

## **RUPTURA DE RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO E SEUS EFEITOS NA TOPOGRAFIA DO LEITO: O CASO DO AÇUDE ESCOLA, PENTECOSTE-CE**

Sandy Kelly Monteiro De Menezes<sup>1</sup>  
George Leite Mamede<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Barragens são infraestruturas de armazenamento hídrico para disponibilização deste recurso, sobretudo em períodos de ausência de precipitação, contudo, quando não bem monitoradas, podem romper e causar sérios danos ao meio ambiente e a sociedade circunvizinha, como comumente registrado em barragens de áreas rurais do Estado do Ceará. O objetivo deste estudo é analisar a dinâmica de sedimentos na área de inundação do açude escola, localizada no município de Pentecoste-CE, como resultado da ruptura da barragem e dos eventos de escoamentos posteriores com potencial para remobilização de sedimentos previamente depositados. Para geração do modelo digital de terreno e estimativa de alterações decorrentes de processos erosivos, realizou-se um levantamento topográfico baseado na combinação de dados de levantamento de solo (estação total e GNSS) e aéreo usando Aeronave Remotamente Pilotada (ARP). Com base em comparação das curvas cota-área-volume do açude Escola geradas por levantamentos topográficos realizados em 2017 e 2021 foi possível estimar um ganho percentual de 9,7% na capacidade de acumulação do reservatório como resultado de processos erosivos decorrentes da ruptura da barragem e de eventos posteriores de escoamento ocorridos pelo leito seco com alta disponibilidade de sedimentos previamente depositados. Dessa forma, é percebido que houve alteração no leito do reservatório, com visíveis processos de erosão e deposição, causados também por eventos posteriores a ruptura.

**Palavras-chave:** rompimento de barragem; dinâmica de sedimentos; semiárido.

---

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB, Discente, sandyfemo@gmail.com<sup>1</sup>  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB, Docente, mamede@unilab.edu.br<sup>2</sup>

### INTRODUÇÃO

Considerando as condições climáticas da região semiárida do Brasil, com chuvas de grande intensidade e de curta duração, concentradas em poucos meses do ano, têm-se adotado nas últimas décadas, a construção de inúmeras barragens artificiais, como alternativa para armazenamento de grande massa de água (LIMA NETO et al. 2011; MALVEIRA et al. 2012; MAMEDE et al. 2012; DE ARAÚJO E MEDEIROS, 2013; PETER et al. 2014).

As barragens ao passar dos tempos tornaram-se peças-chave no âmbito social, uma vez que por meio delas é garantido o acúmulo e abastecimento para a população, assegurando o fornecimento hídrico (SAMPAIO, 2014).

Verifica-se que o estado do Ceará apresenta em média 105.813 barragens (FUNCEME, 2021), e a medida em que esse número aumenta no semiárido brasileiro, vem a ser inevitável que cada novo barramento cause impactos hidrológicos sensíveis nos demais barramentos localizados a jusante (ARAÚJO et al., 2005). O abastecimento de água no Ceará é majoritariamente suprido por reservatórios superficiais, considerados essenciais para a sustentabilidade da região (MAMEDE et al., 2012).

De acordo com Gomes (2019), na fase inicial nas construções dos barramentos de pequeno porte, não há dados satisfatórios obtidos por estudos preliminares, como, por exemplo: laboratoriais e experimentos de campo, ou mesmo, a execução de análise de estabilidade, no qual acaba deixando a estrutura mais propícia ao aparecimento de rupturas, fissuras, infiltrações, entre outros.

Em 2020, também foram reportados alguns rompimentos de barragens em áreas rurais, no estado do Ceará, como, por exemplo, o açude escola, localizado na Bacia Experimental do Vale do Curú.

A ruptura da barragem do açude escola, ocorreu no dia 21 de abril de 2020, provocou alterações perceptíveis na topografia da área de inundação do reservatório como resultados do processo de mobilização de sedimentos previamente depositados, conhecido como flushing. Outros eventos de escoamentos posteriores contribuíram para o contínuo processo de erosão do sedimento depositados.

O objetivo deste estudo é avaliar a dinâmica de sedimentos na área de inundação do açude escola, localizado na Bacia Experimental do Vale do Curú, como resultado da ruptura da barragem.

### METODOLOGIA

O estudo da dinâmica de sedimentos apresentado neste trabalho foi realizado no Açude Escola, localizado na Bacia Experimental Vale do Curú (BEVC), na zona rural do município de Pentecoste/CE, pertencente à Universidade Federal do Ceará, com área de contribuição de 2,6 km<sup>2</sup>. O açude Escola apresenta uma área de inundação de cerca de 3,6 ha e capacidade de armazenamento de aproximadamente 51.600 m<sup>3</sup>.

Para geração do modelo digital de terreno e estimativa de alterações decorrentes de processos erosivos, realizou-se um levantamento topográfico baseado na combinação de dados de levantamento de solo (estação total e GNSS), e levantamento aéreo usando Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) do tipo multirrotor.

Com base no levantamento topográfico de solo realizado com estação total, estimou-se o perfil longitudinal da calha do rio formada. O perfil longitudinal do açude foi então dividido em 21 seções transversais perpendiculares à calha natural e outras 14 seções no trecho do maciço que sofreu a ruptura. Estas últimas foram usadas para a estimativa do volume de material sedimentar do corpo do maciço erodido no processo de formação da fenda pelo rompimento.

A área para cada seção foi calculada empregando-se a fórmula do trapézio. Com o traçado do perfil longitudinal do reservatório acompanhando a calha natural formada foi possível estimar as distâncias entre seções. De posse dos valores de distâncias e áreas correspondentes, estimou-se o volume em metros cúbicos ( $m^3$ ) de sedimentos removidos no trecho de canal natural formado entre as seções, a partir do emprego da fórmula de tronco de cone. Em seguida calcula-se o volume total de sedimentos removidos no reservatório ( $V_{total}$ ), como sendo a soma do volume  $V_i$  e o tronco de cone ( $\Delta V$ ) representado pelas áreas  $A_1$  e  $A_2$  e distância ( $d$ ).

De acordo com Araújo (2003), em seu estudo com sete reservatórios do semiárido Nordeste, a média de massa específica aparente seca em reservatórios do Estado do Ceará é de  $1,30 \text{ t/m}^3$ . Portanto, utilizou-se desse valor para obter a massa de sedimentos removidos em toneladas (ton) no processo de formação da calha natural do rio passando pelo reservatório, através do produto entre o volume total de sedimentos erodido e a massa específica aparente seca do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos procedimentos metodológicos descritos anteriormente, estimaram-se as áreas da calha natural formada por processos erosivos em cada uma das 21 seções investigadas e o volume entre seções.

Com base no levantamento das seções transversais o leito do rio, foi possível estimar um volume erodido de sedimentos de  $62 \text{ m}^3$ , correspondendo a uma massa de sedimentos de aproximadamente 81 toneladas, considerando uma massa específica aparente seca de  $1,3 \text{ ton/m}^3$ .

Aplicando-se o mesmo método de cálculo de área das 14 seções definidas no trecho do maciço rompido e volumes entre estas, foi possível estimar o volume de material erodido durante o processo de formação da fenda na ruptura da barragem do açude Escola. Conforme os resultados obtidos, o volume total de material removido da estrutura do maciço de terra foi de aproximadamente  $923 \text{ m}^3$ , correspondendo a uma massa de 1.200 toneladas de material sedimentar.

As seções traçadas possuem distância constante de 2 metros entre si. A seção que houve maior área de escavação e conseqüentemente maior volume de sedimento retirado, foi a seção 8, com  $51,8 \text{ m}^2$  e  $103,1 \text{ m}^3$ , respectivamente, sendo essa localizada aproximadamente no centro da parede da barragem.

## CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que após a ruptura do açude escola e eventos posteriores a isso, o leito do mesmo foi alterado de forma significativa, ocorrendo o revolvimento de sedimento do leito, e ocorrendo posteriores impactos a jusante do barramento.

## AGRADECIMENTOS

UNILAB, IEDS, CNPq.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. C. (2003) Assoreamento em Reservatórios do Semiárido: Modelagem e Validação. Revista

Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre. ISSN 2318-0331, v.8, n.2, pp. 39-56.

ARAÚJO, J. C.; MOLINAS, P. A.; JOCA, E. L. L.; BARBOSA, C. P.; BEMFEITO, C. J. S.; BELO, P. S. C. Custo de Disponibilização e Distribuição da Água por Diversas Fontes no Ceará. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 36, nº 2, 2005.

DE ARAÚJO, J. C.; MEDEIROS, P. H. A. (2013). Impact of dense reservoir networks on water resources in semiarid environments. Australian Journal of Water Resources, v.17, p. 87-100.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. Mapeamento das barragens dos pequenos reservatórios d'água situados no Estado do Ceará, Relatório Técnico, fevereiro, 2021.

GOMES, T. B. S. Modelagem e Caracterização Geotécnica do solo da Barragem do Assentamento Olivencia localizada no Município de Quixadá/CE. 2019. 89 f. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Russas, 2019.

LIMA NETO, IE; WIEGAND, MC; de ARAÚJO, JC (2011) Sediment redistribution due to a dense reservoir network in a large semi-arid Brazilian basin. Hydrological Sciences Journal, 56, 319-333. doi: <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.553616>

MALVEIRA, V. T. C. ARAÚJO, J. C. GÜNTNER, A. Hydrological Impact of a High Density Reservoir Network in Semiarid Northeastern Brazil. Journal of Hydrologic Engineering, 17, p. 109-117, 2012. doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000404

MAMEDE, G. L., ARAÚJO, N. A. M., SCHNEIDER, ARAÚJO, J. C., C. M., HERRMANN, H. J. (2012) Overspill avalanching in a dense reservoir network. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América. 109:19, 7191-7195.

PETER, S.; DE ARAÚJO, J. C.; ARAUJO, N.; HERRMANN, H. J. Flood avalanches in a semiarid basin with a dense reservoir network. Journal of Hydrology (Amsterdam), v. 512, p. 408-420, (2014). doi: 10.1016 / j.jhydrol.2014.03.001

SAMPAIO, M. V. N. Segurança de Barragens de terra: um relato da experiência do Piauí. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.