

Avaliação das Condições de Segurança de Barragens da Região do Seridó do Estado do Rio Grande do Norte

Andriele Nascimento de Souza
UFRN, Natal, Brasil, andriele.eng@gmail.com

Olavo Francisco dos Santos Jr
UFRN, Natal, Brasil, olavo@ct.ufrn.br

Ricardo Nascimento Flores Severo
IFRN, Natal, Brasil, ricardosevero2003@yahoo.com.br

Paulo Leite Souza Jr
UFERSA, Angicos, Brasil, pauloleitesjunior@com.br

Tahyara Barbalho Fontoura
UFPE, Recife, Brasil, tahyara_barbalho@hotmail.com

Osvaldo Freitas Neto
UFRN, Natal, Brasil, osvaldocivil@ct.ufrn.br

RESUMO: Tendo em vista a importância das barragens e a necessidade de se manter inspeções periódicas nessas estruturas, o presente trabalho objetivou a realização de avaliações das condições de segurança de algumas barragens da região do Seridó, no interior do estado do Rio Grande do Norte. Foram priorizadas as de maior porte, que servem para o abastecimento das cidades: o Itans, em Caicó; a Barragem de Cruzeta, em Cruzeta; o Boqueirão de Parelhas, em Parelhas e Dourado, em Currais Novos. Para isso foram aplicadas as recomendações do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, do Ministério da Integração Nacional, com o preenchimento de fichas de inspeção durante visitas às barragens. O estudo evidenciou alguns problemas nas barragens estudadas, a grande maioria proveniente do processo de degradação natural associado à falta de manutenção das estruturas, e que podem vir a comprometer sua estabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Segurança de Barragens, Manual de Segurança de Barragens, Ministério da Integração Nacional.

1 INTRODUÇÃO

Por sua condição climática peculiar, principalmente na região semiárida, o Nordeste brasileiro enfrenta sérios problemas quanto à falta d'água. Nesta perspectiva, foi criado, no início da república no Brasil, o Departamento de Obras Contra as Secas (DNOCS), que tem sido o maior construtor de barragens no semiárido nordestino. Estruturas essas que têm

como principal função mitigar os efeitos drásticos das estiagens no chamado Polígono das Secas (Castro, 2012).

Existem diversos tipos de barragens, classificadas principalmente de acordo com o material utilizado na sua construção. Alguns dos aspectos determinantes para a escolha do tipo de barragem é a topografia e a disponibilidade de materiais para construção. Em regiões com vales muito abertos e com

disponibilidade de material terroso, que é o caso da região estudada, as mais comuns são as barragens de terra (Massad, 2010).

Segundo Jónatas (2013), as principais causas de ruptura de barragens de terra são o galgamento (overtopping) e o piping.

O piping, também conhecido como erosão regressiva tubular, é um fenômeno ocasionado pelo carregamento de partículas de solo através do maciço, de jusante para montante. Tal carregamento resulta na formação de um canal que tende a aumentar seu diâmetro à medida que a água percola. Essa erosão pode evoluir para cavidades relativamente grandes e aumentar a vazão e o poder erosivo do escoamento. O que pode ocasionar o colapso do material sobrejacente e, conseqüentemente, da barragem.

O galgamento é resultado da ação de ondas que se formam no reservatório causadas por chuvas torrenciais, cheias ou sismos, por exemplo. Este fenômeno ocasiona o corte em profundidade do coroamento e a erosão do material do talude de jusante, o que leva à formação de uma zona frágil, provocando o colapso estrutura.

Embora atualmente se possua uma vasta experiência no dimensionamento e construção de barragens, o risco de ruptura dessas estruturas não é nulo, devendo ser considerado e, sempre que possível, quantificado, de forma a diminuir a probabilidade de ocorrência de um acidente com conseqüências catastróficas. Há exemplos em todo o mundo de acidentes cujos prejuízos materiais, ambientais e perdas de vidas humanas são bastante relevantes.

