site dos órgãos fiscalizadores os modelos utilizados de ficha de inspeção visual.

QUADRO 2. SOLICITAÇÃO DOS ÓRGÃOS FISCALIZADORES

| País | Solicitada | Via de solicitação |
|----------------|--|---------------------------|
| Estados Unidos | EPA/FEMA | Site |
| Espanha | Ministério de Obras Públicas, Transporte e Meio Ambiente | Site |
| Portugal | LNEC/APA | Site |

Fonte: Própria autora, 2018.



3. CAPÍTULO III- ANÁLISE E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentadas as análises comparativas dos modelos de inspeção visual adotados pelos órgãos fiscalizadores no Brasil e os modelos de Portugal para a realização da análise crítica a fim de contribuir com a gestão de segurança de barragem no Brasil.

Foram analisadas 06 (seis) modelos de fichas de inspeção visual, sendo 03 (três) disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA), através do site do órgão fiscalizador, e 03 (três) disponibilizados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), através de solicitação por e-mail).

Quadro 3. Solicitações dos modelos de fichas de inspeção visual

| País | Solicitante | Resposta Modelo |
|----------|-------------|--|
| Brasil | ANA | Ficha de Barragem de Concreto |
| | | Ficha de Barragem de Terra |
| | | Ficha de Barragem para Aproveitamento Elétrico |
| Portugal | APA | Ficha de Barragem de Aterro |
| | | Ficha de Barragem de Betão e Alvenaria |
| | | Ficha de Segurança Hidráulico-Operacional e Riscos a Jusante |

Fonte: Próprio da autora, 2018.

3.1. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS PRESENTES NOS MODELOS ADOTADOS PELOS ÓRGÃOS FISCALIZADORES NAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA NA BARRAGEM.

De posse dos modelos de fichas de inspeções visuais regulares enviados foram analisadas as principais características destas que apontam pontos chaves para a avaliação da segurança de barragem.

Verificou-se que no Brasil o modelo de ficha de inspeção visual regular utilizado como referência é do órgão fiscalizador federal, a Agência Nacional de Águas (ANA), que possui modelos de fichas para cada tipo de material da barragem.



A Agência Nacional das Águas – ANA – elaborou um modelo próprio, baseado do Ministério de Integração, desenvolvendo modelos para as barragens de concreto, de terra e um específico para barragem com finalidade de geração de energia.

A ANA, como entidade fiscalizadora no âmbito Federal, fiscaliza o atendimento das normas relacionadas em manter a segurança das barragens sob sua competência territorial permitindo com que haja um cadastro atualizado dos empreendedores.

A inspeção regular das barragens, fiscalizadas pela ANA, tem como objetivo indicar os possíveis riscos que comprometam a segurança, apontando as necessidades de recuperação ou reforma das ameaças existentes.

Sua periodicidade é definida por meio da classificação de risco e dano potencial da barragem, sendo realizadas pelo empreendedor na fase dos ciclos estabelecidos de inspeções de, no mínimo, 01 (uma) vez por ano, exceto em casos especiais, sendo regida pelo dispositivo legal a Resolução ANA nº 236/17.

Em relação a Portugal, desenvolve inspeções visuais regulares utilizando fichas base que possibilitem a detecção das anomalias mediante o plano de observação da barragem.

No entanto, segundo a resposta da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), estas fichas base podem ser, a depender das necessidades, adaptadas mediante ao comportamento e/ou ocorrências detectadas na barragem a ser inspecionadas.

3.2. COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE FICHAS DOS ÓRGÃOS FISCALIZADORES NO BRASIL COM OS DEMAIS PAÍSES

Pretende-se, ao realizar a análise comparativa do modelo adotado pelo órgão fiscalizador do Brasil com dos demais países a fim de avaliar a precisão que estes fornecem para contribuir na segurança de barragem. Pretende-se enfatizar neste trabalho, os modelos de fichas obtidos e usualmente adotados no Brasil e demais países, elencar as características e os conceitos fundamentais utilizados nos modelos de estudo.



3.2.1. MODELO ADOTADO NO BRASIL

3.2.1.1. FICHA PARA INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE CONCRETO

A ficha para inspeção de barragem de concreto utiliza itens técnicos que permitam uma melhor identificação do empreendimento. Itens inseridos como “DATUM” e “curso d’água barrado” faz com que a localização da barragem seja mais precisa.

No modelo da ANA, 10 (dez) itens forem inseridos, que são essenciais para avaliação da segurança da barragem, a fim de uma inspeção mais criteriosa da estrutura. Itens como: avaliação da bacia amortecedora, tomada d’água (acionamento), comportas, poço do acionamento, boca de entrada e “stoplog”, galeria da tomada d’água, estruturas de saídas, reservatório, região de jusante da barragem e medidor de vazão.

3.2.1.2. FICHA PARA INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE TERRA

A ficha para inspeção de barragem de terra, assim como a ficha da barragem de concreto, já vem retratando mais tecnicamente os termos utilizados, direciona o que avaliar nas inspeções e permite uma localização do empreendimento mais precisa. Subtende-se que quem for utilizar o modelo, tem conhecimentos técnicos da área, o suficiente para entender como estão dispostas as planilhas de preenchimento e os termos utilizados.

