



Análise da Segurança de Barragens Através de Instrumentação e Técnicas Geodésicas: Uma Abordagem Inovadora

[NIEL NASCIMENTO TEIXEIRA]

Engenheiro Agrimensor/FEAMIG-MG, Mestre e Doutor em Ciências Geodésicas / UFPR. Pesquisador e Professor Titular-Pleno da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) há 14 anos.

Endereço: Cond. Jd. das Hortênsias, casa 225, Itabuna/BA, CEP: 45.604-811
Telefone: (71) 99179-1410
E-mail: nnteixeira@uesc.br

Resumo

Devido ao potencial de risco que as barragens são sujeitas é indicado um constante monitoramento para se evitar desastres. Em virtude disto, o monitoramento destas estruturas se reveste de especial importância. Existem instrumentos específicos para o monitoramento, como extensômetros e pêndulos, que são instalados na barragem durante a sua construção, porém a análise de suas medidas somente permite discriminar situações localizadas, ou deslocamentos relativos entre pontos. Neste trabalho é proposto a integração de técnicas e instrumentação geodésicas, que possibilita um monitoramento constante dos deslocamentos relativos e absolutos da barragem e uma avaliação consistente sobre o desempenho do conjunto barragem/fundação, possibilitando a tomada de ações preventivas, evitando catástrofes com perdas de vidas humanas.

Palavras-chave: Segurança de Barragens; Deformações; Instrumentação Geodésica; Técnicas Geodésicas; Medidas Mitigatórias.

Introdução: Problematização e Proposição de Solução

De acordo com o MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (2002), as barragens são obras de engenharia geralmente associadas a um elevado potencial de risco devido à possibilidade de um eventual colapso, com conseqüências catastróficas para as estruturas das próprias barragens, ao meio ambiente, com destruição da fauna e flora, e, principalmente, pela perda de vidas humanas. Isto ocorre porque a formação de grandes reservatórios pode induzir a deformações na Crosta Terrestre, bem como, ocasionar sismos em regiões anteriormente assísmicas. Este fenômeno é conhecido como Sismicidade Induzida por Reservatórios - SIR (GUPTA e RASTOGI, 1976). A formação de um novo reservatório artificial altera as condições estáticas das formações rochosas do ponto de vista mecânico (em virtude do próprio peso da massa da água), e do ponto de vista hidráulico (em conseqüência da infiltração do fluido na subsuperfície, que causa pressões internas nas camadas rochosas profundas). A combinação destas duas ações pode gerar sismos, caso as condições locais sejam propícias (TEIXEIRA, 2005).

Concomitantemente, outro fenômeno susceptível de ocorrência é o da ruptura da barragem. Caracterizadas como empreendimentos associadas a um elevado potencial de risco estrutural, sejam estas na barragem propriamente dita ou na fundação pela sobrecarga no leito do reservatório. Com o enchimento do reservatório, os movimentos gerados pela sobrecarga da água podem aumentar a susceptibilidade a fraturas e conseqüente risco de

evento catastrófico. As fraturas podem ocorrer tanto no maciço rochoso quanto na interface bloco/fundação, aumentando o risco de instabilidade.

No Brasil existem quatro exemplos recentes de rupturas de barragem que geraram grandes perdas econômicas, ambientais e humanas.

Em 2007, a barragem de rejeitos da empresa Mineradora Rio Pomba Cataguases Ltda. rompeu-se, gerando um grande vazamento de lama contendo rejeitos da atividade de mineração de bauxita. O vazamento, de acordo com atingiu cidades nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (Figura 1).

FIGURA 1 – CIDADE DE MURIAÉ-MG ATINGIDA PELOS RESÍDUOS DA MINERAÇÃO DE BAUXITA DA MINERADORA RIO POMBA CATAGUASES LTDA.



Em 2009, na cidade de Cocal (Piauí), a barragem de Algodões 1 (Figura 2) não suportou as fortes chuvas ocorridas naquela região e rompeu, atingindo várias comunidades ribeirinhas ao longo do Rio Pirangi. O saldo foi de quatro mortes e vários desabrigados (Jornal da Paraíba, 2011).

FIGURA 2 – ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE ALGODÕES/PI.



Em 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem em Mariana (Figura 3) no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 km do centro do município de Mariana em Minas Gerais. Esta era uma barragem de rejeitos de mineração denominada "Fundão", controlada pela Samarco Mineração S.A. Seu rompimento ocasionou a destruição de Bento Rodrigues e

Paracatu de Baixo; aumento da turbidez das águas do rio Doce, com impactos no abastecimento de água em cidades de Minas Gerais e Espírito Santo, danos culturais a monumentos históricos do período colonial, bem como à fauna e à flora na área da bacia hidrográfica, incluindo possível extinção de espécies endêmicas, e prejuízos à atividade pesqueira e turismo nas localidades atingidas, além da perda de 18 vidas humanas.