Como citado anteriormente, grande parte das barragens na região Nordeste é de terra, uma minoria de concreto ou enrocamento. Algumas poucas tiveram problemas construtivos, e ocorreram acidentes graves durante a fase de construção de três, como descreve Rocha (2003).

A barragem do Açude Público de Cocorobó, no município Euclides da Cunha, Bahia, que sofreu um escorregamento de pequena parte do talude de montante. A barragem do Açude Público de Orós, no Ceará, que sofreu galgamento por uma onda que atingiu antes que o aterro alcançasse a cota de segurança. E a

barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, que sofreu ruptura do talude de montante na fase final da construção.

Considerando os elevados potenciais de risco associados a essas obras, foi criada, em Setembro de 2010, a Lei nº 12.334. Esta lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

Entre os objetivos desta Lei, está: garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas conseqüências e promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas (Brasil, 2014).

Com este enfoque, o presente trabalho aborda avaliações das condições de segurança de algumas barragens da região do Seridó. Foram priorizadas as barragens de maior porte, que servem para o abastecimento das cidades: o Itans, em Caicó; a Barragem de Cruzeta; o Boqueirão de Parelhas e a barragem do açude Dourado, em Currais Novos.

As inspeções foram realizadas seguindo as orientações do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, do Ministério da Integração Nacional. Nessas inspeções, se buscou identificar anomalias que possam comprometer a segurança dessas estruturas.

2 METODOLOGIA EMPREGADA PARA AS INSPEÇÕES

As visitas às barragens foram realizadas entre os dias 16 e 18 de Julho de 2014, período de estiagem, no qual os reservatórios encontravam-se com seu nível de reserva mínimo. Para as inspeções se seguiu as recomendações do roteiro para inspeção de açudes, do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (2002). Procedeu-se o preenchimento das fichas de inspeção disponibilizadas no Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem (2010), do Ministério da Integração Nacional.

Para a execução de forma adequada da inspeção, faz-se necessário caminhar por toda a extensão do coroamento da barragem. Sempre

que possível, percorrer os taludes de montante e de jusante, cuidando para que toda a superfície da barragem seja coberta.

Em pequenos intervalos, enquanto se caminha pelos taludes e coroamento, deve-se parar e observar todas as direções. Devendo-se ater para a verificação do alinhamento da superfície e fotografar todos os detalhes possíveis.

Durante a vistoria, procedeu-se o preenchimento das fichas de inspeção, de acordo com o tipo de barragem. O preenchimento é iniciado com os dados gerais da barragem. Sequencialmente é feita a análise da infraestrutura operacional da região à jusante e das demais estruturas que compõem a barragem. Como os taludes de montante e de jusante, o coroamento, o vertedouro, os muros laterais, as comportas, as estruturas de saída, torre de tomada d'água, entre outros.

Com o preenchimento das fichas, avalia-se a situação de determinado item, a magnitude da anomalia e o nível de perigo que oferece à estabilidade da estrutura, conforme descrito a seguir.

De acordo com a situação do item, a anomalia pode ser classificada como: **NA** (Este item não é aplicável); **NE** (Anomalia não existente); **PV** (Anomalia constatada pela primeira vez); **DS** (Anomalia desapareceu); **DI** (Anomalia diminuiu); **PC** (Anomalia permaneceu constante); **AU** (Anomalia aumentou); **NI** (Este item não foi inspecionado).

Quanto à magnitude, pode ser classificada como: **I** (Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida em observação pela

Administração Local); **P** (Pequena: Quando a anomalia pode ser resolvida pela própria Administração Local); **M** (Média: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Local com apoio da Administração Regional); **G** (Grande: Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Regional com apoio da Administração Central).

Por fim, quanto ao nível de perigo, podemos classificar como: **0** (Nenhum: Não compromete a segurança da barragem, mas pode ser entendida como descaso e má conservação); **1** (Atenção: Não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo); **2** (Alerta: Risco à segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema); **3** (Emergência: Risco de ruptura iminente, situação fora de controle).

