MÉTODO DE CORREÇÃO DE VIÉS ISIMIP PARA APRIMORAR AS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO DO MODELO REGIONAL ETA: VISANDO UMA SIMULAÇÃO DE VAZÃO MAIS EFICIENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NEGRO NA AMAZONAS

Fernando Justino Nascimento Matias[1] ; Francis Wagner Silva Correia [2] ; Weslley de Brito Gomes[3]; Leonardo Alves Vergasta[4]; Djanir Sales de Moraes[5]

Palavras-Chave – ISIMIP, Precipitação, MGB-IPH, vazão

INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Negro (BRN) desempenha um papel crucial na dinâmica hidrológica e ambiental da Amazônia. Nesse contexto, a modelagem hidrológica consolida-se como uma ferramenta indispensável, tendo a precipitação como sua principal variável de entrada (Beck et al., 2019). Com base nessa premissa, este estudo avalia o desempenho da precipitação simulada pelo modelo regional Eta com e sem a aplicação da correção de viés do método de projeto de intercomparação de modelos de impacto intersetoriais (ISIMIP), como dado de entrada no Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB) aplicado à BRN. O objetivo principal é analisar a propagação de erros nas estimativas de vazões diárias e demonstrar como o aprimoramento na previsão das curvas de recessão e de pico fluvial é determinante para gerar prognósticos confiáveis, os quais são essenciais para o planejamento estratégico e a gestão dos recursos hídricos.

METODOLOGIA

Neste estudo, o modelo foi aplicado na BRN, localizada na Amazônia. Como etapa inicial, o MGB foi forçado com dados diários de precipitação provenientes da base global *Multi-Source Weighted Ensemble Precipitation* (MSWEP v1.1). Os dados de vazão observada, utilizados como referência, foram obtidos da estação fluviométrica de Serrinha (código 14420000).

Para avaliar o impacto da técnica de correção de viés na resposta hidrológica da BRN, as simulações climáticas históricas (1990–2014) do modelo regional Eta (acoplado ao modelo global EC-Earth3) foram inseridas no MGB sob duas configurações distintas: a utilização de dados brutos (sem correção) e de dados corrigidos pelo método do ISIMIP. Por fim, o desempenho das simulações diárias foi quantificado e avaliado por meio de métricas estatísticas: o mapa de calor para saídas do Eta e o Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), o Coeficiente de Nash-Sutcliffe dos logaritmos das vazões (NSElog), o Critério de Kling-Gupta (KGE) e o Percentual de Viés (PBIAS) para saídas do modelo MGB-IPH.

RESULTADOS

O modelo bruto (configuração - NC) subestimou a precipitação média observada, exibindo subestimação da variabilidade no trimestre DJF (KGE de 0,44) e superestimativa do viés nas estações JJA e SON (**Figura 1**). Em contrapartida, o modelo corrigido pelo método ISIMIP apresentou desempenho satisfatório em todas as escalas temporais (anual e sazonal), com valores de eficiência

1) Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente: (CLIAMB, INPA/UEA). fernandomatias73@gmail.com
2) Professor do Programa de Pós-graduação em Clima e Ambiente – UEA. fcorreia@uea.edu.br
3) Pós-doutorado no Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente – UEA. weslley.brito.gomes@gmail.com
4) Pós-doutorado no Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente – UEA. lav.dcl18@uea.edu.br
5) Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente – UEA. salesdjanir@gmail.com

de Kling-Gupta (KGE) superiores a 0,93. A configuração ISIMIP manteve-se próxima do valor dos dados observados (1,00), capturando com precisão os períodos de máxima (maio) e mínima precipitação dentro da faixa de variabilidade da referência.

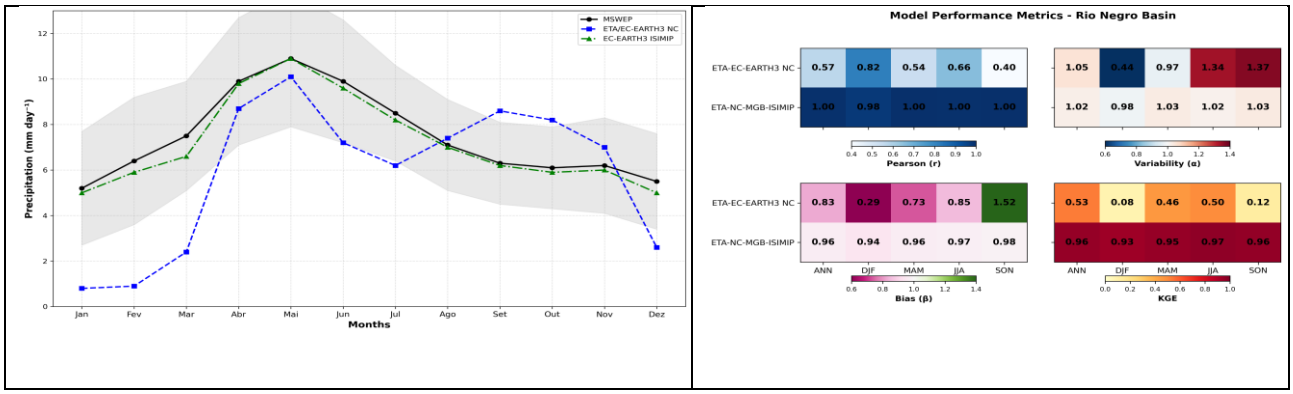


Figura 1. Distribuição mensal da precipitação, do MSWEP (limha preta), simulado por Eta, antes da correção de viés (painel esquerdo -linha azul) e após a correção de viés (painel esquerdo linha verde) e as métricas estatísticas (painel direito)

