

MODELO DE RESUMO EXPANDIDO PARA O XXVI SBRH

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DA ÁGUA EM CÓRREGOS: ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS UTILIZANDO VARIÁVEIS HIDROMETEOROLÓGICAS

Luana Siebra Andrade¹; Veber Afonso Figueiredo Costa²; Talita Fernanda das Graças Silva²

Palavras-Chave – Modelagem preditiva; Gestão de recursos hídricos; Ecossistema urbano.

INTRODUÇÃO

A temperatura da água é uma variável essencial na regulação dos processos biogeoquímicos e ecológicos em sistemas aquáticos, afetando diretamente a disponibilidade de oxigênio e a atividade biológica (Almeida; Coelho, 2023). Em bacias urbanas, as alterações no uso e ocupação do solo afetam a dinâmica térmica dos córregos, intensificando variações de temperatura e comprometendo a qualidade ambiental (Anbapour; Naserin, 2025). Dentre os fatores que influenciam a temperatura da água estão variáveis meteorológicas como temperatura do ar e radiação solar, além de variáveis hidrológicas como a vazão. A dinâmica térmica é complexa e pode envolver relações não lineares, defasagens temporais e influências antrópicas.

Modelos preditivos são essenciais para estimar essa variável, especialmente em contextos com dados limitados. A Regressão Linear (RL) é simples e interpretável, mas limitada na captação de relações complexas. Já a Regressão por Processos Gaussianos (GPR) permite incorporar incertezas e relações não lineares com maior flexibilidade (Zhu *et al.*, 2024). Este estudo comparou o desempenho dessas abordagens na predição da temperatura da água em córregos de uma bacia hidrográfica localizada em Belo Horizonte (MG), utilizando variáveis hidrometeorológicas.

METODOLOGIA

A área de estudo é a bacia da Lagoa da Pampulha, que possui densa urbanização (75,4% da área) e oito principais afluentes diretos. Foram utilizados dados de temperatura da água trimestrais (2006–2024) do IGAM, dados meteorológicos horários do Instituto Nacional de Meteorologia (temperatura do ar e radiação solar) e vazões estimadas por regionalização com base na curva-chave do córrego Sarandi (Andrade, 2023).

Foram avaliados dois períodos: 2006–2024 e 2012–2023. As variáveis explicativas foram testadas de forma instantânea e com defasagem temporal de 6h e 24h. A RL utilizou uma estrutura linear com validação cruzada 10-fold. O GPR adotou um kernel exponencial e estimou intervalos de predição a partir da distribuição *a posteriori*. Os dados foram particionados em 70% para calibração e 30% para validação. As métricas de desempenho utilizadas foram RMSE, MAE, R² e KGE.

RESULTADOS

¹) Doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. luanasiebra@ufmg.br

²) Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos (EHR). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG.

Nos cenários com variáveis instantâneas, o GPR superou a RL em todos os indicadores, demonstrando maior robustez na representação térmica mesmo com baixa resolução dos dados. Os valores de RMSE para o GPR variaram entre 1,93 e 2,65 nas validações, enquanto a RL apresentou RMSE entre 1,92 e 2,68. O uso de lags (6h e 24h) melhorou a performance de ambos os modelos, porém o GPR obteve os melhores resultados no cenário com as variáveis T_ar_6h, T_ar_24h e Rad_6h, alcançando coeficiente de determinação acima de 0,65 e KGE superior a 0,70 na calibração.

Na série curta (2012–2023), a inclusão de muitas variáveis comprometeu o desempenho do GPR na validação, indicando sobreajuste. A análise do ponto PV090, referente ao córrego Sarandi, apresentou boa concordância entre os dados observados e os intervalos de predição do GPR, demonstrando que a qualidade dos dados impacta diretamente na calibração. A estrutura do kernel adotada se mostrou eficaz para representar a dinâmica térmica local, mas os resultados indicam que sua generalização também depende da representação adequada de fatores locais, como uso do solo e lançamento de efluentes.

Observou-se que a RL apresentou estabilidade moderada com menor capacidade de adaptação a relações não lineares. Em contrapartida, o GPR, mesmo exigindo maior poder computacional, mostrou-se eficaz em simular cenários complexos com incertezas incorporadas.

CONCLUSÕES

A Regressão por Processos Gaussianos apresentou desempenho superior à Regressão Linear em múltiplos cenários, especialmente com uso de variáveis meteorológicas defasadas. Contudo, o excesso de variáveis em séries curtas gerou sobreajuste. A escolha do *kernel* e a qualidade dos dados mostraram-se determinantes na performance do GPR. Os resultados ressaltam a relevância de modelos estatísticos para estimar a temperatura da água em contextos urbanos, contribuindo para o planejamento de ações de gestão ambiental.

REFERÊNCIAS

- ANBARPOUR, N.; NESARIN, A. (2025). “Evaluation of some regression models in the prediction of dissolved oxygen and water temperature of the Jarreh Dam, Iran.” *Advances in Environmental Technology*, 11(2), pp. 220–235.
- ANDRADE, L. (2023). “Modelagem tridimensional para avaliação espaço-temporal do comportamento térmico de um reservatório urbano: estudo de caso na Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte – MG”. 121 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ZHU, S. *et al.*, (2024). “An optimised NARX-based model for predicting thermal dynamics and heatwaves in rivers.” *Science of the Total Environment*, 925, 171954.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento FAPEMIG, CAPES e CNPq pelas bolsas concedidas a todos os autores deste artigo. Os agradecimentos se estendem à PBH e ao IGAM pelos dados disponibilizados.