Sabe-se que os empreendedores têm muita dificuldade na questão de preenchimento das coordenadas geográficas da barragem. Sendo assim, o modelo de barragem de terra da ANA traz o diferencial do formato das coordenadas em sistema geográfico (em graus, minutos e segundos) e a identificação do DATUM.



Segundo o IBGE (2018), DATUM é um sistema de referência para as coordenadas geodésicas e aceleração da gravidade. Com isso, permite a previsão da identificação da barragem. Além disso, a ficha possui um campo de preenchimento do curso d'água barrado para maior precisão da identificação (Figura 7).

Figura 7. Modelo de inspeção de barragem de terra da ANA

| FICHA PARA INSPEÇÃO REGULAR DE BARRAGEM DE TERRA | | |
|--|--------------------|-----------------------------|
| DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL | | |
| 1 - Nome da Barragem: | | |
| 2 - Coordenadas: ° ' "(N)(S) ° ' " O Datum: | | |
| 3 - Município/Estado: | | |
| 4 - Vistoriado Por: | | Assinatura: |
| 5 - Cargo: | | |
| 6 - Data da Vistoria: / / | | Vistoria N.º: / |
| 7 - Cota atual do nível d'água: | | |
| 8 - Bacia: | | Curso d'água barrado: |
| 9 - Empreendedor: | | |
| Legenda: | | |
| SITUAÇÃO: | MAGNITUDE: | NIVEL DE PERIGO (NP) |
| NA – Este item Não é Aplicável | I - Insignificante | 0 - Nenhum |
| NE – Anomalia Não Existente | P - Pequena | 1- Atenção |
| PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez | M - Média | 2- Alerta |
| DS – Anomalia Desapareceu | G- Grande | 3- Emergência |
| DI – Anomalia Diminuiu | | |
| PC – Anomalia Permaneceu Constante | | |
| AU – Anomalia Aumentou | | |
| NI – Este item Não foi Inspeccionado (Justificar) | | |

Fonte: ANA, 2018.

O item A de “Localização/anomalia” na ficha de inspeção da ANA já possui uma descrição mais detalhada e objetiva do que se busca avaliar. A Figura 8 demonstra que o modelo, em seu subitem 9 e 10 já identifica o termo local como “Gerência Regional” e direciona tecnicamente sobre o que avaliar dos equipamentos não deixando lacunas de constatações nas inspeções.

Figura 8. Item A “Infraestrutura operacional”

| COD | LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA | SITUAÇÃO | | | | | | | | MAGNITUDE | | | | NP |
|------------|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|---|---|---|----|
| A - | INFRAESTRUTURA OPERACIONAL | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Falta de documentação sobre barragem | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 2 | Falta de material para manutenção | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 3 | Falta de treinamento do pessoal | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 4 | Precariedade de acesso de veículos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 5 | Falta de energia elétrica | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 6 | Falta de sistema de comunicação eficiente | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 7 | Falta ou deficiência de cercas de proteção | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 8 | Falta ou deficiência nas placas de aviso | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 9 | Falta de acompanhamento da Gerência Regional | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 10 | Falta de manuais de operação e manutenção dos equipamentos Hidromecânicos e elétricos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |

Fonte: ANA, 2018.



No item B.5, conforme apresenta a Figura 9, já inclui um subitem que deve ser avaliado nas inspeções, sendo este: “7. Deficiência no poço de alívio”.

Figura 9. Subitem 7. Deficiência no poço de alívio

| B.5 | INSTRUMENTAÇÃO | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | Acesso precário aos instrumentos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 2 | Piezômetros entupidos ou defeituosos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 3 | Marcos de recalque defeituosos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 4 | Medidores de vazão de percolação defeituosos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 5 | Falta de instrumentação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 6 | Falta de registro de leituras da instrumentação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 7 | Deficiência no poço de alívio | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| Comentários: | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: ANA, 2018.

Com esse item, a inspeção torna-se mais minuciosa, onde pretende constatar se os poços de alívio reduzem, de forma satisfatória, as subpressões realizadas pela percolação da água da fundação, independentemente da sua posição podendo ser sob o dreno de pé, a jusante da barragem.

Além de reduzir com eficiência a subpressão ocorrente na barragem, o poço de alívio requer inspeções e manutenções a fim de que permita a eficiência desejável.

Para Oliveira (2008), os poços de alívio serão eficazes apenas em situações que a permeabilidade do material do preenchido ser equivalente em uma média em dez vezes maior que a condição de permeabilidade do material que constitui a fundação.

Para avaliar a existência da deficiência do poço de alívio, seriam ideais, a verificação e a medição do nível d'água no interior da fundação e observação se estaria atingindo o permissível para descarregamento no tapete horizontal de drenagem.

Segundo Teixeira (2017), o tapete drenante consegue direcionar o fluxo percolado na fundação para o pé de jusante da barragem. Para uma maior eficiência do tapete drenante e evitar as subpressões devem garantir com que ocorra em uma menor carga hidráulica para manter a zona de jusante não saturada e baixo gradiente.



Na Figura 10, o item “D. Reservatório” apresenta no subitem 11 um termo mais específico de animais, o que indica que é usualmente encontrar gado pastando nas áreas da barragem.

Figura 10. Item 11. “Gado pastando”

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|--|
| 10 | Presença de animais e peixes mortos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 11 | Gado pastando | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| Comentários: | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: ANA, 2018.

No item “G. Galeria” e no item “H. Estrutura de saída” do modelo da ANA, conforme Figura 11 e 12, foi inserido um subitem em relação ao modelo do Ministério da Integração: “3. Sinais de fadiga ou perda de resistência”.

Figura 11. Item G. Galeria

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|--|
| G. | GALERIA | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Corrosão e vazamentos na tubulação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 2 | Sinais de abrasão ou cavitação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 3 | Sinais de fadiga ou perda de resistência | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 4 | Defeitos nas juntas | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 5 | Deformação do conduto | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 6 | Desalinhamento do conduto | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 7 | Surgências de água no concreto | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 8 | Precariedade de acesso | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 9 | Vazamento nos dispositivos de controle | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 10 | Surgências de água junto à galeria | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 11 | Falta de manutenção | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 12 | Presença de pedras e lixo dentro da galeria | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| 13 | Defeitos no concreto | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G | |
| Comentários: | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: ANA, 2018.

A galeria é um acesso ou também pode ser um túnel, que se localiza no corpo da barragem, proporcionando uma acessibilidade e facilidade da drenagem, das inspeções visuais, dos reparos de fundação e drenagem e/ou de injeção da fundação (MIRANDA, 2016; CARDIA, 2018).



O item da ficha de inspeção visual da ANA não especifica um campo da finalidade da galeria na barragem a ser inspecionada. Desta forma, este mesmo item pode ser usado para qualquer galeria que venha a constituir a barragem, como: a existência da galeria no conduto.

Figura 12. Item H. Estrutura de saída

| H. | ESTRUTURA DE SAIDA | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | Corrosão e vazamentos na tubulação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 2 | Sinais de abrasão ou cavitação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 3 | Sinais de fadiga ou perda de resistência | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 4 | Ruídos estranhos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 5 | Defeitos nos dispositivos de controle | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 6 | Falta ou deficiência nas instruções de operação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 7 | Surgências de água no concreto | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 8 | Precariedade de acesso (árvores e arbustos) | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 9 | Vazamento nos dispositivos de controle | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 10 | Falta de manutenção | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 11 | Construções irregulares | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 12 | Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 13 | Presença de pedras e lixo dentro da caixa de válvulas | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 14 | Defeitos no concreto | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |

Fonte: ANA, 2018

Ainda no item “H. Estrutura de saída” foi também inserido o subitem “6. Falta ou deficiência nas instruções de operação” (Figura 13) com o intuito de ser mais crítico na avaliação na inspeção de como deve operar adequadamente a barragem, sendo um elemento importante como constituinte de documentação e operação da barragem.

As instruções de operações são essenciais para o trabalho que deve ser executado na barragem. Constitui uma descrição aprofundada das medidas essenciais para a realização da operação para que as ações tornem eficazes e evitem possíveis acidentes/incidentes na barragem.

Figura 13. Item H

| H. | ESTRUTURA DE SAIDA | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | Corrosão e vazamentos na tubulação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 2 | Sinais de abrasão ou cavitação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 3 | Sinais de fadiga ou perda de resistência | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 4 | Ruídos estranhos | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 5 | Defeitos nos dispositivos de controle | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 6 | Falta ou deficiência nas instruções de operação | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 7 | Surgências de água no concreto | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |
| 8 | Precariedade de acesso (árvores e arbustos) | NA | NE | PV | DS | DI | PC | AU | NI | I | P | M | G |

Fonte: ANA, 2018



3.2.1.3. FICHA PARA INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE APROVEITAMENTO ELÉTRICO

O Ministério da Integração não possui um modelo específico para barragem com finalidade de energia elétrica. No entanto, a ANA possui um modelo complementar de ficha de inspeção regular para estruturas associadas à geração hidrelétrica que permite uma segurança maior para estes tipos de barragens.

Figura 14. Ficha de inspeção para estruturas de geração hidrelétrica

| COMPLEMENTAÇÃO DE FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR PARA ESTRUTURAS ASSOCIADAS À GERAÇÃO HIDRELÉTRICA | | |
|---|--------------------|-----------------------------|
| DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL | | |
| 1 - Nome da Barragem: | | |
| 2 - Coordenadas: ° ' " S ° ' " O Datum: | | |
| 3 - Município/Estado : | | |
| 4 - Vistoriado Por: | | Assinatura: |
| 5 - Cargo: | | |
| 6 - Data da Vistoria: / / | | Vistoria N.º: / |
| 7 - Cota atual do nível d'água: | | |
| 8 - Bacia: | | Curso d'água barrado: |
| 9 - Empreendedor: | | |
| Legenda: | | |
| SITUAÇÃO: | MAGNITUDE: | NIVEL DE PERIGO (NP) |
| NA - Este item Não é Aplicável | I - Insignificante | 0 - Nenhum |
| NE - Anomalia Não Existente | P - Pequena | 1 - Atenção |
| PV - Anomalia constatada pela Primeira Vez | M - Média | 2 - Alerta |
| DS - Anomalia Desapareceu | G- Grande | 3- Emergência |
| DI - Anomalia Diminuiu | | |
| PC - Anomalia Permaneceu Constante | | |
| AU - Anomalia Aumentou | | |
| NI - Este item Não foi Inspeccionado (Justificar) | | |

Fonte: ANA, 2018

O modelo avalia componentes estruturais como: casa de força e área de montagem, paredes e cobertura da casa de força, galerias (elétrica, mecânica, acesso ao tubo de sucção, espaço anelar), galerias de drenagem e injeção, instrumentação, tubos de sucção, acabamentos e instalações, canal de fuga, descarregador de fundo da galeria, eclusa na parte montante e jusante da câmara, galerias, pontes sobre a eclusa, edificações, escada de peixes, ombreiras a montante e jusante até 200 m, pátios, plataforma dos trafos, poço de drenagem, sistemas anti-incêndio, bacia de contenção,



caixa separadora de óleo, subestação (acabamentos e paisagismo), túneis e vertedouro tulipa (galeria de descarga).