Calibração e Validação do Modelo Hidrológico

A comparação entre as vazões observadas e simuladas na estação fluviométrica Serrinha indicaram que o modelo MGB reproduziu adequadamente o regime de vazões diárias. Para o período de calibração (1991-2005), as métricas NSE, NSElog, KGE e PBIAS foram de 0,81, 0,75, 0,67 e 1,73%, respectivamente. No período de validação (2005-2014), os valores foram de 0,78 (NSE), 0,74 (NSElog), 0,71 (KGE) e 1,15% (PBIAS). O coeficiente de determinação (R^2) variou entre 0,81 e 0,88. O PBIAS inferior 5% em ambas as etapas classifica o desempenho do modelo como muito bom (Moriasi et al., 2015). De modo geral, as simulações hidrológicas foram consideradas satisfatórias e aptas para subsidiar projeções de vazão na bacia.

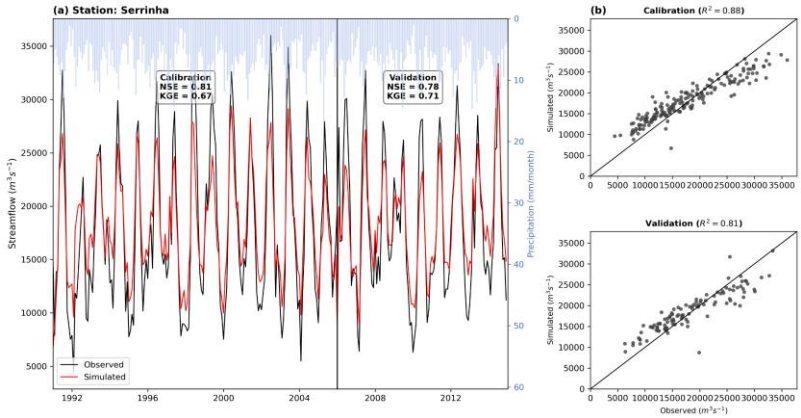


Figura 2. Calibração e validação da vazão simulada usando o conjunto de precipitação do MSWEP, comparada à variabilidade natural observada (1990-2014).

O hidrograma gerado a partir dos dados brutos (ETA_NC_MGB_NC) conseguiu capturar a sazonalidade do regime de vazão da Bacia do Rio Negro. Na etapa de validação, os resultados das métricas estatísticas NSE, NSElog, KGE e PBIAS indicaram que o cenário sem correção de viés (ETA_NC_MGB_NC) apresentou desempenho classificado como insatisfatório. Em contrapartida, a inserção da precipitação corrigida pelo método ISIMIP (ETA_ISIMIP_MGB_NC) elevou o

desempenho do modelo hidrológico para o nível "satisfatório" em todo o período de validação, segundo os critérios de (Moriasi. D. N et al., 2007).

