

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **SUPERANDO SARIMA E SARIMAX: PREVISÃO DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS COM O PROPHET**

*Frederico Carlos Martins de Menezes Filho<sup>1</sup> & Rodrigo Cesar de Vasconcelos dos Santos<sup>2</sup> &  
Thaiana Todeschini<sup>3</sup>*

**Abstract:** Data-driven models stand out as alternatives for hydrological modeling in ungauged or data-scarce watersheds. In contrast to widely used classical models such as the ARIMA family, few studies have applied the Prophet model for streamflow forecasting. In this context, the present study aimed to compare the performance of the Prophet model with SARIMA and SARIMAX models, based on the work of Costa *et al.* (2023), applied to a sub-basin of the Paranaíba River, MG, Brazil. Three Prophet modeling approaches were considered: trend fitting (Prophet I), inclusion of holiday events identified as outliers using the interquartile range (IQR) method (Prophet II), and inclusion of holiday events plus precipitation as a regressor variable (Prophet III). The comparative analysis demonstrated the superiority of the Prophet models, especially the approach Prophet III for short-term forecasting horizons (6 months). The results indicate that Prophet constitutes a promising alternative for monthly mean streamflow forecasting.

**Resumo:** Modelos orientados por dados (*data-driven models*) se destacam como alternativas para a modelagem hidrológica em bacias hidrográficas não monitoradas ou com dados escassos. Em contraposição aos modelos clássicos amplamente utilizados como os da família ARIMA, poucos estudos têm empregado o modelo Prophet para a previsão de vazões. Neste sentido, o presente artigo objetivou comparar o desempenho do referido modelo com os modelos SARIMA e SARIMAX, considerando o trabalho de Costa *et al.* (2023), aplicado para uma sub-bacia do Rio Paranaíba, MG. Para tal, foram consideradas três abordagens com o Prophet, sendo elas: ajuste de tendências (Prophet I), inclusão de eventos *holiday* considerados como outliers obtidos pela AIQ (amplitude inter-quartis) (Prophet II) e inclusão de eventos *holiday* e da precipitação como variável regressora (Prophet III). A análise comparativa entre os modelos evidenciou a superioridade dos modelos Prophet, em especial, a abordagem Prophet III para horizonte de curto prazo (6 meses). Os resultados indicam que o Prophet apresentou melhor desempenho do que aos modelos SARIMA e SARIMAX, constituindo assim uma alternativa promissora para previsão de vazões médias mensais.

**Palavras-Chave** – Modelagem hidrológica, Modelos estatísticos, Séries temporais.

### **INTRODUÇÃO**

Tradicionalmente, modelos hidrológicos baseados em processos físicos, têm sido amplamente utilizados para simular a interação complexa entre precipitação, escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração (Naganna *et al.*, 2023). No entanto, uma das principais limitações desses modelos é o grande volume de dados necessários para as simulações, nem sempre disponíveis (Wagena *et al.*,

1) Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Rodovia MG-230, km 7, Rio Paranaíba, [frederico.menezes@ufv.br](mailto:frederico.menezes@ufv.br)

2) Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Rodovia MG-230, km 7, Rio Paranaíba, [rodrigo.vasconcelos@ufv.br](mailto:rodrigo.vasconcelos@ufv.br)

3) Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá. Av. Fernando Corrêa, nº 2367, Cuiabá/MT, [thaiana.todeschini@outlook.com](mailto:thaiana.todeschini@outlook.com)

2020; Hosseinzadeh *et al.*, 2023). Como alternativa à escassez de dados, modelos orientados por dados (*data-driven models*) incluindo tanto modelos estatísticos de previsão quanto técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*), têm sido empregados na previsão de séries temporais (Faticchi *et al.*, 2016; Yassen *et al.*, 2015).

Dentre os modelos estatísticos de previsão, os modelos da família ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*), têm sido largamente aplicados a nível mundial para modelagem de vazões (Kassem *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2019). Dentre estes, destacam-se os modelos SARIMA que consideram os padrões sazonais dos dados quando observados e o SARIMAX, que é uma versão multivariada do SARIMA, permitindo a integração de variáveis exógenas para aumentar o desempenho do modelo (Vagropoulos *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2023).

