SEGURANÇA DE BARRAGENS: AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Letícia Roos Matte (Fundação Araucária), Gabriela Mazureki Campos Bahniuk (Orientador), e-mail: gabriela.campos@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia Civil.

Engenharia Civil / Estruturas

Palavras-chave: lei nº 12.334, instrumentação, barragens.

Resumo

A pesquisa iniciou com o estudo das legislações referente à segurança de barragens, incluindo a lei nº 12.334 de 2010 e suas resoluções, as quais repassam diretrizes para os proprietários e operadores de barragens, bem como classifica seu risco à sociedade. Sendo o objetivo principal avaliar a utilização de ensaios não destrutivos para segurança de barragens foi realizado um levantamento de ensaios não destrutivos normalizados bem como de outras técnicas, planos de monitoramento e manuais de instrumentação e inspeção visual. Na busca pelos ensaios não destrutivos aplicados no Brasil e no mundo, foram encontrados alguns compatíveis com as barragens, os quais devem aumentar a segurança e o controle de qualidade dos materiais envolvidos na sua construção. Ao fim, conclui-se que o estudo e desenvolvimento de sistemas para o controle da segurança de barragens no Brasil e nos demais países exige ainda muito trabalho, tendo em vista que se trata de grandes estruturas da engenharia e pelo risco que oferecem as comunidades próximas.

Introdução

A pesquisa sobre segurança de barragens é um tema que atualmente vem sendo muito discutido e preocupa as nações devido ao grande porte de suas construções. Considerando os acidentes relacionados com essas estruturas, as fatalidades e destruição nas regiões próximas às barragens, percebe-se a importância de garantir a segurança e a qualidade dessas obras, não somente durante sua execução, mas também em todo o período de operação desse bem tão significativo para geração de energia, entre outras formas de sua utilização. Para garantir a segurança buscaram-se as legislações que norteiam a segurança de barragens, bem como a forma como são inspecionadas e monitoradas atualmente. Sendo uma temática recente, muitas possibilidades de garantir a segurança das barragens estão sendo estudadas e aprimoradas, dentre elas, a utilização de ensaios não destrutivos. Desse modo, os objetivos dessa pesquisa são:

a) Conhecimento da legislação brasileira sobre segurança de barragens;
b) Identificação das barragens do Brasil, especialmente do Paraná e como são avaliadas quanto sua integridade estrutural;
c) Levantamento teórico sobre os tipos de ensaios não destrutivos existentes;
d) Pesquisa nos arquivos eletrônicos da Agência de Energia Elétrica (ANEEL) sobre segurança de barragens.

Revisão de literatura

Legislações aplicáveis à segurança de barragens

Para desenvolver a pesquisa sobre o estudo da aplicação de ensaios não destrutivos para avaliação da integridade e segurança de barragens, primeiramente buscou-se informações sobre leis e resoluções que tratam do assunto. A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, bem como cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Juntamente a ela, encontrou-se algumas resoluções que apresentam diretrizes para informações contidas na lei: Resolução nº 144 de 2012 – Implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens; Resolução nº 143 de 2012 – Classificação das barragens por categoria de risco; e Resolução nº 742 de 2011 – Periodicidade das inspeções de segurança de barragens.

Barragens existentes no Paraná

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em julho de 2012, existiam 1.000 barragens para geração hidrelétrica, sendo 185 UHE (Usinas Hidrelétricas), 431 PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas) e 384 GH (Centrais de Geração Hidrelétricas, ou microgeradoras).

No Paraná a fiscalização das 110 barragens existentes é realizada pela ANEEL e pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), sendo 107 e 3, respectivamente. Dentre as barragens do Paraná, 17 delas estão sobre o controle da Companhia Paranaense de Energia – Copel, sendo fiscalizadas todas pela ANEEL. A classificação das demais barragens brasileiras está disponível para a pesquisa no site da Agência Nacional de Águas (ANA).

Resultados e Discussão

Instrumentação e ensaios comumente aplicados para garantir a segurança de barragens

Segundo Bandeira et al. (2017) quando ocorrem acidentes em barragens, são revelados grandes danos devido ao volume de água liberado instantaneamente ao rompimento, e esses danos podem ser materiais, ambientais e humanos.

Para garantir as devidas condições de segurança das barragens ao longo da sua vida útil, devem ser adotadas medidas de prevenção, as quais precisam ser periodicamente revisadas considerando eventuais alterações, que podem ser decorrentes do envelhecimento e deterioração das estruturas ou de outros fatores. Para tanto, existe o Plano de Segurança de Barragens (PSB), que é exigido pela Lei nº 12.334 de 2010 e é utilizado para assegurar uma boa gestão ao empreendedor, além de auxiliar os órgãos responsáveis na fiscalização do cumprimento das normas (ANA, 2016).

O PSB é um instrumento de gestão da segurança que tem o objetivo de mitigar os riscos associados ao rompimento de barragens. O plano realiza o monitoramento e manutenção dos barramentos, além de prover diretrizes em caso de uma ação emergencial (PAE) para proteger as vidas nas áreas de risco (Bandeira et al. 2017).

Segundo Fusaro et al. (2017) outra maneira de assegurar as condições de segurança é criar um Manual de Monitoramento, que consiste na principal ligação entre as fases do projeto, construção e operação de uma barragem. O manual se torna fundamental tendo em vista que a equipe responsável pelo monitoramento não está familiarizada com a execução da obra. Esse manual deve ser elaborado por uma equipe especializada, que esteja familiarizada com a execução da obra e suas dificuldades, bem como os possíveis métodos de instrumentação disponíveis.

Os ensaios e instrumentos para inspeção da segurança das barragens variam conforme o material de sua constituição. Portanto, para as barragens de terra e enrocamento são mais usuais os seguintes instrumentos: Inspeções visuais, placas de recalques com tubos telescópicos, marcos superficiais, medidores de recalque KM e magnéticos, piezômetros, medidores de vazão e poços para observação do nível d'água nas proximidades do reservatório.
Segundo Matos (2002) para barragens de concreto não somente basta saber o material do qual é constituído, mas também qual foi o método construtivo utilizado. Segundo Zuculin e Bernardes (1999), em estruturas de concreto, uma das principais causas de instabilidade de barragens é a subpressão e percolação de água. A maior parte das barragens brasileiras são do tipo gravidade, e nesses casos é importante monitorar os seguintes fatores: subpressão de fundação no contato concreto e rocha; temperatura do concreto; e deslocamentos/recalques de fundação. Para o monitoramento dessas barragens é recomendado alguns métodos como pêndulo direto e invertido, medidor de junta, deformímetro de armadura e concreto, tensômetro de concreto e termômetro de resistência.
Ensaios não destrutivos
O desenvolvimento de ensaios não destrutivos (END) avançou pela necessidade de uma melhor caracterização dos materiais, pois os ensaios convencionais apresentam apenas a resistência potencial e geralmente destroem parte da estrutura analisada, já os ensaios não destrutivos mostram as condições da estrutura propriamente dita, sem danificá-la. Estes ensaios são umas das principais ferramentas para o controle de qualidade de produtos. De uma forma sucinta pode-se dizer que a correta aplicação dos END na produção, assegura a integridade e confiabilidade de um produto.
Para tanto, algumas técnicas chamadas de ensaios não destrutivos podem ter suas funções aplicadas para garantir a segurança das barragens:

- Ensaio de esclerometria (ABNT NBR 7584: 2012);
- Velocidade de propagação de onda ultrassônica (ABNT NBR 8802: 2013);
- Método de penetração de pinos;
- Método de arranchamento "pull off";
- Método de maturidade;
- Medição de espessura;
- Método radioativo;
- Método de emissão acústica;
- Método eco-impacto;
- Método da frequência de ressonância;
- Termografia infra-vermelho;
- Métodos nucleares;
- Líquidos penetrantes;
- Dureza superficial;
- Radar de penetração no solo.

Publicações sobre segurança de barragens nos arquivos eletrônicos da agência de energia elétrica (aneel)
Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico no Setor de Energia Elétrica, tem como objetivo determinar corretamente os recursos usados no processo de geração da energia para que atestem a relevância, viabilidade econômica e a aplicabilidade do serviço. Portanto, para complementar a pesquisa sobre a segurança de barragens foi realizado um levantamento nos projetos de inovação e tecnologia promovidos pela ANEEL. Esses projetos encontram-se no site da ANEEL na aba *Transparência*, em um arquivo formato excel, com o título "Lista de Projetos de P&D (Resolução Normativa 316/2008)". Nessa planilha tem-se acesso a todos os projetos, e algumas

informações dos mesmos, como a empresa responsável, cadastro, custo, duração, avaliação e o valor reconhecido.

Conclusões

Observa-se que a temática segurança de barragens é um assunto recente e que constantes trabalhos têm que ser realizados a fim de assegurar essa condição que já são garantidas através de legislações, inspeções, monitoramentos e manuais. Para atender aos requisitos normativos são realizados ensaios e nesse quesito que, essa pesquisa realizou um levantamento de quais ensaios não destrutivos poderiam ser utilizados em barragens sem danificá-las, fornecendo medições sobre as grandezas envolvidas em todo o processo, desde sua construção até a operação. Ressalta-se que é necessário que os estudos sobre essas grandes obras da engenharia não cessem, pois melhorias sempre existem a fim de aumentar a qualidade e utilização das barragens.

Agradecimentos

A Fundação Araucária pelo subsídio com a bolsa estudos.
A UEPG e a orientadora Prof.ª Me. Gabriela Mazureki Campos Bahniuk pela disponibilidade, orientação e assessoria neste trabalho.
Ao meu namorado João Paulo, pelo apoio na pesquisa internacional e acompanhamento durante toda pesquisa.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Segurança de Barragens**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cadastros/Barragens/PlanoSeguranca.aspx >. Acesso em: 25 ago. 2017.

_____. **Resolução nº 742, 17 de outubro de 2011**. Estabelece a periodicidade, qualificação da equipe responsável, conteúdo mínimo e nível de detalhamento das inspeções de segurança regulares de barragem, conforme art. 9º da Lei nº 13.334 de 20 de setembro de 2010.

BANDEIRA, O. M., SILVEIRA, J. F. A. e LEITE, D. T. Segurança de Barragens da Uhe Belo Monte. **Revista Brasileira de Engenharia de Barragens,** São Paulo, Nº 04, p. 39, Maio de 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm>. Acesso em: 20 ago. 2017.

FUSARO, T. C., FURTADO, A. S. O., OLIVEIRA, V. R. F., SILVA, I.T.C. Estruturação do Manual de Monitoramento como Ferramenta para a Segurança de Barragens. **Revista Brasileira de Engenharia de Barragens,** São Paulo, Nº 05, p. 10, Dezembro de 2017.

MATOS, S. F. **Avaliação de instrumentos para auscultação de barragem de concreto. Estudo de caso: deformímetros e tensômetros para concreto na barragem de ITAIPU** - Dissertação de Mestrado. Curso de Pós- graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, 2002, Curitiba, Brasil. Disponível em: <http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0018.pdf> Acesso em: 17 mar. 2018.

ZUCULIN, S.; BERNARDES, H. M. **Instrumentos de observação de barragens**; Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Engenharia Civil de Ilha Solteira – FEIS, UNESP. Ilha Solteira, 1999.