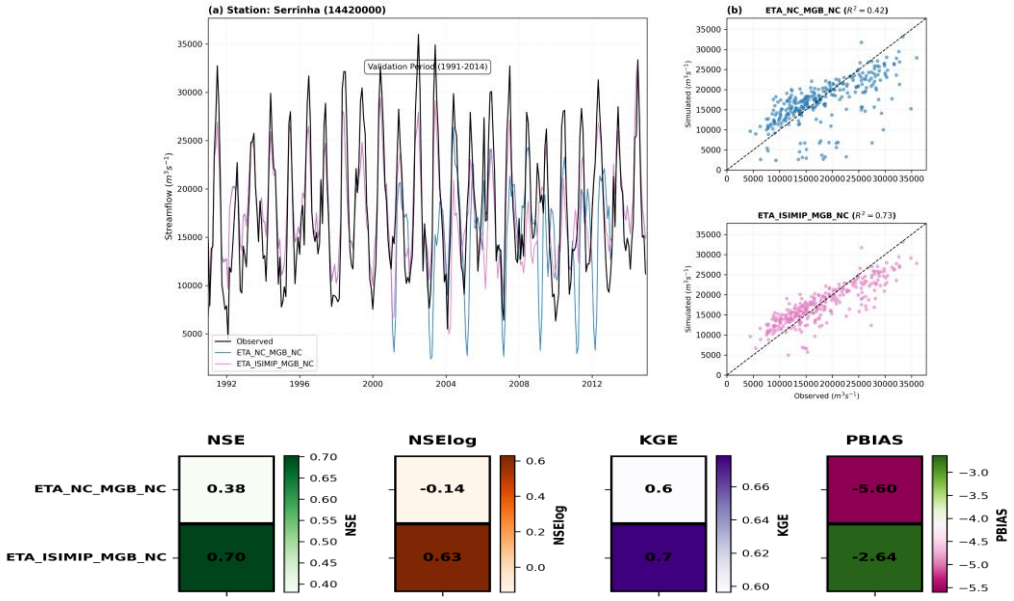


Figura 3. Vazão simulada usando o conjunto de precipitação do RCM para dois casos, comparada à variabilidade natural observada, no período de validação de 1990 a 2014. (a) Caso 1: precipitação não corrigida, vazão não corrigido; (b) Caso 2: precipitação corrigida, vazão não corrigido e as métricas estatísticas.

Esses resultados demonstram que o pré-processamento da precipitação do modelo regional removeu vieses sistemáticos cruciais, viabilizando uma modelagem hidrológica robusta e acurada para a Bacia do Rio Negro.

O viés de subestimativa da precipitação pelo modelo regional Eta (ETA_NC_MGB_NC), particularmente evidente na redução da variabilidade durante o trimestre DJF, reflete os desafios inerentes aos modelos climáticos na representação das parametrizações de convecção e da intensa dinâmica atmosférica sobre a bacia amazônica. A aplicação do método ISIMIP atua mitigando essas distorções sistemáticas do modelo, ajustando a distribuição estatística das chuvas simuladas para que correspondam de forma mais realista à climatologia da bacia do rio Negro.

A importância da correção de viés torna-se ainda mais crítica ao se avaliar a hidrológica da bacia sob a ótica de eventos extremos. O período de validação abrange anomalias hidroclimáticas significativas na região amazônica, incluindo as secas severas de 2010 e as cheias históricas, como a de 2012. A análise do hidrograma (Figura 3) demonstra que o modelo forçado com dados brutos (ETA_NC_MGB_NC) não apenas subestima as vazões médias, mas falha substancialmente em capturar a dinâmica das curvas de recessão. Ao antecipar e intensificar a queda das vazões, a configuração sem correção superestima o déficit hídrico da bacia. Em contrapartida, a configuração

ETA_ISIMIP_MGB_NC consegue reproduzir com bom desempenho e atenuou os picos de cheia e a manutenção das vazões de base durante as estiagens.

Do ponto de vista prático, a capacidade de simular corretamente os períodos de recessão e a transição para níveis fluviais abaixo da média é fundamental. A subestimativa das vazões pelo modelo bruto poderia gerar distorções significativas na previsão de cenários, induzindo a falsos alertas de escassez hídrica extrema e comprometendo o planejamento governamental. Com a resposta hidrológica corrigida, a cadeia de modelagem (Eta-ISIMIP-MGB-NC) consolida-se como uma ferramenta analítica robusta para subsidiar comitês técnico-científicos no monitoramento contínuo de secas, na emissão de boletins climáticos precisos e na gestão estratégica dos recursos hídricos frente à crescente variabilidade climática na Amazônia.

CONCLUSÕES

Os valores dos fatores NSE, NSElog, KGE, PBIAS e R^2 estiveram dentro da faixa aceitável na estação de Serrinha. A subestimativa das previsões de precipitação brutas dos modelos Eta resultou em superestimativa das previsões de vazão correspondentes. A correção de viés melhorou consideravelmente a qualidade das previsões de precipitação sobre a BRN. No entanto, os modelos Eta com correção de viés melhoraram a qualidade geral das previsões de vazão e aumentaram a baixa habilidade NSE, NSlog, KGE. E redução de erro em 3%. Conclui-se que a correção de viés na precipitação foi indispensável para eliminar as falhas do modelo Eta e elevar a precisão das vazões simuladas, garantindo alta confiabilidade tanto nos períodos de cheia quanto de estiagem.

REFERÊNCIAS

Beck, H. E., Wood, E. F., Pan, M., Fisher, C. K., Miralles, D. G., van Dijk, A. I. J. M., McVicar, T. R., & Adler, R. F. (2019). MSWEP V2 Global 3-Hourly 0.1° Precipitation: Methodology and Quantitative Assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *100*(3), 473–500. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0138.1

Moriasi. D. N, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, & T. L. Veith. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, *50*(3), 885–900. https://doi.org/10.13031/2013.23153

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pela (FAPEAM), por meio do Programa PRÓ-ESTADO (Resolução N. 022/2022). O trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente (CLIAMB), coordenado conjuntamente pela Laboratório de Modelagem do Sistema Climático Terrestre (LABCLIM/UEA) e (INPA). O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida. Todos os autores agradecem ao (CPTEC/INPE) por disponibilizar os conjuntos de dados das integrações numéricas, ao Laboratório de Modelagem do Sistema Climático Terrestre (LABCLIM/UEA) por fornecer a infraestrutura computacional (Cluster TAMBAQUI), e ao Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD) pelo suporte.