UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO DE COTAS PARA AVALIAÇÃO DE PRODUTOS DE PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA

Bruno Fernandes da Costa Fonseca [1]; Gabriel Anzolin [2]; Marcus Suassuna Santos [3] & Pedro Luiz Borges Chaffe [4]

Palavras-Chave – produtos de precipitação, Amazônia, aprendizado de máquina.

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das principais variáveis de entrada em modelos hidrológicos. Na Bacia Amazônica, a baixa densidade e a distribuição espacial heterogênea da rede pluviométrica (Cattelan; Mattos; Hirota, 2025), associadas à descontinuidade e falhas nas séries observadas, impõem limitações estruturais à caracterização da variabilidade espaço-temporal da chuva e, consequentemente, aumentam a incerteza em aplicações hidrológicas. Nesse contexto, produtos de precipitação baseados em interpolação, sensoriamento remoto e reanálises têm sido amplamente utilizados como alternativa ou complemento às observações in situ (Sun et al., 2018). No entanto, apesar dos avanços, ainda não há consenso sobre qual o melhor produto nos diferentes cenários e locais (Beck et al., 2017).

Este trabalho avaliou o desempenho de oito produtos de precipitação na simulação de cotas diárias em 64 bacias hidrográficas na Amazônia entre o período de 1998 a 2025. Para isso, foi utilizado um modelo de aprendizado de máquina baseado no algoritmo Random Forest, aplicado individualmente a cada produto, permitindo uma avaliação comparativa de sua capacidade de reproduzir a resposta hidrológica observada.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende a Bacia Amazônica, com área superior a 7 milhões de km². Foram utilizados dados diários de cota provenientes da base HidroWeb e da rede de estações telemétricas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), abrangendo o período de 1998 a 2025. Para os dados de precipitação, foram selecionados oito produtos amplamente utilizados em aplicações hidrológicas: CHIRPS (Funk et al., 2015), CPC (Chen et al., 2008), ERA5-Land (Muñoz-Sabater et al., 2021), IMERG Final Run (Huffman et al., 2020), JRA-3Q (Kosaka et al., 2024), MERGE (Rozante et al., 2010), MSWEP (Beck et al., 2019) e PERSIANN-CDR (Ashouri et al., 2015). Todas as bases foram processadas em resolução diária para o período de 1998 a 2025.

A previsão da cota diária para o dia seguinte (t+1) foi realizada utilizando o algoritmo Random Forest, implementado no pacote *randomForest* do software R. O modelo foi configurado com 1000 árvores de decisão. Os dados foram divididos cronologicamente em conjuntos de calibração (70%) e teste (30%). Como variáveis preditoras, foram utilizadas informações antecedentes da precipitação, representadas pelos valores observados nos cinco dias anteriores e por médias acumuladas em

[1]) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, brufcf@gmail.com
[2]) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, gabriel_anzolin@hotmail.com
[3]) Serviço Geológico do Brasil, marcus.santos@sgb.gov.br
4) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, pedro.chaffe@ufsc.br

diferentes escalas temporais (6–15, 16–30, 31–60, 61–90, 91–180 e 181–365 dias), de modo a incorporar a influência de processos hidrológicos de curto, médio e longo prazo.

RESULTADOS

Os produtos de precipitação com melhor KGE por bacia apresentam variabilidade espacial (Figura 1). O ERA5-Land apresentou o melhor desempenho com maior frequência, sendo selecionado em 17 bacias, seguido pelo MERGE (13 bacias) e pelo MSWEP (11 bacias). Em contraste, o IMERG Final Run não obteve o maior KGE em nenhuma das bacias analisadas.

No geral, observa-se elevada heterogeneidade espacial no ranking dos produtos, sem um padrão consistente ao longo da bacia Amazônica. Ainda assim, destaca-se uma concentração na região central, onde o ERA5-Land foi o melhor produto em seis bacias adjacentes, sugerindo maior consistência local desse produto em comparação aos demais. Em contraste, na porção norte da bacia, bacias próximas apresentaram diferentes produtos como melhor desempenho, incluindo até cinco produtos distintos em um conjunto de 10 bacias, indicando forte variabilidade espacial e baixa coerência regional entre os produtos avaliados.