Em nenhum momento a ficha da ANA e o manual especifica a limitação de 200 metros na avaliação das ombreiras de montante e jusante. Desta forma, a valorização de 200 metros descrita na ficha complementar associadas à geração hidrelétrica foi dita como arbitrária sem levar em consideração uma referência.

Estas estruturas supracitadas, uma vez avaliadas em inspeção visual regular, permitem proporcionar uma maior segurança na verificação de possíveis danificações e ações corretivas imediatas.

3.2.2. MODELO ADOTADO EM PORTUGAL

Em Portugal, a Agência Portuguesa do Ambiente - APA, utiliza na nomenclatura de inspeções visuais as inspeções de rotina, de especialidade ou de caráter excepcional, como já abordado no item 1.4.1.3. Estas inspeções ocorrem em paralelo com o preenchimento de uma ficha de inspeção que é definida para barragem que será inspecionada.

As fichas de inspeções são adaptadas, de acordo com as necessidades da observação em função do comportamento/ocorrências detectadas, de fichas base para as barragens que serão inspecionadas.

Estas mesmas fichas base são disponibilizadas para os empreendedores, sendo utilizadas em todas as barragens. As fichas são classificadas pelo tipo de material da barragem, sendo:

- ..Ficha de inspeção visual das barragens de aterro;
- ..Ficha de inspeção visual das barragens de Betão e alvenaria;
- ..Ficha de inspeção visual de segurança hidráulico-operacional e riscos a jusante.



Esse procedimento é semelhante com o que acontece no Brasil. A Agência Nacional das Águas (ANA), utilizam fichas de inspeções visuais por tipo de material também, sendo:

- ..Ficha de inspeção visual das barragens de terra;
- ..Ficha de inspeção visual das barragens de concreto;
- ..Complemento de ficha para finalidade de aproveitamento elétrico.

As fichas de Portugal são itemizadas por compartimentos da barragem voltados para segurança da mesma. Cada tipo de ficha (Aterro e Betão-Alvenaria) é direcionado para avaliação de anomalias freqüentes nas barragens (Quadro 4).

Quadro 4. Fichas de Inspeção Visual de Portugal

| Aterro | Betão-Alvenaria |
|--|--|
| CORPO DA BARRAGEM | |
| <p>Paramento de montante I. Proteção (Estado geral, Vegetação, Perturbações localizadas (deslocamentos vazios, erosões, fendas, depressões, escorregamentos ou subsidências), Arrastamento de finos por drenagem de águas pluviais)</p> | <p>Paramento de montante I. Altura emersa II. Aspecto do betão/alvenaria (Estado, Índícios de reações químicas, Manchas de alteração, Lascagem ou escamação e Erosão) III. Juntas (Abertura, indícios de movimento de abertura/fecho, Índícios de movimentos de deslizamentos, Estado de alteração das argamassas das alvenarias e Testemunhos) IV. Fissuração predominante (Generalizada/Localizada, Localização, Situação, Idade aparente, Causa aparente, Abertura, Evolução aparente, orientação predominante, Tipo, Efeitos associados predominantes, Movimentos aparentes e Instrumentação) V. Infiltrações (Generalizadas/Pontuais, Localização, Situação, Tipo e Intensidade) VI. Avaliação Parcial</p> |
| <p>Coroamento I. Condições de acessibilidade ao coroamento II. Condições de circulação (Em geral, Passagem no coroamento sobre o descarregador de superfície) III. Pavimento (Estado geral, Nivelamento visual, Descrição de perturbações localizadas (fissuração ou depressões) e Sistema de escoamento das águas pluviais) IV. Guarda de montante (Estado geral, Descrição de perturbações localizadas (fissuração, esmagamento, mov. relativo nas juntas e roturas), Alinhamento e Nivelamento) V. Passeio de montante (Estado geral, Descrição de perturbações localizadas (fissuração, esmagamento, cavalgamento, mov. relativo nas</p> | <p>Coroamento I. Estado dos acessos ao coroamento II. Revestimento III. Estado do pavimento IV. Juntas (Abertura, Índícios de movimentos de abertura/fecho, Índícios de movimentos de deslizamento e Testemunhos) V. Avaliação parcial do estado do coroamento</p> |



juntas e roturas), Alinhamento e Nivelamento)
VI. Guarda de jusante (Estado geral, Descrição de perturbações localizadas, Alinhamento e Nivelamento)
VII. Passeio de jusante (Estado geral, Descrição de perturbações localizadas (fissuração, esmagamento, cavalgamento, mov. relativo nas juntas e roturas), Alinhamento e Nivelamento)

