

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

VAZÕES AMBIENTAIS DINÂMICAS PARA CONCILIAR A GERAÇÃO HIDRELÉTRICA COM A RECUPERAÇÃO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Ana Paula Dalcin¹; Guilherme Fernandes Marques² & Amaury Tilmant³

Palavras-Chave – vazões ambientais, geração hidrelétrica, operação de reservatórios

INTRODUÇÃO

Como adaptar sistemas hídricos de grande escala a um clima em mudança quando temos objetivos conflitantes? No Brasil, construímos uma infraestrutura hídrica de grande escala focada principalmente em atender a demanda hidroenergética. Hoje, esse sistema é desafiado a atender a vários usos concorrentes da água. No caso de demandas ambientais, se os impactos da regularização do regime de vazão já são acentuados, os mesmos podem ser drasticamente agravados por alterações no clima, contribuindo para declínios de populações aquáticas ainda mais severos (IPCC, 2022; Moyle et al., 2011).

Nesse contexto, manter regras operativas históricas, combinadas com projeções climáticas que indicam um futuro mais seco, podem levar a uma redução no atendimento de vazões ambientais e manutenção de ecossistemas aquáticos. Um exemplo que exige conciliação entre a operação dos reservatórios e a restauração do ecossistema é a bacia do rio Paraná, no Brasil. Este sistema é um dos mais alterados da América do Sul com 65 usinas hidrelétricas integradas ao sistema hidrotérmico-eólico-solar nacional.

Este estudo identifica (a) regimes de vazão anuais que sustentem funções ecológicas e (b) como esses regimes devem ser combinados em diferentes anos do horizonte da operação de maneira a produzir melhores resultados ambientais e hidrelétricos no longo prazo. Por exemplo, regras operativas podem conservar água em alguns períodos as custas de alguma perda ambiental (ex. redução na abundância de peixes) para melhorar o sucesso no recrutamento no horizonte de longo prazo. Para isso, um modelo matemático que integra relações vazão-ecológicas, condições hidrológicas e desempenho do sistema no longo prazo é utilizado para construir vazões ambientais de forma dinâmica.

METODOLOGIA

A metodologia do estudo contou com 3 etapas principais. Na primeira foi desenvolvido um modelo vazão-peixe para prever a abundância de peixes migradores na área de estudo de acordo com a variabilidade do regime de vazão. O modelo é baseado em Redes Neurais Artificiais e utiliza indicadores do regime de vazão como preditores da abundância anual de peixes migradores (Dalcin et al., 2022).

Na segunda etapa, um modelo hidroeconômico foi configurado e validado para simulação da operação do sistema hidrelétrico na região do estudo para diferentes cenários hidroclimáticos, sendo

¹) Ana Paula Dalcin, UFRGS/IPH, Porto Alegre - RS, dalcin.anap@gmail.com

²) Guilherme Fernandes Marques, UFRGS/IPH, Porto Alegre - RS, guilherme.marques@ufrgs.com

³) Amaury Tilmant, Université Laval, Quebec – Canada, Amaury.Tilmant@gci.ulaval.ca

em seguida acoplado o modelo peixe-vazão para a identificação da resposta do sistema a múltiplas opções de vazões ambientais dinâmicas (Dalcin, Brêda, et al., 2023). Na terceira etapa, um algoritmo evolucionário multiobjetivo foi utilizado para construir uma fronteira de pareto, a qual permite identificar os *tradeoffs* (perdas e ganhos) de diferentes níveis de desempenho ambiental e hidrelétrico (Dalcin, Marques, et al., 2023).

RESULTADOS

Os resultados mostraram que políticas operacionais adaptadas às mudanças climáticas melhoraram o desempenho da produção hidrelétrica em aproximadamente 2% a 8%. Novas estratégias de reoperação também forneceu flexibilidade para ajustar as vazões ambientais e reduzir a probabilidade de futuros déficits plurianuais graves, que são prejudiciais para as populações de peixes. As vazões dinâmicas apenas de sacrificarem o desempenho do recrutamento de peixes ao longo de alguns anos do horizonte de tempo para manter um armazenamento geral maior, melhoraram as chances de produzir vazões ambientais em magnitude, tempo e duração durante longos períodos mais secos que evitaram impactos mais severos das mudanças climáticas no recrutamento e população de peixes.

CONCLUSÃO

Uma abordagem de adaptação de longo prazo produz melhores resultados para o meio ambiente sem impor uma forte restrição à produção de energia hidrelétrica durante secas. Isso permite a manutenção e recuperação do desempenho ambiental a longo prazo, de modo que durante secas severas a água ainda pode ser realocada para hidrelétricas (como é feito atualmente), mas com menor custo para o meio ambiente. Para implementar isso, é importante mudar a percepção dos impactos da “resposta à crise” de curto prazo para uma “resposta ao risco” de longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) SGP-HW program, project SGP-HW 091 e ao CNPq através do projeto 308549/2019-8 e 404242/2019-7.

REFERÊNCIAS

- Dalcin, A. P., Marques, G. F., Galego de Oliveira, A., & Tilmant, A. (2022). Identifying Functional Flow Regimes and Fish Response for Multiple Reservoir Operating Solutions. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 148(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001567](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001567)
- Dalcin, A. P., Marques, G. F., Tilmant, A., & Olivares, M. (2023). Dynamic Adaptive Environmental Flows (DAE-flows) to reconcile long-term ecosystem demands with hydropower objectives. *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2022WR034064>
- Dalcin, A. P., Brêda, J. P. L. F., Marques, G. F., Tilmant, A., de Paiva, R. C. D., & Kubota, P. Y. (2023). The Role of Reservoir Reoperation to Mitigate Climate Change Impacts on Hydropower and Environmental Water Demands. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 149(4).
- Grimm, N. B., Chapin, F. S., Bierwagen, B., Gonzalez, P., Groffman, P. M., Luo, Y., et al. (2013). The impacts of climate change on ecosystem structure and function. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(9), 474-482.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Lauri, H., de Moel, H., Ward, P. J., Räsänen, T. A., Keskinen, M., & Kummu, M. (2012). Future changes in Mekong River hydrology: impact of climate change and reservoir operation on discharge. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(12), 4603–4619. <https://doi.org/10.5194/hess-16-4603-2012>
- Moyle, P. B., Katz, J. V. E., & Quiñones, R. M. (2011). Rapid decline of California’s native inland fishes: A status assessment. *Biological Conservation*, 144(10), 2414–2423.