Outro modelo estatístico de sucesso e de grande eficiência para análise e previsão de séries temporais é o Facebook-Prophet, ou simplesmente Prophet (Hosseinzadeh *et al.*, 2023; Kenyi e Yamamoto, 2024). O Prophet é um modelo open-source para previsão de séries temporais que foi elaborado para lidar com diferentes padrões presentes em séries temporais, sazonalidades múltiplas (mensal, semanal e diária), variações nas tendências, dados ausentes e ainda, possibilitar a incorporação do efeito de feriados, dias não trabalhados ou eventos especiais (Taylor e Letan, 2017; Kulkarni, *et al.*, 2023; Ramirez, 2024).

Hosseinzadeh *et al.* (2023) realizaram um importante estudo para previsão de vazões médias mensais na Upper Colorado River Basin (E.U.A) utilizando o RFR (Random Forest Regressor), o LSTM (*Long Short-Term Memory*), o SARIMAX e o Prophet. O estudo possibilitou a consideração de séries temporais univariadas (apenas vazão), mas também de séries multivariadas, considerando temperatura e precipitação como variáveis regressoras, para a previsão de vazões num horizonte de 24 meses. Apesar dos modelos apresentarem resultados satisfatórios, o Prophet, dentre os demais, foi o de pior desempenho. Todavia, consoante os referidos autores, o Prophet modelado com a série temporal multivariada propiciou a redução da variância nas previsões.

Outro estudo que tratou a previsão de vazões mensais, em um rio no Sudão, foi o realizado por Kenyi e Yamamoto (2024). Tais autores avaliaram os modelos SARIMA, Prophet e um modelo híbrido SARIMA-Prophet para buscar unir as vantagens de cada abordagem. O modelo híbrido proposto reduziu a variabilidade dos resíduos e erros extremos, assegurando padrões de longo prazo e flutuações de curto prazo de forma mais eficiente.

Dash *et al.* (2025) utilizaram o Prophet para previsão de inundações no Canadá, com horizontes de 24 horas, 5, 10 e 15 dias, incorporando dados de precipitação e neve e compararam as previsões ao modelo GMDH (*Group Method of Data Handling*). Os autores ressaltaram o melhor desempenho do Prophet principalmente por contemplar componentes de tendência, representando excelente ferramenta para integrar um sistema de alerta contra cheias.

Ramírez (2024) aplicou o Prophet para a previsão de níveis mínimos diárias de operação em reservatório de uma usina hidrelétrica, sujeita a condições de baixa vazão devido ao fenômeno El Niño, considerando o período de 2021 a 2023. O referido modelo desenvolvido apresentou bom desempenho em relação às métricas avaliadas (MAPE, MAE e RMSE), apresentando-se como ferramenta complementar aos operadores da referida usina, na definição de níveis de operação em momentos de estiagem.

Santos *et al.* (2024) compararam o desempenho das previsões (1, 6, 12 e 24 h) para a demanda de água em Curitiba, PR, para o período de 2018 e 2020, avaliando os modelos Auto Regressivo Integrado de Médias Móveis (ARIMA), Árvore de Decisão (DT) e Prophet. Os referidos autores

constataram o desempenho superior do Prophet para previsões de curto prazo em relação aos outros modelos.

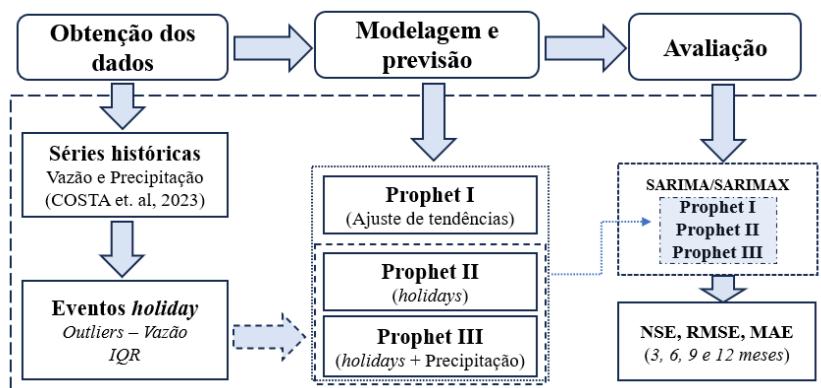
Como observado, poucos estudos recentes têm utilizado a modelagem com Prophet para previsão de vazões médias mensais e não há estudos que abordam o emprego deste modelo no Brasil.

Deste modo, o presente trabalho objetivou avaliar o emprego do Prophet na previsão de vazões médias mensais utilizando uma série temporal reduzida e comparar o seu desempenho aos obtidos pelos modelos clássicos SARIMA e SARIMAX.

## METODOLOGIA

Nesta seção apresenta-se a metodologia empregada neste estudo. A Figura 1 ilustra o fluxograma da metodologia implementada.

Figura 1 – Fluxograma metodológico.



Fonte: Autores (2025).

## Dados utilizados

As séries temporais de vazão e precipitação utilizadas neste trabalho foram as empregadas por Costa *et al.* (2023), no estudo intitulado *Assesment of Time Series Models for Mean Discharge Modeling and Forecasting in a Sub-Basin of the Paranaíba River, Brasil*. Tal estudo modelou e comparou os modelos SARIMA e SARIMAX para a previsão de vazões médias mensais, considerando a precipitação como variável regressora. Assim, tal trabalho serviu como referência para avaliar para o mesmo conjunto de dados, o desempenho do modelo Prophet. Outro aspecto importante em consideração, foi a série temporal reduzida de apenas 9 anos (2008-2016) utilizada no referido estudo, sendo um aspecto geralmente desfavorável para modelagem de séries temporais, incluindo modelos estatísticos como o Prophet.

Para a modelagem proposta, os dados foram divididos em período de treino, compreendendo o intervalo entre 2008 e 2015 e para o período de teste para o ano de 2016.

## Modelo Prophet

A Equação 1 define a matemática empregada pelo modelo Prophet:

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

Em que:

$g(t)$  = componente de tendência;

$s(t)$  = componente de sazonalidade;

$h(t)$  = componente de *holidays* e;  
 $\epsilon_t$  = termo de erro.

Consoante Taylor e Lethan (2017), a componente de tendência  $g(t)$  é frequentemente modelada usando regressão linear por partes ou uma função logística; a componente de sazonalidade,  $s(t)$ , pode ser modelada como uma série Fourier padrão e a componente *holiday*,  $h(t)$ , incorpora efeitos de feriados ou eventos pela criação de indicadores binários. Como apontado por Kulkarni *et al.*, 2023, eventos *holiday* são caracterizados por pontos de mudanças na série temporal, sendo possível definir tais datas e incluir a extensão de tais eventos por janelas temporais com limites inferior e superior.

Neste sentido, determinou-se a presença de valores atípicos (outliers) observados na série histórica de vazões médias mensais que foram considerados identificando suas datas na modelagem.

Assim, os outliers (limite inferior e superior) foram definidos por meio da obtenção da amplitude inter-quartis (AIQ) e pelas equações 2, 3 e 4:

$$AIQ = Q_3 - Q_1 \quad (2)$$

$$Qi < Q_1 - 1.5 \times AIQ \quad (3)$$

$$Qs > Q_3 + 1.5 \times AIQ \quad (4)$$

Em que:

$Q_3$  = terceiro quartil (75%);

$Q_1$  = primeiro quartil (25%);

$Qi$  = limite inferior (outlier) e;

$Qs$  = limite superior (outlier).

## Abordagens utilizadas para a modelagem

A análise e a modelagem da série temporal utilizando o Prophet foi realizada em Python. Foram consideradas três abordagens para a modelagem com o Prophet, a saber:

- Prophet I: essa abordagem considerou apenas o ajuste de tendências, com o controle de pontos de mudança (*change points*) sem a inclusão de eventos *holiday* e variáveis adicionais regressoras. O modelo foi treinado com a escala de flexibilidade dos pontos de mudança (*change point prior scale*) de 0.1, número de pontos de mudança (*change points*) de 30, modo multiplicativo de sazonalidade, sazonalidade anual e intervalo de confiança de 95%.
- Prophet II: essa abordagem considerou a inclusão dos eventos *holiday*, considerados neste trabalho como os outliers obtidos pela AIQ.
- Prophet III: essa abordagem considerou tanto os eventos *holiday* quanto a adição da variável regressora precipitação. Para os parâmetros *lower\_window* e *upper\_window*, indicando período de tempo afetados pelos outliers, considerou-se os valores de -1 e 0, respectivamente. Valores superiores, para os referidos parâmetros, foram indiferentes para os resultados obtidos.

