

## EFICIÊNCIA DE RETENÇÃO DE SEDIMENTOS NO RESERVATÓRIO DA UHE BELO MONTE (PA)

Ana Lia Warcheski <sup>1</sup>; Michael Mannich <sup>2</sup>; Bruna Arcie Polli <sup>3</sup> & Aline Guidolin da Luz <sup>4</sup>

**Palavras-Chave** – Eficiência de retenção de sedimentos, transporte de sólido, descarga sólida total.

### INTRODUÇÃO

A sedimentação é um processo natural decorrente do transporte de partículas sólidas oriundas da erosão e do uso do solo nas bacias hidrográficas (CARVALHO, 2008) que pode comprometer a capacidade de armazenamento e a eficiência operacional das usinas hidrelétricas, sendo influenciadas principalmente pela carga a montante (FAGUNDES, 2023). Dentre os métodos utilizados para estimar a retenção de sedimentos, destaca-se o modelo empírico proposto por Brune (1953), que relaciona a eficiência de retenção à razão entre o volume do reservatório e a vazão média anual (C/I). No Brasil, a Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 127/2022 estabelece diretrizes para o monitoramento hidrossedimentométrico e a atualização das curvas cota-área-volume. Alinhado a essa norma, este estudo foi desenvolvido no âmbito do PROPDI “Sistema de tomada de decisão para atualização de curva cota-área-volume em reservatórios” da Norte Energia S.A., regulado pela ANEEL e executado pelo LACTEC, buscando modernizar os métodos de estimativa de assoreamento e contribuir para uma operação mais eficiente e sustentável dos reservatórios hidrelétricos.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A Usina Hidrelétrica de Belo Monte, situada na Volta Grande do rio Xingu (PA), iniciou suas operações em 01/01/2016 e é a maior usina inteiramente brasileira, com uma área de drenagem de aproximadamente 483.000 km<sup>2</sup>. Os dados utilizados neste estudo foram fornecidos pela Norte Energia S.A. e abrangem o período de novembro de 2011 a outubro de 2023. A análise considerou informações de três estações hidrossedimentológicas posicionadas ao longo do rio Xingu.

Com os dados medidos, foram geradas as curvas-chave e as curvas de descarga sólida total de cada estação. A partir de uma série diária de cotas, foi gerada uma série diária de vazões líquidas e, através do método de Colby (1957), foi estimada a descarga sólida total. A eficiência de retenção de sedimentos foi estimada, através do método de Brune (1953), por dois métodos diferentes: pelo balanço de massa (estações 1-2 e 1-3) e pela comparação dos dados da estação 1 com o método de seções transversais do estudo realizado pelo Lactec (2024). As análises cobriram dois períodos distintos: 2016–2022 para os balanços de massa e 2011–2018 para as seções transversais.

### RESULTADOS

Os resultados do estudo indicaram uma eficiência de retenção de sedimentos de 70,92% entre as Estações 1 e 2 e de 31,82% pela razão capacidade/fluxo (C/I) entre as Estações 1 e 3, no período de 2016 a 2022. Embora o método de Brune (1953) não tenha como objetivo a análise anual da eficiência, foi possível observar a variabilidade desse parâmetro a cada ano, conforme mostra a Figura 1. A média da eficiência de retenção para o período de análise apresentou boa concordância com a

1) Graduanda em Engenharia Ambiental UFPR e Bolsista Lactec. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, nº 100, Curitiba – PR. ([lia@ufpr.br](mailto:lia@ufpr.br))

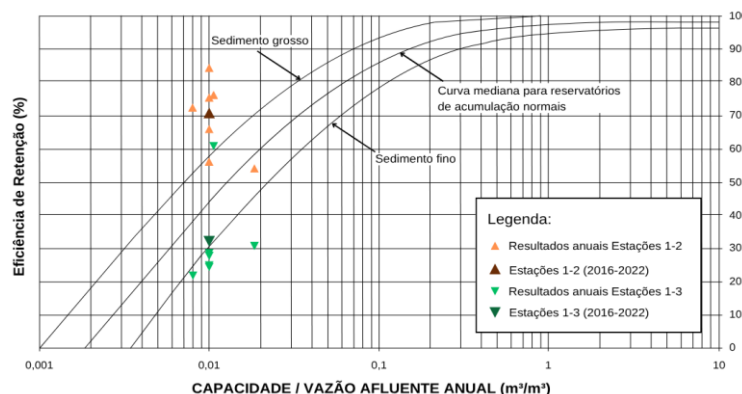
2) Professor UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, nº 100, Curitiba – PR. ([mannich@ufpr.br](mailto:mannich@ufpr.br))

3) Pesquisadora Lactec. Av. Comendador Franco, nº 1341, Curitiba – PR. ([bruna.polli@lactec.com.br](mailto:bruna.polli@lactec.com.br))

4) Pesquisadora Lactec. Av. Comendador Franco, nº 1341, Curitiba – PR. ([aline.luz@lactec.com.br](mailto:aline.luz@lactec.com.br))

curva empírica original, mesmo considerando a complexidade e o porte da UHE Belo Monte. Essa abordagem mostrou-se mais coerente do que o uso da razão capacidade/área de drenagem ( $C/W$ ), em conformidade com os achados de Fagundes (2023).

Figura 1 – Resultados da eficiência de retenção através da razão  $C/I$



O estudo também estimou a eficiência de retenção com base na perda de volume obtida a partir do método de seções transversais no estudo desenvolvido pelo Lactec (2024). Foram utilizados três valores de peso específico dos sedimentos, resultando em eficiências superiores a 100%, o que é fisicamente incoerente e indica limitações nos dados ou no método de cálculo adotado.

## CONCLUSÕES

Este estudo ressalta a importância do monitoramento da sedimentação em reservatórios, com foco na UHE Belo Monte, diante dos impactos que o acúmulo de sedimentos pode causar na operação e sustentabilidade do sistema. A partir da razão entre a capacidade do reservatório e a vazão afluyente anual ( $C/I$ ), utilizando o método de Brune, foi estimada uma eficiência média de retenção de 70,92% entre 2016 e 2022, com resultados consistentes com o modelo empírico, mesmo considerando a complexidade e o porte do empreendimento. Paralelamente, a análise de seções transversais revelou eficiências superiores a 100% para diferentes pesos específicos de sedimento, o que aponta limitações nos parâmetros físicos adotados e reforça a necessidade de ajustes metodológicos para avaliações mais precisas.

## AGRADECIMENTOS

Projeto financiado pela Norte Energia S. A. no âmbito do Programa de PDI da ANEEL, “Sistema de tomada de decisão para atualização de curva cota-área-volume em reservatórios” (PD-007427-0423/2023). Estendo meus agradecimentos ao LACTEC pela concessão da bolsa no âmbito do projeto, que foi fundamental para a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- BRUNE, G. M. (1953). *Trap efficiency of reservoirs*. Eos, Transactions American Geophysical Union, v. 34, n. 3, p. 407-418.
- CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro. Interciência, 599 p.
- COLBY, B. R. (1957). *Relationship of unmeasured sediment discharge to mean velocity*. Eos, Transactions American Geophysical Union, Wiley Online Library, v. 38, n. 5, p. 708–717.
- FAGUNDES, H. O. et al. (2023). *Uma análise dos principais elementos envolvidos na deposição de sedimentos em reservatórios na América do Sul*. XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- LACTEC. (2024). “Sistema de tomada de decisão para atualização de curva cota-área-volume em reservatórios” - Relatório Técnico Etapa 3.