Como não há disponibilidade de registros de fichas de inspeções anteriores, a situação de cada item pode ser identificada apenas como NA (não aplicável), NE (anomalia não existe), PV (anomalia constatada pela primeira vez) ou NI (item não inspecionado) sendo a magnitude e o nível de perigo classificados apenas quando constatada a anomalia, no caso, na situação PV.

A Tabela 1 consta de um exemplo de parte na ficha de inspeção correspondente à avaliação do coroamento.

Qualquer observação relevante pode ser registrada no espaço reservado para comentários após cada item. Se preciso, pode-se utilizar um espaço no fim da ficha destinado ao registro de outros problemas, além dos abordados, sugestões e recomendações.

Tabela 1 – Parte da ficha de inspeção correspondente à avaliação do coroamento da barragem

Localização / Anomalia		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B3	COROAMENTO													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha no revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Defeitos na drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

3 APRESENTAÇÃO DAS ANÁLISES EXECUTADAS

Tendo em vista os danos potenciais – para a população, bens materiais e ambientais – e os riscos envolvidos na utilização dessas barragens e a importância dessas estruturas, buscou-se identificar os pontos críticos, que merecem maior atenção quanto às ações de manutenção dessas estruturas

As barragens analisadas foram a barragem do açude Itans, a barragem de Cruzeta, a barragem do Boqueirão de Parelhas e a barragem do açude Dourado.

Em todas as barragens visitadas, observou-se inicialmente a ausência de placas de aviso, de material para manutenção e de cercas de proteção. Tal fato pode vir a comprometer a segurança da obra, bem como agravar alguns dos problemas estruturais identificados.

Verificaram-se deslocamentos no rip-rap e presença de vegetação no talude de montante e de jusante em todas as barragens inspecionadas. Esses aspectos, retratados nas Figuras 1, 2, 3 e 4 indicam a falta de manutenção dessas estruturas.



Figura 1. Talude de montante da barragem de Dourado



Figura 2. Vegetação no talude de montante da barragem de Cruzeta



Figura 3. Talude de montante da barragem do Boqueirão de Parelhas



Figura 4. Talude de montante da barragem do Açude Itans

Quanto à instrumentação, constataram-se medidores de nível do reservatório defeituosos. Em alguns casos, a marcação é pintada, nem

sempre de forma nítida, na parede da torre de tomada d'água. Como é o caso, na Figura 5, da marcação do nível d'água do reservatório do açude do Boqueirão de Parelhas. Em outros casos se encontra muito danificado, como na Figura 6, podemos ver a régua de medição da vazão da barragem de Cruzeta cuja leitura encontra-se comprometida. Tais anomalias prejudicam a precisão da leitura, e consequentemente o monitoramento da variação de volume armazenado, evidenciando a carência de manutenção.



Figura 5. Marcação do nível d'água do reservatório do açude do Boqueirão de Parelhas



Figura 6. Marcação de vazão da barragem de Cruzeta

No coroamento, em todas as barragens visitadas, observou-se a presença de vegetação rasteira nas proximidades do meio-fio. Na maioria delas, esta estrutura encontra-se desalinhada e ausente em alguns trechos. Além

disso, nas barragens de Dourado e do Boqueirão de Parelhas não há revestimento do coroamento, tendo sido constatadas erosões, afundamentos e fissuras, como apresentado nas Figuras 7, 8 e 9.



Figura 7. Meio-fio da barragem do Açude Itans



Figura 8. Meio-fio e afundamentos identificados no coroamento da barragem do Boqueirão de Parelhas



Figura 9. Meio-fio e afundamentos na barragem do Açude Dourado

Além disso, foram identificadas canaletas danificadas e obstruídas por vegetação, como na Figura 10. Essa anomalia compromete a eficiência da drenagem da água superficial, que passa a escoar de forma não controlada, ocasionando erosões nos taludes.



Figura 10. Canaleta danificada na barragem de Cruzeta

As trincas, observadas na maioria das barragens, não apresentam nenhuma espécie de paralelismo e possuem dimensões e profundidades muito variáveis. Constatou-se que a maioria delas é resultante da erosão provocada pelo escoamento superficial de água, que não é drenada de forma eficiente pelas canaletas. Vê-se, na Figura 11, uma trinca que intercepta o meio-fio, danifica a canaleta e segue até a base do talude de jusante. Essa anomalia requer uma análise mais minuciosa, pois pode indicar recalques diferenciais consideráveis, o que pode comprometer a estabilidade da barragem.



Figura 11. Trinca identificada no talude de jusante da barragem do açude Dourado

4 CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO

O Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, em seu Anexo A, apresenta uma metodologia para a determinação do potencial de risco de barragens. A matriz proposta classifica essas estruturas essencialmente quanto à segurança estrutural, importância e riscos para a população a jusante.

Para a classificação, são analisados três conjuntos de características das barragens. O primeiro conjunto retrata o grau de Periculosidade (P) com base nas características técnicas de projeto. O segundo conjunto avalia o grau de Vulnerabilidade (V) com base em aspectos relacionados ao estado atual da barragem, à sua operacionalidade e/ou facilidade de manutenção de suas estruturas hidráulicas. O terceiro conjunto, Importância (I), trata de parâmetros que conferem um valor estratégico conferido à barragem no caso de eventual ruptura.

Para o cálculo da Periculosidade (P), são utilizados parâmetros e características de projeto. Dentre esses parâmetros estão: dimensão da barragem, volume total do reservatório, tipo de barragem, tipo de fundação e vazão de projeto. O valor de P é encontrado somando-se os parâmetros correspondentes a cada barragem.

De modo análogo, procede-se o cálculo da Vulnerabilidade (V). No qual são utilizados os parâmetros: tempo de operação; existência de projetos (*as built*); confiabilidade das estruturas vertedouras; condições das estruturas de tomada de água; percolação, deformações, afundamentos e assentamentos; deterioração dos taludes ou paramento.

Para o Cálculo da Importância (I) os dados utilizados são: volume útil, população a jusante e custo da barragem

De acordo com a metodologia do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, foram calculados os valores do Potencial de Risco para as Barragens avaliadas. De modo que todas podem ser enquadradas na classificação de Baixo Potencial de Risco.

5 CONCLUSÕES

Constatou-se a existência de danos que podem, a curto ou longo prazo, afetar a estabilidade das barragens avaliadas;

As anomalias identificadas são, em sua maioria, provenientes do processo de degradação natural das estruturas, associado à manutenção precária ou inexistente;

Barragens são estruturas que, apesar da grande importância associada ao desenvolvimento social e econômico da região possuem um potencial de risco intrínseco e uma. Nessa perspectiva e de acordo com a metodologia proposta pelo Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, as barragens estudadas apresentam Baixo Potencial de Risco;

Ressalta-se a necessidade de estudos mais aprofundados e de um programa de recuperação e monitoramento dessas estruturas, em conformidade com as recomendações da Política Nacional de Segurança de Barragens.

REFERÊNCIAS

- Brasil. *Lei nº 12.334*, de 20 de Setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 21 set. 2010. Disponível em: <<http://prespublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1025242/lei-12334-10>>. Acesso em: 16. Ago. 2014.
- Castro, Michele A.; Silva Filho, Francisco C. (2012); *Utilização do manual de segurança e inspeção de barragens para o caso Trussu*. Anais. XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Porto de Galinhas, 2012.
- Jónatas, R. J. Lourenço. *Rotura de barragens de aterro por galgamento: Ensaio experimentais com aterros homogêneos*. Universidade de Lisboa. 2013. 96p. Dissertação de Mestrado.
- Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2010. 117p.
- Manual de Segurança e Inspeção de Barragens*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002. 148p.
- Massad, Façal. *Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.
- ROCHA, Valdecir Osvaldo da. *Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves: histórico e avaliação do comportamento atual*. 2003. 216 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Sanitária, Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.