Diferentemente dos modelos SARIMA e SARIMAX, tomados como referência para comparação com este estudo, o modelo Prophet não exige uma avaliação da estacionariedade sobre os dados. Todavia, o modelo requer que os dados sejam dispostos em colunas denominadas “ds” e

“y”, respectivamente, relativas à variável dependente tempo, em meses, e a variável dependente vazão média mensal ( $m^3/s$ ).

### Métricas de desempenho

Para avaliar os modelos e compará-los, as seguintes métricas de desempenho foram utilizadas:

- Coeficiente de Nash-Sutcliffe: O NSE (Nash e Sutcliffe, 1970) é uma das métricas mais utilizadas na avaliação de modelos hidrológicos, sendo definido pela Equação 5.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_{i,est} - y_{i,obs})^2}{\sum_{i=1}^N (y_{i,obs} - \bar{y}_{obs})^2} \quad (5)$$

- Raíz do erro quadrático médio: corresponde ao cálculo do desvio entre os valores observados e os valores estimados. Quanto menor o valor de RMSE, menor a variabilidade entre tais valores. É obtida pela seguinte equação:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{i,est} - y_{i,obs})^2} \quad (6)$$

- Percentagem do erro médio absoluto: representa o erro absoluto médio como uma porcentagem dos valores observados e é obtido pela seguinte equação:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y_{i,obs} - y_{i,est}|}{|y_{i,obs}|} 100 \quad (7)$$

Em que:

$N$  = dimensão da série temporal;

$y_{i,obs}$  = valor observado ( $m^3/s$ );

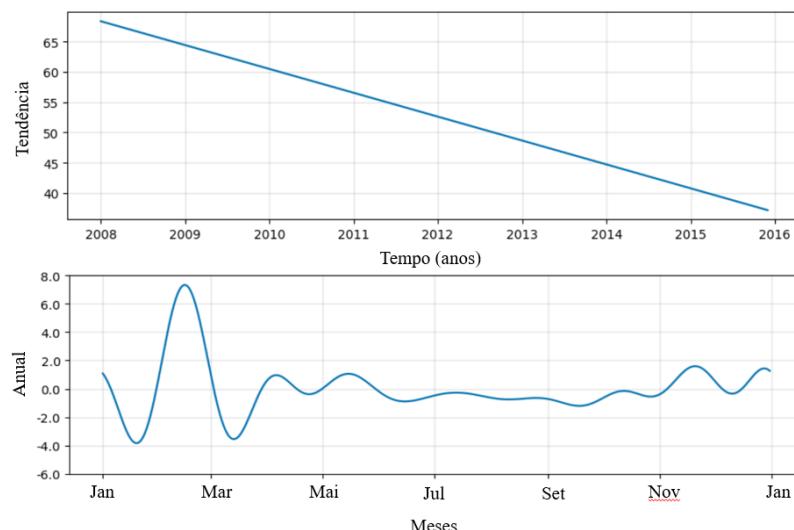
$y_{i,est}$  = valor estimado ( $m^3/s$ );

$\bar{y}_{obs}$  = média dos valores observados ( $m^3/s$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A componente de tendência relativa às vazões médias observadas no Rio Paranaíba, de 2008 a 2016, revela declínio ao longo do período, indicando redução das vazões médias mensais (Figura 2).

Figura 2 – Componentes de tendência e sazonalidade anual geradas pelo Prophet.



Em relação a componente sazonalidade (Figura 2), observam-se, padrões distintos intra-anuais, com redução das vazões no período de março a outubro, e elevação de novembro a fevereiro.

A Tabela 1 apresenta os quatro eventos *holiday* utilizando a amplitude inter-quartis (AIQ), que foram inseridos nas abordagens Prophet II e Prophet III.

Tabela 1- Eventos *holiday* considerados na modelagem como outliers

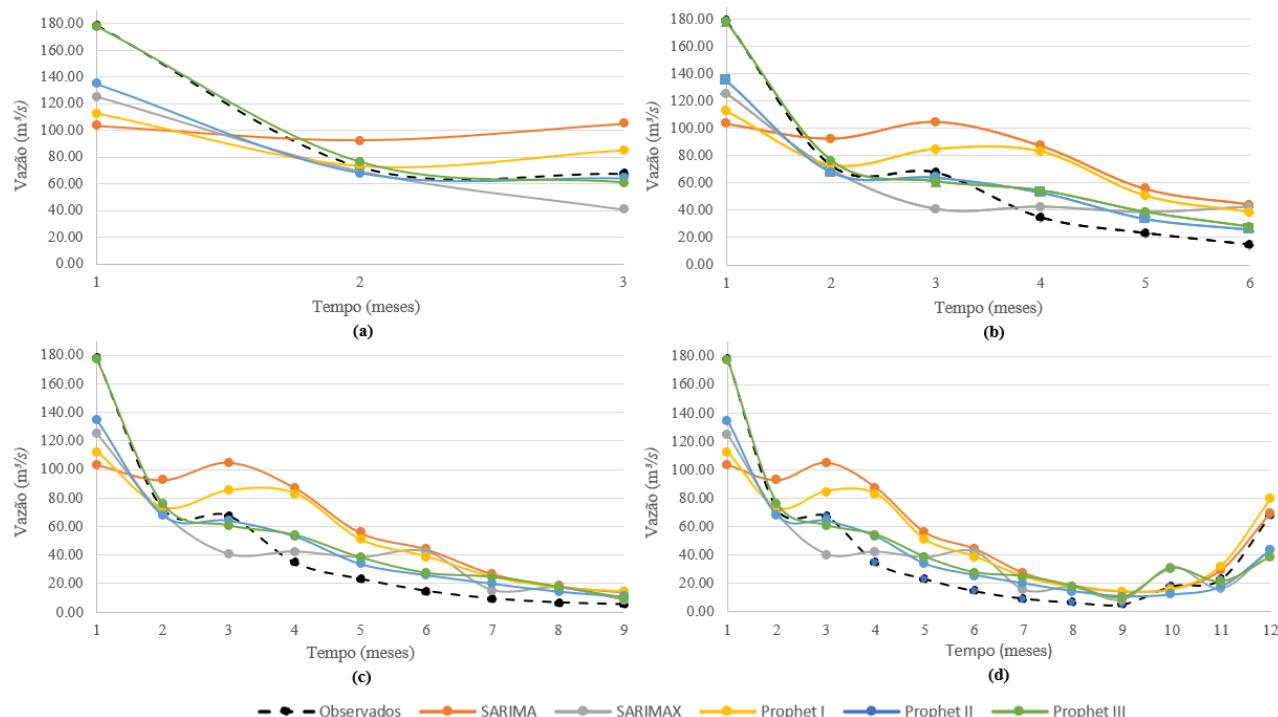
Data (ano-mês-dia)	Q ( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ )
2011-01-01	177,24
2011-03-01	195,81
2012-01-01	273,98
2016-01-01	178,50

A Figura 3 apresenta as previsões realizadas para os horizontes 3, 6, 9 e 12 meses considerando os modelos SARIMA e SARIMAX (Costa *et al.*, 2023) e os modelos Prophet I, II e III.

Verifica-se na Figura 3, que para a vazão de pico observada em 2016 no primeiro mês, os modelos SARIMA e SARIMAX, assim como o Prophet I e II, subestimaram tal valor. A subestimativa da referida vazão de pico e a superestimativa de vazões mínimas, que se observaram nos seis meses seguintes, foi observada de forma mais pronunciada pelos resultados obtidos pelo SARIMA (linha laranja). Tal característica quanto a subestimativa das vazões de pico fora observada também em outros trabalhos como de Bayer *et al.* (2012) e Duarte *et al.* (2019).

Em contrapartida, para a previsão de 3 meses, o melhor desempenho fora obtido para o Prophet III, incluindo os eventos *holiday* e a variável regressora precipitação.

Figura 3 – Previsões de vazões médias mensais para o ano de 2016 obtidas pelos modelos SARIMA, SARIMAX, Prophet I, Prophet II e Prophet III considerando diferentes horizontes: (a) 3 meses, (b) 6 meses, (c) 9 meses e (d) 12 meses.



Tal fato pode também ser comprovado pelas Figuras 4, 5 e 6, onde se apresentam as métricas de desempenho para os períodos de análise.

Figura 4 – Valores de Coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE) considerando os períodos de treino e teste para os modelos avaliados.

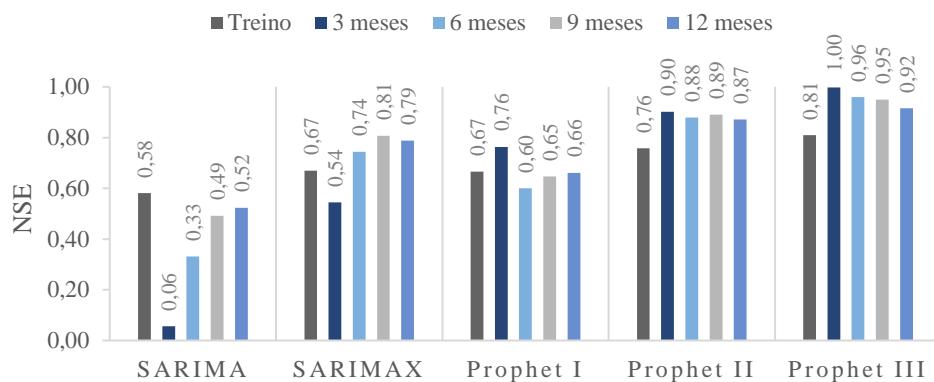


Figura 5 – Valores da Raíz do Erro Quadrático Médio (RMSE) considerando os períodos de treino e teste para os modelos avaliados.

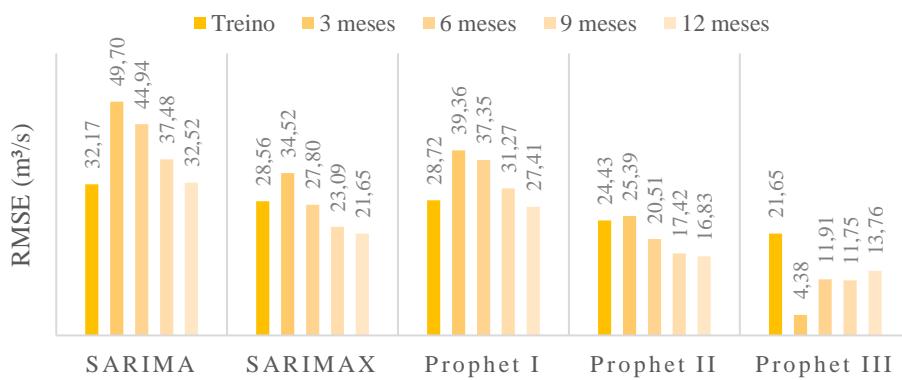
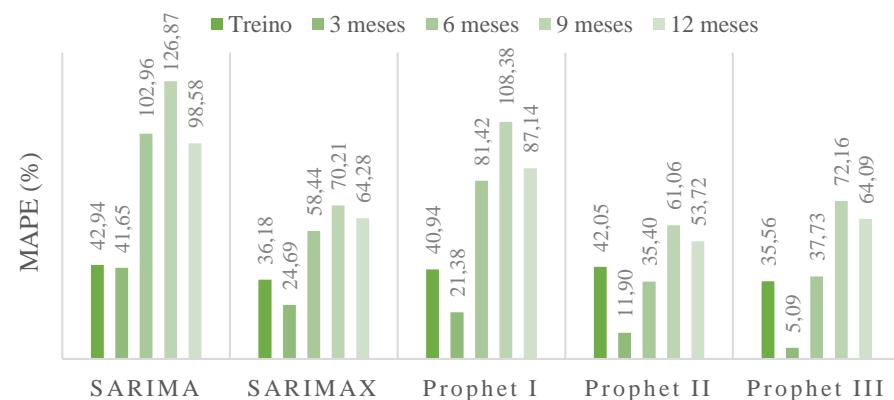


Figura 6 – Valores da Raíz do Erro Quadrático Médio (RMSE) considerando os períodos de treino e teste para os modelos avaliados.



Para o horizonte de 3 meses os valores de NSE, RMSE e MAPE, foram respectivamente iguais a 1,00,  $4,38 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  e 5,09 %. Neste cenário, todos os modelos Prophets analisados superaram os demais, demonstrando sua eficiência para horizontes curtos de previsão.

Para o horizonte de 6 meses, os modelos Prophet II e III apresentaram melhor desempenho que os demais, sendo nesta situação o SARIMAX, superior a abordagem mais simples para o Prophet, que considerou apenas o ajuste de tendências. Nos demais horizontes, 9 e 12 meses, verificou-se a mesma tendência, sendo os modelos Prophets II e III, de melhor desempenho, precedido pelo SARIMAX, Prophet I, e por fim, o SARIMA de pior desempenho.

Tal fato corrobora a importância da inclusão dos eventos atípicos na modelagem, proposta neste trabalho, tão quanto a inclusão de uma variável regressora, na busca pelo melhor de desempenho de modelos orientados por dados (Bleidorn *et al.*, 2019; Caixeta *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2023; Barbosa *et al.*, 2024).

Como observado na Figura 5, os modelos SARIMA e Prophet I, de pior desempenho, apresentaram sobreajuste no período de treino em relação aos demais horizontes, quando comparados os valores de NSE. Diferentemente dos outros modelos, que apresentaram valores inferiores de NSE para o período de treino e de teste.

Em relação ao RMSE, os menores valores encontrados em ordem decrescente foram Prophet III, Prophet II, SARIMAX, Prophet I e SARIMA. Já para o MAPE, houve grande variação dos resultados em função dos horizontes previstos, sendo que o melhor modelo para o curto prazo, Prophet III, deixou de apresentar o menor erro quando houve ampliação do horizonte, como esperado. Para os horizontes de 6, 9 e 12 meses, o modelo Prophet II apresentou o menor MAPE dentre os demais.

## CONCLUSÕES

O referido estudo buscou comparar o desempenho do modelo Prophet com modelos clássicos da família ARIMA, tomando-se como base o estudo de Costa *et al.* (2023), aplicado para uma sub-bacia do Rio Paranaíba-MG considerando-se uma série temporal curta.

Conclui-se que o modelo Prophet III, abordagem relativa à inserção de eventos *holiday* e da precipitação, apresentou desempenho superior aos modelos SARIMA e SARIMAX, mostrando-se como uma excelente ferramenta para a previsão de vazões médias mensais em bacias hidrográficas com escassez de dados.

A análise das métricas de desempenho (NSE, RMSE e MAPE) evidenciou melhor acurácia dos modelos Prophet para horizontes de curto e médio prazo (3 a 12 meses), destacando-se o Prophet III para 3 meses e o Prophet II para horizontes mais longos.

Vale destacar também a versatilidade do modelo na consideração de eventos atípicos, dados faltantes e adição de variáveis regressoras constituindo-se ferramenta promissora para previsões hidrológicas.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, a avaliação da aplicação do modelo em diferentes bacias hidrográficas e distintas escalas temporais.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M. H. et al. (2024). “Modelagem Estocástica de Séries Temporais Pluviométricas e Fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Preto, Sudeste do Brasil”. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 39.

BAYER, D.; CASTRO, N.; BAYER, F. (2012). “Modelagem e Previsão de Vazões Médias Mensais Do Rio Potiribu Utilizando Modelos de Séries Temporais”. *Rev. Bras. Recur. Hídricos*, 17, 229–239. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.p229-239>.

BLEIDORN, M.T.; PINTO, W.P.; BRAUM, E.S.; LIMA, G. B.; MONTEBELLER, C.A. (2019). Modelagem e previsão de vazões médias mensais do rio Jucu, ES, utilizando o modelo SARIMA. *IRRIGA*, v.24, n.2, p.320-335.

CAIXETA, L. T.; MENEZES FILHO, F. C. M.; FONSECA, V. L. A. (2021). “Modelagem e previsão de vazões médias mensais do Rio Paranaíba utilizando o modelo SARIMA”. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.3, p.255-267.

COSTA, G. E. D. M. E.; MENEZES FILHO, F. C. M. D.; CANALES, F. A.; FAVA, M. C.; BRANDÃO, A. R. A.; DE PAES, R. P. (2023). “Assessment of Time Series Models for Mean Discharge Modeling and Forecasting in a Sub-Basin of the Paranaíba River, Brazil”. *Hydrology*, v. 10, n. 11, p. 208.

DASH, A. A.; CASTRO, K.; MCBEAN, E. (2025). “Modelling for Improved Flood Forecasting in the Bow River Basin Using Prophet”. *Journal of Environmental Informatics Letters*, 13, (1), pp. 1-13.

DUARTE, V.B.R.; SILVA, F.D.C.S.; SOUZA, I.V.; SILVA, M.V.C.; DE ALMEIDA SOUSA, H.G.; et al. (2019). “Previsão de vazão na bacia hidrográfica do rio Manuel Alves da Natividade utilizando o modelo de séries temporais SARIMA”. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 7, n. 4, p. 457-468.

FATICHI, S. et al. (2016). “An overview of current applications, challenges, and future trends in distributed process-based models in hydrology”. *J. Hydrol.*, 537, 45–60. [https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.026, 2016](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.026).

KASSEM, A.A.; RAHEEM, A.M.; KHIDIR, K.M. (2020). “Daily Streamflow Prediction for Khazir River Basin Using ARIMA and ANN Models”. *Zanco J. Pure Appl. Sci.*, 32, 30–39. <https://doi.org/10.21271/zjpas.32.3.4>.

KENYI, M. G. S.; YAMAMOTO, K. (2024). “A hybrid SARIMA-PROPHET model for predicting historical streamflow time-series of the Sobat River in South Sudan”. *Discover Applied Sciences*, 6:457.

KULKARNI, A. R. et al. (2023). “Time Series Algorithms Recipes”. [https://doi.org/10.1007/978-14842-8978-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-14842-8978-5_3).

HOSSEINZADEH, P.; NASSAR, A.; BOUBRAHIMI, S. F.; HAMDI, S. H. (2023). “ML-Based Streamflow Prediction in the Upper Colorado River Basin Using Climate Variables Time Series Data”. *Hydrology* 2023, 10, 29.

NAGANNA, S. R.; MARULASIDDAPPA, S. B.; BALREDDY, M. S.; YASEEN, Z. M. (2023) “Daily scale streamflow forecasting in multiple stream orders of Cauvery River, India: Application of advanced ensemble and deep learning models”. *Journal of Hydrology*, v. 626, p. 130320, nov. 2023.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. (1970). "River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles". *J. Hydrol.* 10, pp. 282-290.

RAMÍREZ, C. A. Y. (2024). "Methodology for target forecasting of water level in hydroelectric plant reservoirs under conditions of low inflow". *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*. Manaus, v. 10 n. 48, pp. 43-48.

SANTOS, F. S.; PERES, M. V. O.; MARIANI, V. C.; COELHO, L. S. (2024). "Time Series Analysis and Forecasting in Water Demand Management". Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4921634>.

SUN, Y.; NIU, J.; SIVAKUMAR, B. A. (2019). "Comparative Study of Models for Short-Term Streamflow Forecasting with Emphasis on Wavelet-Based Approach". *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, 33, 1875–1891. <https://doi.org/10.1007/s00477-019-01734-7>.

TAYLOR, S. J.; LETHAM B. (2017). "Forecasting at Scale". *The American Statistician*, 72 (1), pp. 37-45.

VAGROPOULOS, S.I.; CHOULIARAS, G.I.; KARDAKOS, E.G.; SIMOGLOU, C.K.; BAKIRTZIS, A.G. (2016). "Comparison of SARIMAX, SARIMA, Modified SARIMA and ANN-Based Models for Short-Term PV Generation Forecasting". *IEEE Int. Energy Conf.* 583 ENERGYCON 2016, 1–6, doi:10.1109/ENERGYCON.2016.7514029.

WAGENA, M.B.; GOERING, D.; COLLICK, A.S.; BOCK, E.; FUKA, D.R.; BUDA, A.; EASTON, Z.M. (2020). "Comparison of Short-Term Streamflow Forecasting Using Stochastic Time Series, Neural Networks, Process-Based, and Bayesian Models. *Environ. Model. Softw.*". 126, 104669. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104669>.

YASEEN, Z. M., EL-SHAFIE, A., JAAFAR, O., AFAN, H. A., & SAYL, K. N. (2015). "Artificial intelligence based models for stream-flow forecasting: 2000–2015". <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.038>.

**AGRADECIMENTOS** - À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio à pesquisa.