XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

TENDÊNCIAS DE EVAPORAÇÃO NOS MAIORES LAGOS E RESERVATÓRIOS DA AMÉRICA DO SUL NOS ÚLTIMOS 40 ANOS

Júlia Brusso Rossi [1]; Ayan Santos Fleischmann [2]; Leonardo Laipelt [3]; Bruno Comini de Andrade [4]; Roseilson Vale [5], Raoni A. S. Santana [6], Júlio Tota [7] & Anderson Ruhoff [8]

Palavras-Chave – Evaporação; Landsat; balanço de energia.

INTRODUÇÃO

Lagos e reservatórios são recursos essenciais para a garantia do abastecimento de água, geração de energia, suporte à biodiversidade aquática e manutenção de atividades ligadas à irrigação, pesca e navegação. Nesses ambientes, elevadas taxas de evaporação podem comprometer significativamente a disponibilidade hídrica. Estudos globais já mostram um aumento na evaporação de lagos a uma taxa de aproximadamente 3 km² por ano, nas últimas quatro décadas (Zhao et al., 2022). Apesar da relevância de estimativas acuradas de evaporação, existem desafios para o monitoramento dessa variável em lagos e reservatórios. Os altos custos associados à instalação e manutenção de instrumentos in situ (Fisher et al., 2023) têm motivado o desenvolvimento de modelos de evaporação baseados em dados de sensoriamento remoto. Esses modelos permitem aplicações em larga escala, além de oferecerem longa cobertura temporal, permitindo a observação de mudanças de longo prazo. Esse estudo tem por objetivo analisar a performance do modelo Google Earth Engine Surface Energy Balance Algorithm for Land – geeSEBAL (Laipelt et al., 2021) e estimar as tendências evaporativas dos maiores lagos e reservatórios da América do Sul, nos últimos 40 anos (1984 a 2024).

METODOLOGIA

A análise de tendências considerou 60 dos maiores lagos e reservatórios da América do Sul (área maior que 200 km²), com elevação inferior a 1000 m e em latitude superior a 35°S. As taxas de evaporação foram estimadas a partir do modelo geeSEBAL (Laipelt et al., 2021), que estima a evaporação com base no cálculo do balanço de energia considerando dados de temperatura da superfície obtidos do satélite Landsat. As variáveis meteorológicas utilizadas foram obtidas da base de dados ERA5-Land. A performance do modelo foi avaliada com base na comparação com dados medidos em 11 reservatórios do Brasil, sendo um por torre de fluxo e 10 por sistemas de razão de Bowen. A análise de tendência de evaporação foi realizada com o teste estatístico de Mann-Kendall (nível de significância de 0,05), e abrangeu o período de 1984 a 2024 (dados Landsat 5, 7, 8 e 9).

1) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, e-mail: juliabrusso@gmail.com
2) Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Tefé/AM, e-mail: ayan.fleischmann@gmail.com
3) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, e-mail: leolaipelt@gmail.com
4) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, e-mail: cominideandrade@gmail.com
5) Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém/PA, e-mail: roseilsondovale@gmail.com
6) Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém/PA, e-mail: raoniass@gmail.com
7) Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém/PA, e-mail: totaju@gmail.com
8) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, e-mail: anderson.ruhoff@ufrgs.br

RESULTADOS

As estimativas de evaporação do modelo geeSEBAL apresentaram um RMSE médio de 1,3 mm/dia e um viés médio de –0,2 mm/dia quando comparados aos dados in situ. Apesar das limitações do modelo, esses valores estão dentro da faixa de erro reportada em estudos similares. Por exemplo, Fisher et al. (2023) utilizaram um modelo baseado na equação de Priestley-Taylor com dados Landsat para estimar a evaporação em 19 lagos ao redor do mundo e encontraram um RMSE de 1,2 mm/dia e um viés de −0,8 mm/dia.

Com relação a análise de tendências, dos 60 lagos e reservatórios analisados, 42 apresentaram tendência positiva para aumento na evaporação ao longo dos últimos 40 anos (de 1984 a 2024), sendo que nenhum deles apresentou tendência para redução nas taxas evaporativas. A taxa média de aumento na evaporação foi estimada em 6,2 mm por ano considerando todos os corpos d'água analisados, sendo que a maior taxa foi reportada para o reservatório de Tucuruí com 14,3 mm por ano. Em volume, considerando a área média de cada lago, obteve-se um valor médio de cerca de 5,3 x 10^6 m^3 evaporados por ano, e um valor total de aumento na evaporação para os 60 lagos e reservatórios analisados de 221,7 x 10^6 m^3 por ano (1984 a 2024).

CONCLUSÕES

Este estudo apresentou um diagnóstico da situação das perdas evaporativas nos maiores lagos e reservatórios da América do Sul, nos últimos 40 anos, a partir de modelagem e sensoriamento remoto. Em termos de tendências, 70% dos lagos e reservatórios analisados indicaram aumento nas taxas de evaporação nas últimas quatro décadas. A taxa média de aumento na evaporação foi estimada em 6,2 mm por ano considerando todos os corpos d'água analisados. O volume total evaporado foi estimado em cerca de 221,7 x 10^6 m^3 por ano, considerando o total dos 60 lagos. Compreender a dinâmica da evaporação em lagos e reservatórios é essencial diante das alterações esperadas devido ao aquecimento global. Espera-se que estes resultados possam oferecer suporte para a gestão dos recursos hídricos em lagos e reservatórios, especialmente em regiões com escassez de dados medidos.

REFERÊNCIAS

Fisher, J. B., Dohlen, M. B., Halverson, G. H., Collison, J. W., Pearson, C., & Huntington, J. L. (2023). *Remotely sensed terrestrial open water evaporation*. Scientific Reports, 13(1), 8174.

Laipelt, L., Kayser, R. H. B., Fleischmann, A. S., Ruhoff, A., Bastiaanssen, W., Erickson, T. A., & Melton, F. (2021). *Long-term monitoring of evapotranspiration using the SEBAL algorithm and Google Earth Engine cloud computing*. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 178, 81–96.

Zhao, G., Li, Y., Zhou, L., & Gao, H. (2022). *Evaporative water loss of 1.42 million global lakes*. Nature Communications, 13(1), 3686.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para o desenvolvimento do projeto "Desenvolvimento de Tecnologias Inovadoras Baseadas em Modelagem Hidrológica e Sensoriamento Remoto para Monitoramento da Agricultura Irrigada no Brasil", através de um Termo de Execução Descentralizada (TED) firmado entre o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS) e a Superintendência de Fiscalização da ANA (TED Nº 03/2023/ANA). Os autores também agradecem o suporte computacional do Google Earth Engine para a execução do projeto OpenET-Brasil.