Continua

Quadro 4. Fichas de Inspeção Visual de Portugal (Continuação)

| Aterro | Betão-Alvenaria |
|--|--|
| CORPO DA BARRAGEM | |
| Paramento de jusante I. Talude (Estado geral, Ravinamentos, Perturbações localizadas (deslocamentos vazios, erosões, fendas, depressões, escorregamentos ou subsidências), Buracos escavados por animais, Vegetação de excessivo porte, Arrastamento de finos por ações das águas pluviais e Ressurgências e zonas húmidas) II. Banquetas (Nivelamento visual e Vegetação) III. Caleiras (Tipo, Seção, Limpeza (finos), Roturas, Apoio deficiente, condições de escoamento, Perturbações (blocos ou detritos)) | Paramento de jusante I. Aspecto do betão/alvenaria (Estado, Indícios de reações químicas, Manchas de alteração, Lascagem ou escamação e Erosão) II. Juntas (Abertura, Indícios de movimento de abertura/fecho, Indícios de movimentos de deslizamentos, Estado de alteração das argamassas das alvenarias e Testemunhos) III. Infiltrações (Generalizadas/Pontuais, Localização, Situação, Caudal) IV. Depósitos (Generalizados/Pontuais, Localização, Situação, Tipo e Intensidade) V. Fissuração predominante (Generalizada/Localizada, Localização, Situação, Idade aparente, Causa aparente, Abertura, Evolução aparente, Orientação predominante, Tipo, Efeitos associados predominantes, Movimentos aparentes e Instrumentação) VI. Avaliação parcial |
| Zona de inserção do talude de jusante no maciço I. Ressurgências II. Depressões III. Vegetação IV. Subsidências V. Caleiras (Tipo, Seção, Limpeza, Roturas, Apoio deficiente e Funcionalidade) | Zona de inserção do paramento de jusante no maciço I. Ressurgências (Ocorrência, Localização e Caudal) II. Vegetação III. Acessos IV. Avaliação parcial do estado da zona a jusante |
| Encontro direito a montante I. Nascentes II. Depressões III. Vegetação IV. Caleiras (Tipo, Seção, Limpeza, Roturas, Apoio deficiente e Funcionalidade) | Maciço de fundação I. Acesso II. Drenagem III. Percolação IV. Pressão da água V. Deslocamentos aparentes VI. Avaliação parcial do maciço de fundação |
| Encontro direito a jusante I. Ressurgências II. Depressões III. Vegetação IV. Caleiras (Tipo, Seção, Limpeza, Roturas, Apoio deficiente e Funcionalidade) | Encontros - margem direita a montante I. Movimentos aparentes II. Infiltrações pelo betão/argamassa (encontros artificiais) III. Fissuração (encontros artificiais) IV. Ressurgências V. Erosão VI. Avaliação parcial do encontro da margem direita |



| | |
|---|--|
| <p>Encontro esquerdo a montante</p> <p>I. Nascentes II. Depressões III. Vegetação IV. Caleiras (Tipo, Seção, Limpeza, Roturas, Apoio deficiente e Funcionalidade)</p> | <p>Encontros - margem direita a jusante</p> <p>I. Movimentos aparentes II. Infiltrações pelo betão/argamassa (encontros artificiais) III. Fissuração (encontros artificiais) IV. Ressurgências V. Erosão VI. Avaliação parcial do encontro da margem direita</p> |
|---|--|

Quadro 4. Fichas de Inspeção Visual de Portugal (Continuação)

| Aterro | Betão-Alvenaria |
|--|---|
| CORPO DA BARRAGEM | |
| <p>Encontro esquerdo a jusante</p> <p>I. Nascentes II. Depressões III. Vegetação IV. Caleiras (Tipo, Seção, Limpeza, Roturas, Apoio deficiente e Funcionalidade)</p> | <p>Encontros - margem esquerda a montante</p> <p>I. Movimentos aparentes II. Infiltrações pelo betão/argamassa III. Fissuração IV. Ressurgências V. Erosão VI. Avaliação parcial do encontro da margem esquerda</p> |
| <p>Zonas de contato com estruturas de betão</p> <p>I. Ressurgências II. Depressões III. Subsidiências IV. Deslocamentos V. Vegetação</p> | <p>Encontros - margem esquerda a jusante</p> <p>I. Movimentos aparentes II. Infiltrações pelo betão/argamassa III. Fissuração IV. Ressurgências V. Erosão VI. Avaliação parcial do encontro da margem esquerda</p> |
| <p>Zonas de contato com condutos</p> <p>I. Ressurgências II. Depressões III. Subsidiências IV. Vegetação</p> | <p>Galerias</p> <p>I. Designação da galeria II. Acessos (Situação, Estado e segurança pessoal, Segurança à intrusão) III. Condições de visita na galeria (Ventilação, Iluminação, Inundações e Outros) IV. Cota do piso V. Extensão da galeria VI. Aspecto do betão/alvenaria (Estado, Índícios de reações químicas, Lascagem ou escamação e Erosão) VII. Juntas (Abertura, Índícios de movimentos de abertura/fecho, Índícios de movimentos de deslizamentos, Estado de alteração das argamassas e Testemunhos) VIII. Infiltrações (Generalizadas/Pontuais, Localização, Situação, Tipo e Intensidade) IX. Depósitos (Generalizados/Pontuais, Localização, Situação, Tipo e Intensidade) X. Fissuração predominante (Generalizada/Localizada, Localização, Situação, Idade aparente, Causa aparente, Abertura, Evolução aparente, Orientação predominante, Tipo, Efeitos associados, Movimentos aparentes e Instrumentação) XI. Caleiras XII. Avaliação parcial do estado da galeria</p> |



Quadro 4. Fichas de Inspeção Visual de Portugal (Continuação)

| Aterro | Betão-Alvenaria |
|---|---|
| CORPO DA BARRAGEM | |
| Galerias I. Fendilhação II. Depósitos de carbonato de cálcio III. Ressurgências (turbação) IV. Arrastamento de finos V. Turvação da água dos drenos VI. Caleiras VII. Juntas de contração VIII. Iluminação | Poços I. Material sedimentado II. Turvação III. Equipamento de bombagem (Número de bombas e Funcionalidade) |
| Poços I. Material sedimentado II. Turvação III. Equipamento de bombagem (Número de bombas e Funcionalidade) | - |

Fonte: Adaptado da AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2018

Constatou-se que as fichas de Portugal, apresentadas no Quadro 4 apenas para o corpo da barragem, possuem um maior compartimento do que os modelos de fichas do Brasil. Apenas não estão posicionados como itens dotados de opções para marcação e registro. Há apenas uma lista de orientação.

Os itens dispostos na ficha da Agência Portuguesa do Ambiente possibilitam uma revisão das condições de segurança da barragem a ser inspecionada com registros de anomalias, sem marcações de legendas, como do Ministério da Integração no Brasil. Isso estaria permitindo que o profissional descreva suas observações e apense os registros fotográficos em cada item a ser inspecionado.

No entanto, a ausência de alternativas de legendas de situações predefinidas iria exigir o registro das observações. Nem sempre o inspetor da barragem apresenta condições de escrita adequada para transcrever a situação observada.



4. CAPÍTULO IV- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as particularidades de cada órgão fiscalizador em barragens e de suas respectivas necessidades de atendimento à Lei Federal nº 12.334/2010, constatou-se que as maiorias dos estados brasileiros adotam como referência o modelo de ficha de inspeção visual da Agência Nacional das Águas (ANA).

Ficou evidente que as fichas de inspeção visual no Brasil são padronizadas, uma vez que foram baseados no manual emitido pelo Ministério de Integração. Nelas se utilizam alguns termos empregados de anomalias, que podem ocasionar, a depender das condições que são expostas na inspeção, um mal entendimento para o profissional que irá obter a ficha em mãos e avaliará as condições de segurança da barragem.

Em comparação as fichas bases de inspeção visual de Portugal, estas demonstram uma abordagem mais orientativa que as do Brasil no sentido de permitir a possibilidade, para cada anomalia, que o profissional possa realizar descrições na ficha e anexe o registro fotográfico para cada constatação.

O método utilizado nas fichas bases de Portugal possibilitaria uma avaliação mais eficiência que a simples marcação de opções de eventuais tendências na barragem. No entanto, estaria subtendendo que os inspetores tinham que possuir um nível de escolaridade e conhecimentos aprofundados na área que permitisse com que descrevessem as situações observadas tecnicamente e gramaticalmente.

A perspectiva futura é que os modelos de ficha do Brasil sejam baseados em experiências internacionais para que se aprimore e desenvolva na área de inspeção visual regular e permita, assim, possibilitar uma melhoria e garantia na área de segurança de barragem.

Vale ressaltar que o próprio Guia de Segurança de Barragem da Agência Nacional de Águas (ANA) possui passagens que referenciam os manuais internacionais, como, por exemplo, da Federal Emergency Management Agency (FEMA).



Além disso, o modelo de ficha de inspeção visual regular no Brasil basicamente é padronizado e os órgãos fiscalizadores acabam utilizando-o como referência para inspeções de barragens de suas competências.

Em relação às fichas de Portugal, os mesmos são modelos de fichas bases, não possuindo integralmente uma padronização e nem legendas, que tem a possibilidade de adaptarem para a barragem que será inspecionada.

Neste contexto, no Brasil existem diversas barragens com layouts diversos, com estruturas variadas. Como nem sempre existem as mesmas estruturas, as anomalias não serão detectadas e apenas constará na ficha uma marcação de “NA – Não Se Aplica”. Haveria excesso de itens, apenas para “NA” no preenchimento da ficha de inspeção.

Existem diversas anomalias que podem estar ocorrendo, de forma oculta (por exemplo, em meio ao enrocamento), sem ser possível sua visualização. E, não sendo detectadas, de forma inadequada, apenas constará na ficha uma marcação de “NE – Não Existe”. Isso pode ser perigoso, pois se estará assumindo uma situação irreal, sem a tomada imediata de ações adequadas, de prevenção e/ou correção.

Em relação às opções adotadas para o preenchimento das fichas de inspeção no Brasil, estas foram adotadas em função da situação da barragem e das estruturas e/ou equipamentos que estão sendo inspecionados.

Vale ressaltar que os modelos de fichas de inspeção no Brasil utilizam as mesmas classificações, sendo estas: Situação; Magnitude; e Nível de Perigo.

Conclui-se portanto, que estas classificações, em relação aos preenchimentos das fichas, são indicadores subjetivos podendo ocasionar uma interpretação equivocada. Onde vários fatores podem influenciar na escolha das opções supracitadas para o preenchimento da ficha, ocasionando incertezas na avaliação das informações, pelo órgão ambiental.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE - APA. **Documentos Técnicos de Apoio ao Regulamento de Segurança de Barragens (RSB)**. Comissão dos Regulamentos de Barragens (2008-2016). 1ª edição. Lisboa, abril de 2018. Disponível em: <<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=31&sub3ref=1286>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

AGUIAR, D. P. De O, **Contribuição ao estudo do índice de segurança de barragens – ISB**. 2014. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas. Orientado pelo Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho.

ANA. **Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência – PAE**. Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens – Volume IV. 2015. Agência Nacional das Águas. Brasília: ANA, 2015.

_____, **Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragens**. Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens – Volume II. 2016. Agência Nacional das Águas. Brasília: ANA, 2016.

_____, **Guia Prático de Pequenas Barragens**. Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens – Volume VIII. 2016. Agência Nacional das Águas. Brasília: ANA, 2016.

_____, **Módulo II: Inspeção e Auscultação de Barragens**. Unidade 1: Anomalias em Barragens. Curso Segurança de Barragens. 2018. Agência Nacional das Águas. Brasília: ANA, 2018.

_____, **Módulo II: Inspeção e Auscultação de Barragens**. Unidade 2: Instrumentação de Barragens. Curso Segurança de Barragens. 2018. Agência Nacional das Águas. Brasília: ANA, 2018.

ANDREU, V., Resolução Normativa REN. 236, de 30 de janeiro de 2017, ANA, Brasília, DF, 2017;

BARBOSA, R. De A. **Diagnóstico e execução de ações corretivas visando à recuperação da barragem Poleiros, em Barra de Santa Rosa, PB**. 2014. Monografia de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual do Paraíba. Orientado pelo Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira.

BATISTA, D. G. **Investigação da deterioração de concretos de UHEs por reações com**



os agregados. 2013. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás. Orientado pela prf^a. Dra. Nicole Pagan Hasparyk.

BIZAWU, K; MOREIRA, R. **Licenciamento ambiental e a Política Nacional de Segurança de Barragem Lei 12.334/2010.** Curitiba. 2017. Vol.03, n° 48. 271-298 p.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei n°. 12.334 de 20 de setembro de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 set. 2010.

BORTOLUCCI, A. P; R, Fábio A. G. V; GIORDANO, L. Do C; COURA, M. M; RUIZ, W. D; DEMARCHI, F. B. **Avaliação da Suscetibilidade à Ocorrência de Escorregamentos nas Encostas Marginais de Barragens de Terra: Estudo de Caso na Bacia Hidrográfica do Rio das Araras.** 15° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2015.

CARDIA, R. J. R., **“A Utilização de ‘Checklist’ nas Inspeções Visuais em Barragens de Concreto da CESP”** In XV SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, ANAIS, CBGB, Rio de Janeiro, RJ, 1983;

———, **“Checklist para Inspeção Visual de Barragens”**, in Simpósio Brasileiro de Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, V, Anais, Florianópolis, SC, CBDB, Rio de Janeiro, RJ, 2006;

———, **“Formatação de Checklist em Inspeção Visual de Barragens”**, Trabalho de Conclusão (TCC) de Curso de Especialização em Segurança de Barragens, UFBA, Salvador, BA, 2015;

——— **Glossário da Terminologia de Barragens**, in, ‘Laudo, Parecer Técnico e Relatório’, R.0.1, disciplina do Curso de Especialização em Segurança de Barragens, RJC Engenharia, UFBA, Salvador, BA, 14FEV18.

CARDIA, R. J. R. & BLACKETT, F. L., **“Sobre a tomada de decisões e a avaliação de riscos”**, in, Anais, XXX Seminário Nacional de Grandes Barragens, CBDB, Foz do Iguaçu, PR, 2015.

CIGB-ICOLD. **Barragens para o desenvolvimento humano sustentável.** 1928-2008. 80 anos. Comissão Internacional de Grandes Barragens. Paris, França, 2008.

DIAS, G. G. **Proposta de metodologia de avaliação qualitativa da segurança de barragens com base no risco.** 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ELETROBRÁS. **Avaliação da Segurança de Barragens Existentes.** Memória da Eletricidade. Rio de Janeiro, RJ, 1987, 176 p.



FEMA. **Federal Guidelines for Dam Safety**. U.S. Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency. April, 2004.

FONSECA, A; ROQUE, D; HENRIQUES, M. J; MIMOSO, J. M, **Aplicação de Metodologias de Processamento Digital de Imagens à Inspeção Visual de Obras de Engenharia**. In, IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão. Lisboa, PT, 17 a 29 de setembro de 2016.

FRANCO, C. S. S. P. De A. **Segurança de barragens: aspectos regulatórios**. 2008. Monografia de Conclusão de Curso (Programa de Pós-graduação em Engenharia do Meio Ambiente) – Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás. Orientado pelo Prof. Dr. Klebber Teodomiro Martins Formiga.

LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Monografia de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia de Materiais e Construção) – Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Orientado pelo Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo.

MEDEIROS, C. H. **Regulamentação da Lei de Segurança de Barragens**. Núcleo Regional de São Paulo. Instituto de Engenharia de São Paulo – IE (Departamento de Engenharia do Habitat). São Paulo, SP, 29 de novembro de 2011.

_____, **Desafios na Implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens – A Visão das Instituições Técnicas**. Intercâmbio Brasil-Portugal sobre segurança de barragens: legislação e prática. 05 de outubro de 2012. Brasília, 2012.

MELO, A. V. De. **Análises de risco aplicadas a barragens de terra e enrocamento: estudo de caso de barragens da Cemig GT**. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. Orientado pela Profa. Dra. Terezinha de Jesus Espósito Barbosa.

MENDES, N. B. **Estudo comparativo analítico-numérico de aspectos da interação fluido-estrutura em cascas com aplicações a barragens em arco**. Dissertação de Mestrado (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, 2013. Orientado pelo Prof. Lineu José Pedrosa.

MINISTÉRIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE. **Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses**, BOE, núm. 78, Espanha. 30 de março de 1996.

MIRANDA, A. N. De. **Notas de Aula: Inspeção de Barragens**. Curso: Inspeção e Segurança de Barragens. Fundação Parque Tecnológico – Brasil. Agência Nacional de Águas, Foz do Iguaçu - PR, 2016.

OLIVEIRA, A. G. S. De. **Análise da eficácia dos dispositivos de vedação e drenagem**



utilizados em fundações permeáveis de barragens de terra. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2008. Orientado pelo Prof. Dr. Orencio Monje Vilar.

PEREIRA, R. M. R. **Análise probabilística da segurança ao deslizamento de barragens gravidade de betão.** Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2011. Orientado pelo Prof. Dr. António Lopes Batista.

PINHEIRO, L. M; MUZARDO, C. D; SANTOS, S. P; CATOIA, T; CATOIA, B. **Estrutura de Concreto – Capítulo 1.** Notas de aula. USP – EESC – Dep. Eng. De Estruturas, São Carlos, SP, Março de 2010.

PLANEAMENTO E DAS INFRAESTRUTURAS. Diário da República. **Decreto-Lei nº. 21/2018.** Diário da República Eletrónico, 1ª série – Nº. 62. P. 1433-1454. Portugal, 28 de março de 2018.

PROÁGUA Semi-Árido Obras (UGPO). **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens.** Ministério da Integração Nacional, Brasília, DF, 2002, 148 p.

RAMOS, S. R. C. **Inspeção Visual Assistida de Paramentos de Barragens de Betão.** Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa, PT, 2015. Orientado pela Prof. Dra. Ana Navarro Ferreira e Eng. Ana Fonseca.

ROQUE, D; FONSECA, A. **Aplicação das Técnicas de Inspeção Visual Assistida na Monitorização de Ensaios de Flexão até à Rotura de Vigas de Madeira.** Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I&D Barragens de Betão, Relatório 453/2013 – DBB/NGA, Lisboa, PT, dezembro de 2013.

SAMPAIO, M. V. N. **Segurança de barragens de terra: um relato da experiência do Piauí.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (Recursos Hídricos)) – Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2014. Orientado pelo Prof. PhD. José Nilson Beserra Campos.

SILVA, M. B. F. A; SILVA FILHO, F. C. Da. **Avaliação de segurança em barragem por inspeção visual: estudo de múltiplos casos no Estado do Ceará.** Rev. Tecnol. 2013. Dez. V 34, n 1 e 2, Fortaleza, CE, pág. 33-45.

SILVA, J. Da. **Análise em Segurança de Barragens com Base em Sistema de Inspeção e Monitoramento de Instrumentação.** Monografia de Conclusão de Curso – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2016. Orientada pela Dra. Prof. Patrícia de Oliveira Faria.

SOARES, A. P. F; VASCONCELOS, L. T; NASCIMENTO, F. B. C. Do. **Corrosão em Armaduras de Concreto.** Ciências Exatas e Tecnológicas, Maceió, AL, V.3, n.1. Novembro, 2015, Pág. 177-188.



SOUZA, D. H. C. et al. **Análise probabilística e de sensibilidade dos parâmetros de um estudo de rompimento hipotético: barragem de terra.** Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas, SP, 2016. Orientado pelo Prof. Dr. Tiago Zenker Gireli.

SOUZA, M. M. **Estudo para o Projeto Geotécnico da Barragem de Alto Irani, SC.** Monografia de Conclusão de Curso – Escola Politécnica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2013. Orientado pelo Prof. D. Sc. Marcos Barreto de Mendonça.

TANUS, H. M. **Importância da inspeção na prevenção de falhas em barragens: estudo de caso.** Monografia de Conclusão de Curso – Escola Politécnica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2018. Orientado pelo Prof. Jorge Santos.

TEIXEIRA, S. H. C. **Sistemas de Vedação e de Drenagem Interna.** Curso de Capacitação em Estruturas de Barragens; Terra, Enrocamento e Rejeitos. Curitiba, PR. Abril, 2017.

TONUSSI, A. P. **Estudo de ruptura de barragem por piping.** Monografia de Conclusão de Curso. Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017. Orientado pelo Prof. Cesar Schmidt Godoi.

WAZTKO, A. **Barragem de enrocamento com face de concreto no Brasil.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007. Orientado pelo Prof. Ph.D. Marciano Maccarini.