FIGURA 3 – ROMPIMENTO DA BARRAGEM DA SAMARCO EM MARIANA/MG.



Em 25 de janeiro de 2009 ocorreu o rompimento da barragem de Brumadinho, considerado como um dos maiores desastres com rejeitos de mineração no Brasil. O rompimento resultou em um desastre de grandes proporções, considerado como um desastre industrial, humanitário e ambiental, com mais de 200 mortos e cerca de 93 desaparecidos, gerando uma calamidade pública. O desastre pode ainda ser considerado o segundo maior desastre industrial do século e o maior acidente de trabalho do Brasil.

FIGURA 4 – ROMPIMENTO DA BARRAGEM DA MINA DO CÓRREGO DO FEIJÃO, BRUMADINHO/MG



Em virtude destes desastres e do potencial de risco associado às Barragens, o monitoramento destas estruturas se reveste de especial importância. Existem instrumentos específicos para o monitoramento, como extensômetros e pêndulos, que são instalados na

barragem durante a sua construção, porém a análise de suas medidas somente permite discriminar situações localizadas, ou deslocamentos relativos entre pontos.

Porém, a integração de técnicas e instrumentação geodésicas, possibilita um monitoramento constante dos deslocamentos relativos e absolutos da barragem e uma avaliação consistente sobre o desempenho do conjunto barragem/fundação, possibilitando a tomada de ações preventivas, evitando catástrofes com perdas de vidas humanas.

Os mais modernos instrumentos da Geodésia, como por exemplo, receptores dos sinais dos satélites GNSS de alta precisão, Estações Totais robotizadas, Níveis Digitais, Laser Scanner, Drones equipados com sensores Lidar, Gravímetros Digitais, operando de forma integrada em algoritmos e programas computacionais dedicados, permitem detectar alterações/deslocamentos/deformações – com precisão ao nível do milímetro – na estrutura da barragem e, em seu entorno em tempo real, possibilitando a consecução de medidas mitigatórias.

Deste modo, a principal contribuição do presente autor é a de que a execução do monitoramento de barragens com Técnicas e Instrumentação Geodésicas conste nos Planos de Segurança de Barragens, cuja obrigatoriedade foi sancionada através da Lei 12.334/2010 em 21 de setembro de 2010, uma que vez que esta metodologia de monitoramento propicia respostas mais precisas e rápidas em relação a outras metodologias já empregadas, evitando assim, desastres como os mencionados anteriormente.

Destaques para a discussão nos Congressos

1. Dentre as barragens no Brasil que sofreram rupturas nos últimos anos, quais delas tinham instalados sistemas de monitoramento com Técnicas e Instrumentação Geodésicas, com coleta e transmissão de dados, processamento, análise e interpretação automáticos?
2. A norma brasileira de barragens está alinhada aos códigos internacionais que estabelecem critérios mais rígidos para fatores de monitoramento e segurança?
3. Os órgãos fiscalizadores de Segurança de Barragens e conseqüentemente seus profissionais estão afinados com as mais modernas Técnicas e Instrumentação Geodésicas de controle e monitoramento de estruturas de grande porte?

Conclusões

Devido às recentes rupturas de barragens no Brasil que geraram grandes perdas econômicas, ambientais e humanas, os quais poderiam ser evitados por meio do emprego

de metodologias adequadas de monitoramento – como as propostas neste trabalho, infere-se que o tema aqui proposto seja relevante, pertinente e atual.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Manual de segurança e inspeção de barragens. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica, 2002.

CHEN, Y.Q. Analysis of Deformation Surveys – A Generalized Method. Lecture Notes, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada, 1983.

DEPARTMENT OF ARMY – U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Manual 1110- 1-1004 Deformation Monitoring and Control Surveying. Washington, DC, 1994.

FAZAN, J.A. Aplicação do teste de congruência global e análise geométrica para detecção de deslocamentos em redes geodésicas: Estudo de caso na UHE de Itaipu, Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GUPTA, H. K.; RASTOGI, B. K. (1 9 7 6): Dams and Earthquakes. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

MONICO, J.F.G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora Unesp, 476 p., 2008.

TEIXEIRA, N. N. Detecção e análise de deslocamento vertical utilizando o sistema NAVSTAR-GPS. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001.

TEIXEIRA, N. N. Análise geodésica de deformações da crosta em regiões de grandes barragens a partir de deslocamentos tridimensionais obtidos pelo sistema de posicionamento global. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 294p..

RIBEIRO, F.C.D. Proposta de metodologia para verificação da estabilidade dos pilares de redes para monitoramento geodésico de barragens – estudo de caso. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008