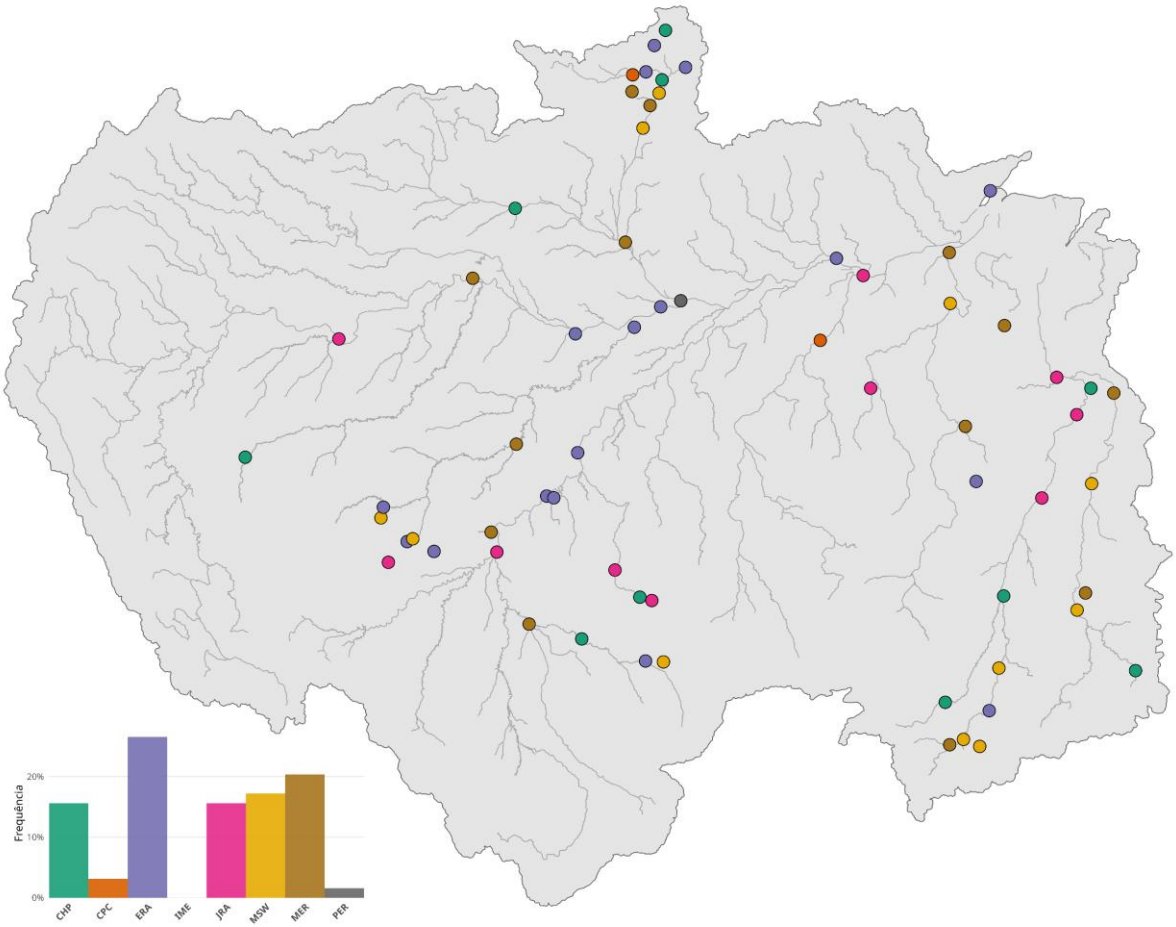


Figura 1. Produto de precipitação com maior KGE em cada estação fluviométrica e histograma de ocorrência dos melhores produtos.

A distribuição das métricas de desempenho (KGE, R^2 e RMSE) entre os produtos de precipitação indica desempenho geral semelhante entre vários produtos (Figura 2). De modo geral, CHIRPS, CPC, ERA5-Land, JRA-3Q, MSWEP e MERGE apresentaram os melhores resultados globais, com medianas de KGE e R^2 superiores a 0.75. Em contraste, IMERG Final Run e PERSIANN-CDR apresentaram os menores valores medianos de KGE e R^2, além dos maiores valores de RMSE, indicando menor capacidade de reprodução das cotas observadas.

Apesar da discrepância no ranking dos melhores produtos entre as bacias, com CHIRPS sendo selecionado como melhor produto em 10 bacias, enquanto o CPC aparece em 2. A análise das distribuições indica que os produtos apresentam desempenho globalmente semelhante nas três métricas avaliadas.

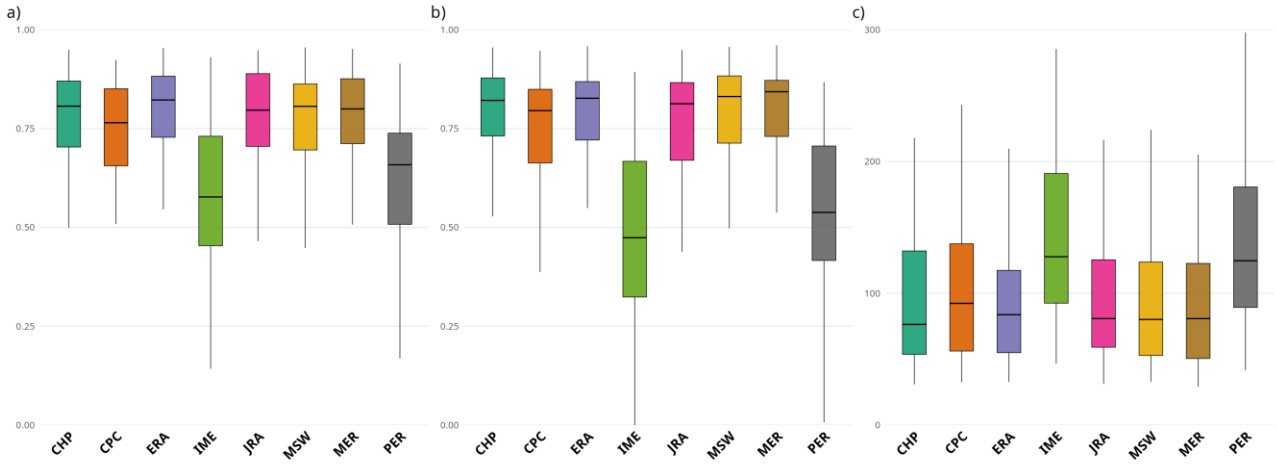


Figura 2. Boxplots das métricas de desempenho dos produtos de precipitação: a) KGE, b) R^2, c) RMSE (cm).

CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi avaliado o desempenho de oito produtos de precipitação para previsão de cotas diárias na Bacia Amazônica. Embora o ERA5-Land tenha sido o produto mais frequentemente classificado como o de melhor desempenho, as distribuições das métricas dos principais produtos foram semelhantes, não indicando uma superioridade consistente. Os demais produtos também apresentaram bom desempenho em diferentes contextos espaciais, indicando variabilidade regional. Esses resultados destacam que a escolha da base de dados de precipitação deve considerar a escala e as características hidrológicas locais da bacia.

REFERÊNCIAS

ASHOURI, H. et al. (2015). “PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies”. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 96, n. 1, p. 69–83.

BECK, H. E. et al. (2017). “Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling”. Hydrology and Earth System Sciences, v. 21, n. 12, p. 6201–6217.

BECK, H. E. et al. (2019). "MSWep v2 Global 3-hourly 0.1° precipitation: Methodology and quantitative assessment". Bulletin of the American Meteorological Society, v. 100, n. 3, p. 473–500.

CATTELAN, L. G.; MATTOS, C. R. C.; HIROTA, M. (2025). "Unraveling divergences: disagreement between precipitation datasets and stations in tropical South America". Environmental Research Letters, v. 20, n. 10.

CHEN, M. et al. (2008). "Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation". Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 113, n. 4.

FUNK, C. et al. (2015). "A global satellite-assisted precipitation climatology". Earth System Science Data, v. 7, n. 2, p. 275–287.

HUFFMAN, G. J. et al. (2020). "Integrated Multi-satellite Retrievals for the Global Precipitation Measurement (GPM) Mission (IMERG)". In: Advances in Global Change Research. Springer, v. 67, p. 343–353.

KOSAKA, Y. et al. (2024). "The JRA-3Q reanalysis". Journal of the Meteorological Society of Japan, v. 102, n. 1, p. 49–109.

MICHEL, G. P.; GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. (2015). "Critical rainfall to trigger landslides in Cunha River basin, southern Brazil". Natural Hazards, v. 75, p. 2369–2384.

MUÑOZ-SABATER, J. et al. (2021). "ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications". Earth System Science Data, v. 13, n. 9, p. 4349–4383.

ROZANTE, J. R. et al. (2010). "Combining TRMM and surface observations of precipitation: Technique and validation over South America". Weather and Forecasting, v. 25, n. 3, p. 885–894.

SUN, Q. et al. (2018). "A Review of Global Precipitation Data Sets: Data Sources, Estimation, and Intercomparisons". Reviews of Geophysics, v. 56, n. 1, p. 79–107.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio do Serviço Geológico do Brasil (SGB), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPQ).