

Avaliação dos dados de temperatura média, mínima e máxima do ar do modelo climático ETA-MIROC5 para o reservatório Chapéu D'uvas (MG)

Matheus Kelmer Silva Barbosa, UFJF, matheus.barbosa@estudante.ufjf.br

Thiago Alves de Oliveira, USP, thiago.a.oliveira@alumni.usp.br

Cássia de castro Martins Ferreira, UFJF, cassia.castro@ufjf.br

Resumo: As mudanças climáticas percebidas na atualidade, impulsionadas pela emissão de gases do efeito estufa, representam um dos principais desafios socioambientais contemporâneos. Dessa forma, o uso de ferramentas precisas para previsão, como os Modelos Climáticos Regionais que refinam projeções dos Modelos Climáticos Globais por meio da técnica de *downscaling*, é importante para analisar possíveis impactos causados pela alteração no clima. Entretanto, antes de aplicar os dados dos modelos é necessário identificar se eles representam a realidade. Portanto, este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho do modelo regional Eta-MIROC5 na representação das temperaturas média, mínima e máxima do ar (1974–2005) na região do reservatório de Chapéu D'uvas (MG). Foram utilizados dados da Estação Meteorológica de Juiz de Fora para uma validação realizada por meio do cálculo de viés e do teste t de *Student* (95% de confiança). Os resultados indicaram uma tendência de subestimação das variáveis e heterogeneidade estatística na maioria dos meses. Conclui-se que o modelo não representou satisfatoriamente a realidade observada, evidenciando a necessidade de ajustes para aplicações em estudos climáticos na região do reservatório.

Palavras-chave: Análise estatística; modelos climáticos; temperatura do ar; mudanças climáticas.

Evaluation of average, minimum and maximum air temperature data from the ETA-MIROC5 climate model for the Chapéu D'uvas reservoir (MG)

Abstract: The perceived climate change today, driven by the emission of greenhouse gases, represents one of the main socio-environmental challenges. Thus, the use of accurate forecasting tools such as Regional Climate Models that refine projections of Global Climate Models through downscaling is important to analyze possible impacts caused by climate change. However, before applying model data it is necessary to identify whether they represent reality. Therefore, this work aimed to evaluate the performance of the regional model Eta-MIROC5 in the representation of mean, minimum and maximum air temperatures (1974-2005) in the region of the Chapéu D'uvas (MG) reservoir. Data from the Weather Station of Juiz de Fora were used for a validation carried out through the calculation of bias and the t test of Student (95% confidence). The results indicated a tendency of underestimation of variables and statistical heterogeneity in most months. It is concluded that the model did not satisfactorily represent the observed reality, highlighting the need for adjustments to applications in climate studies in the reservoir region..

Keywords: Statistical analysis; climate models; air temperature; climate changes.

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

As alterações climáticas globais apresentam cada vez mais importância nos debates científicos deste século (DIAS; MATOS, 2023). Por sua vez, as mudanças climáticas estão intrinsecamente relacionadas às crescentes emissões de gases do efeito estufa (GEE), uma vez que são as principais consequências da queima de combustíveis fósseis e das emissões desses gases (LEITE *et al.*, 2020). Conforme apontado por Marengo (2007), o tema mudanças climáticas ganhou força a partir da década de 1980, tanto na comunidade científica quanto na sociedade como um todo. Cenário que impulsionou a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em 1988, a partir de uma iniciativa organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), visando fortalecer o embasamento científico sobre as alterações globais no clima (MARENGO, 2007).

Sendo assim, a partir desse cenário, ferramentas como os modelos climáticos possuem grande importância para investigar as tendências futuras e entender como essas alterações se manifestam em escalas variadas, desde o nível global ao regional, contribuindo para variados estudos (Schliep *et al.*, 2010). Por exemplo, Sousa *et al.* (2018) utilizaram os modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 para analisar projeções climáticas no século XX. Os autores observaram uma redução nas chuvas, principalmente no Sul do estado e aumento da temperatura em todo o território. Ferreira e Valverde (2022) também utilizaram o Eta-HadGEM2-ES e o Eta-MIROC5 para calcular índices de extremos de precipitação em cenários futuros na bacia do rio Ribeira de Iguape, no estado de São Paulo, considerando os modelos como ferramentas capazes de contribuir com estudos de impactos climáticos em escala regional.

Dessa forma, dentre os vários modelos, destacam-se os Modelos Climáticos Globais ou *Global Climate Models* (GCMs) que operam em escala global com resolução que pode variar entre algumas centenas ou milhares de quilômetros, sendo ideias para a análise de tendências climáticas e meteorológicas em territórios continentais. Entretanto, sua baixa resolução impede a análise de mudanças climáticas em nível local, o que pode ser realizado pelos chamados Modelos Climáticos Regionais ou *Regional Climate Models* (RCMs), que operam com resolução variando entre algumas dezenas de quilômetros (HAMADA *et al.*, 2012), focando em uma escala maior, permitindo uma investigação com maior nível de detalhes dos impactos regionais. Uma vez que os RCMs não cobrem todo o globo, eles dependem de dados de entrada que forneçam o contexto meteorológico e climatológico de macroescala.

Geralmente, esses modelos são acoplados com saídas de GCMs (SCHLIEP *et al.*, 2010), utilizando o método de *downscaling* em alguma região de interesse para obter-se informações mais detalhadas das variáveis disponíveis (SALES *et al.*, 2015).

Dentro desse conjunto de ferramentas, o Eta-MIROC5 se destaca por combinar o modelo Eta, responsável pela representação de processos atmosféricos em níveis regionais, com o MIROC5, responsável por fornecer as condições de contorno em níveis globais. Historicamente, o modelo regional Eta tem sido utilizado pelo INPE/CPTEC desde a década de 1990, sendo uma ferramenta com seus dados disponibilizados para download pelo mesmo instituto (CHOU; NOBRE, 2014).

O MIROC5 denominado *Model for Interdisciplinary Research on Climate* é um modelo produzido no Japão, desenvolvido conjuntamente pelo *Center for Climate System Research*, na Universidade de Tóquio, pelo *National Institute for Environmental Studies* (NIES) e pela *Japan Agency for Marine-Earth, Science and Technology* (WATANABE *et al.*, 2010). O MIROC5 foi utilizado nas simulações do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5), que cria padrões e define protocolos de experimento para modelos climáticos, usadas no quinto relatório de avaliação (AR5) do IPCC (2013).

Por outro lado, o Eta foi desenvolvido na Iugoslávia, na década de 1970, por meio de uma colaboração entre pesquisadores da Universidade de Belgrado, Universidade de Princeton e o *National Meteorological Center* (NMC/NOAA). O modelo foi criado com o principal objetivo de superar limitações de outros modelos meteorológicos disponíveis na época (MESSINGER *et al.*, 1988).

Entretanto, não é recomendado aplicar os dados dos modelos climáticos diretamente, sendo necessário que eles sejam devidamente testados e comparados com dados observados em superfície para confirmar se representam a realidade. Dessa forma, a validação dos modelos climáticos é uma etapa muito importante para pesquisas que pretendem fazer uso de tais ferramentas, uma vez que as projeções brutas dos GCMs ou RCMs apresentam frequentemente erros sistemáticos que impossibilitam sua aplicação direta em estudos de impacto climatológico (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

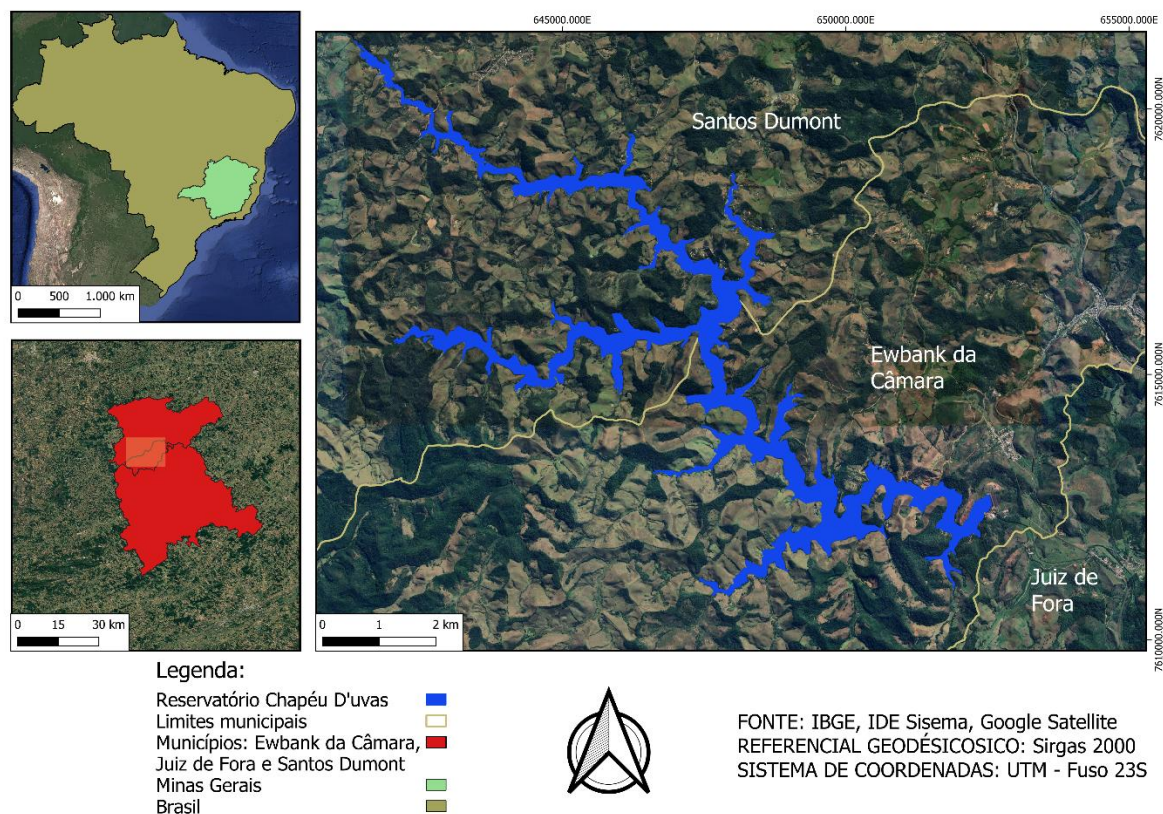
Considerando a necessidade de verificar a confiabilidade dos dados simulados, torna-se fundamental compará-los com dados observados. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho do modelo Eta-MIROC5 na simulação da temperatura mínima, média e máxima do ar na área que compreende reservatório Chapéu D'uvas, em Minas Gerais, para o período de 1974 a 2005.

2 - METODOLOGIA

A área de estudo é o reservatório hídrico Chapéu D'uvas que se localiza no alto curso do rio Paraibuna, no sudeste do Estado de Minas Gerais, entre os municípios de Santos Dumont e Ewbank da Câmara, município em que está situada a barragem da represa (Figura 1). O reservatório teve sua implantação no ano de 1995 e possui uma lâmina d'água com cerca de 12 km² e aproximadamente 23 km de extensão (FRAUCHES *et al.*, 2020).

De acordo com Machado (2012) e Oliveira (2018), o crescimento populacional do município de Juiz de Fora e as enchentes que o assolava entre o fim do século XIX e início do XX, levaram a criação do projeto da barragem. Planejada desde o início do século XX para controlar as cheias do Rio Paraibuna, a represa teve a importância e necessidade de sua construção reforçadas a partir da década de 1940 para evitar crises de energia na seca, consolidando-se em 1951 como uma obra essencial para a manutenção do rio. Atualmente, o reservatório Chapéu D'uvas é o principal manancial de abastecimento público para Juiz de Fora (RIBEIRO *et al.*, 2023), responsável por aproximadamente 40% da oferta hídrica para o município (ROCHA, 2023).

Mapa 1. Localização do reservatório Chapéu D'uvas.



Os dados utilizados neste estudo referentes à temperatura média, mínima e máxima mensal do ar foram obtidos a partir da Estação Meteorológica de Juiz de Fora (código A518), disponibilizados pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA/UFJF). Para realizar a validação, foram adotadas as simulações provenientes da série histórica do modelo climático regional Eta-MIROC5, disponibilizada pelo INPE/CPTEC, a partir da plataforma de projeções climáticas, a qual integra o modelo climático regional Eta, responsável por detalhar processos atmosféricos locais, ao modelo global MIROC5, que fornece as condições de contorno em diferentes cenários de emissão (RCP 4.5 e RCP 8.5), além do período histórico compreendido entre 1961 e 2005 (CHOU *et al.*, 2014). Entretanto, tanto os dados observados, quanto os simulados, representam uma série compreendida entre 1974 e 2005, período em que foi possível obter dados confiáveis da Estação Meteorológica de Juiz de Fora.

Para realizar a avaliação do desempenho do modelo para as variáveis de interesse no período de análise foi utilizado o cálculo de viés ou *bias*, comumente aplicado em estudos climáticos que utilizam dados observados e simulados (ALENCAR *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2017). O viés foi empregado como um método para medir a acurácia do modelo, indicando o quanto a média simulada pelo Eta-MIROC5 se aproxima da média observada na estação meteorológica. Valores que se encontram mais próximos de 1 ou 0 representam melhor aderência entre ambas as séries (BAYISSA *et al.*, 2017). Sendo assim, o viés pode ser expresso por:

$$Viés(Bias) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (M_i - O_i) \quad (Eq. 1)$$

Onde

M_i – Corresponde ao valor simulado pelo modelo.

O_i – Corresponde ao valor real observado.

n – Corresponde ao número total de dados (amostras).

Após a aplicação do cálculo de viés, foi necessária verificação de homogeneidade ou heterogeneidade estatística entre ambos os conjuntos de dados utilizados. Para isso, realizou-se a aplicação do teste paramétrico t de *Student*. Esse procedimento também foi aplicado por

Barbosa e Ferreira (2025) para a validação de dados de precipitação total mensal e temperatura média do ar para o modelo Eta-HadGEM2-ES, sendo uma técnica de ampla aceitação e consistência estatística em pesquisas hidrometeorológicas e climatológicas (SANCHES; FISCH, 2005; TIQUE, 2015; FRAUCHES *et al.*, 2020; CABRAL JÚNIOR; LUCENA, 2021).

Por tratar-se de uma estatística baseada em hipóteses, parte-se, a princípio, de uma primeira premissa nula (H_0), que pressupõe a igualdade estatística entre as médias dos conjuntos de dados (ausência de heterogeneidade estatística). Em contraposição, a hipótese alternativa (H_1) assume a existência de divergências ou assimetria entre os dados simulados e os observados em superfície (considerando a ausência de homogeneidade estatística). Sendo assim:

$$t = \frac{(\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{Sp^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 s_1^2 + N_2 s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad (\text{Eq. 3})$$

E

$$s^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n X_i - \mu)^2}{(N - 1)} \quad (\text{Eq. 4})$$

Assim, é necessário considerar que μ_1 e μ_2 correspondem às médias mensais de temperatura média, mínima e máxima do ar dos dados provenientes do modelo e da estação meteorológica selecionada, S_1^2 e S_2^2 indicam as variâncias correspondentes a cada série, que N_1 e N_2 representam o volume total de meses analisados e σ é o desvio padrão entre as séries.

O cálculo para os graus de liberdade da distribuição seguiu a seguinte equação:

$$V = N_1 + N_2 - 2 \quad (\text{Eq. 5})$$

A partir disso, a hipótese nula, em que se assume não haver diferença estatística significativa entre os conjuntos, foi testada a um nível de significância de 5%, com um intervalo de confiança de 95%. A partir desse critério, sempre que o valor da estatística t ultrapassar os limites bicaudais críticos estabelecidos, cabe rejeitar a hipótese H_0 , sendo necessário, portanto, a aceitação da segunda hipótese (H_1), na qual ambos os conjuntos de dados são estatisticamente heterogêneos. Dessa forma, os intervalos críticos são: para temperatura média do ar ($-2,04 \leq z \leq +2,04$), para temperatura mínima do ar ($-2,00 \leq z \leq +2,00$) e para temperatura máxima do ar ($2,00 \leq z \leq +2,00$).

3 – RESULTADOS

As análises do cálculo de viés revelaram que, para temperatura média do ar, o modelo Eta-MIROC5 apresenta uma subestimativa ao longo de toda a série histórica. Em todos os meses avaliados, o desvio encontrado apresentou valores negativos, o que evidencia que as simulações realizadas pelo modelo se encontram abaixo dos dados observados na série histórica registrada na Estação Meteorológica de Juiz de Fora, com o viés variando entre -1,9 e -3,7. Dessa forma, para temperatura média do ar, o Eta-MIROC5, a partir do que foi apontado pelo viés, não representou os dados com precisão para a localidade do reservatório Chapéu D'uvas. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos a partir do cálculo de viés.

A tendência de o modelo subestimar a temperatura do ar observada também persistiu para a temperatura mínima e máxima do ar, em que todos os resultados do cálculo de viés também apresentaram valores negativos, indicando que os dados do Eta-MIROC5 para essas outras duas variáveis são inferiores aos dados registrados na Estação Meteorológica de Juiz de Fora, com resultados indicando uma diferença de -4,3 para o mês de fevereiro e -4,6 para março para temperatura mínima do ar, e valores iguais ou superiores a -4,4 para os meses de fevereiro e novembro em relação a temperatura máxima do ar, como é possível perceber a partir da Tabela 1.

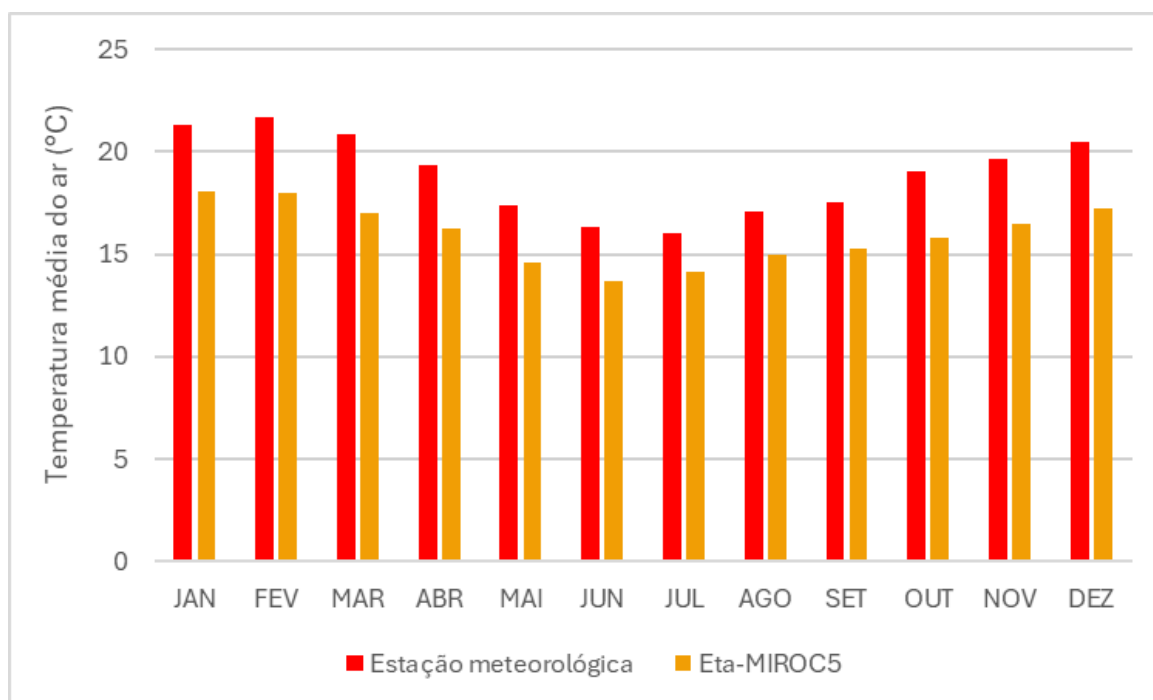
Tabela 1. Resultados do cálculo de viés para temperatura média, mínima e máxima mensal do ar a partir dos dados da Estação Meteorológica de Juiz de Fora e simulados pelo Eta-MIROC5

Mês	Viés da temperatura média mensal do ar	Viés da temperatura mínima mensal do ar	Viés da temperatura máxima mensal do ar
Janeiro	-3,2	-3,9	-3,8
Fevereiro	-3,7	-4,3	-4,4
Março	-3,8	-4,6	-4,1
Abril	-3,1	-3,4	-3,8
Maio	-2,8	-4,0	-2,3
Junho	-2,6	-2,5	-3,3
Julho	-1,9	-2,5	-1,5
Agosto	-2,1	-2,7	-1,9
Setembro	-2,3	-2,1	-3,6
Outubro	-3,2	-3,6	-3,8
Novembro	-3,2	-3,1	-4,7
Dezembro	-3,3	-3,9	-4,0

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

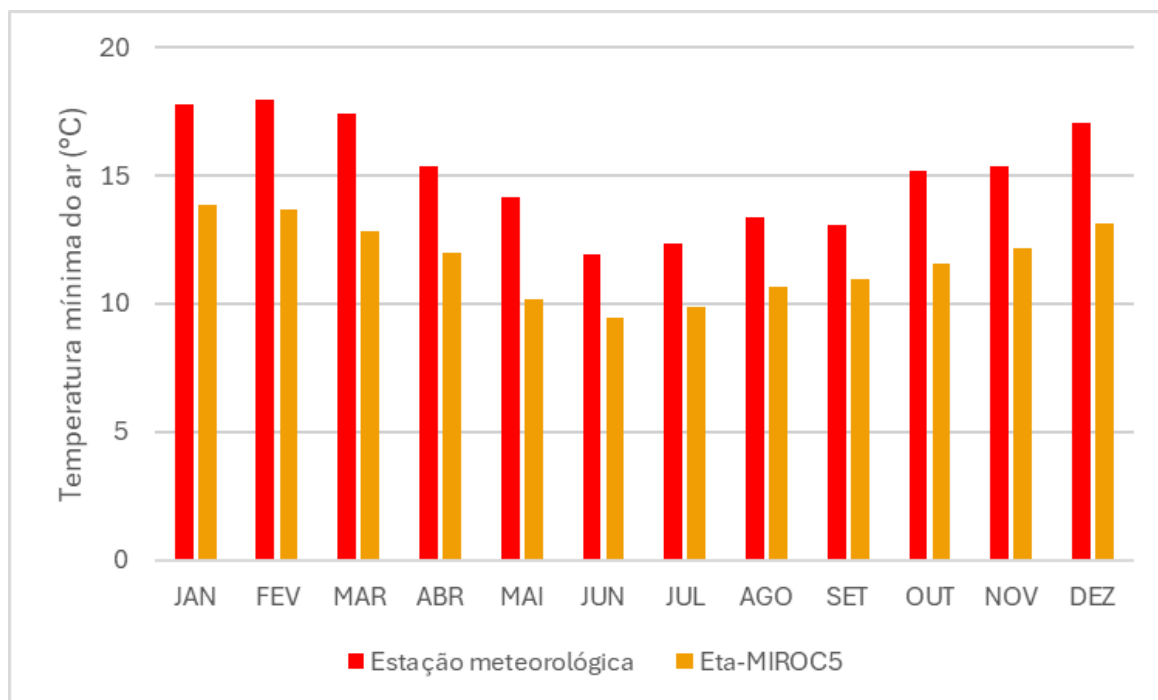
Corroborando com os resultados obtidos a partir da aplicação do cálculo de viés, as Figuras 1, 2 e 3 apresentam uma comparação entre os dados mensais de temperatura média, mínima e máxima do ar simuladas pelo Eta-MIROC5 e observadas na Estação Meteorológica de Juiz de Fora.

Figura 1. Gráfico da temperatura média mensal do ar observada na Estação Meteorológica de Juiz de Fora e simulada pelo Eta-MIROC5 (1974-2005).



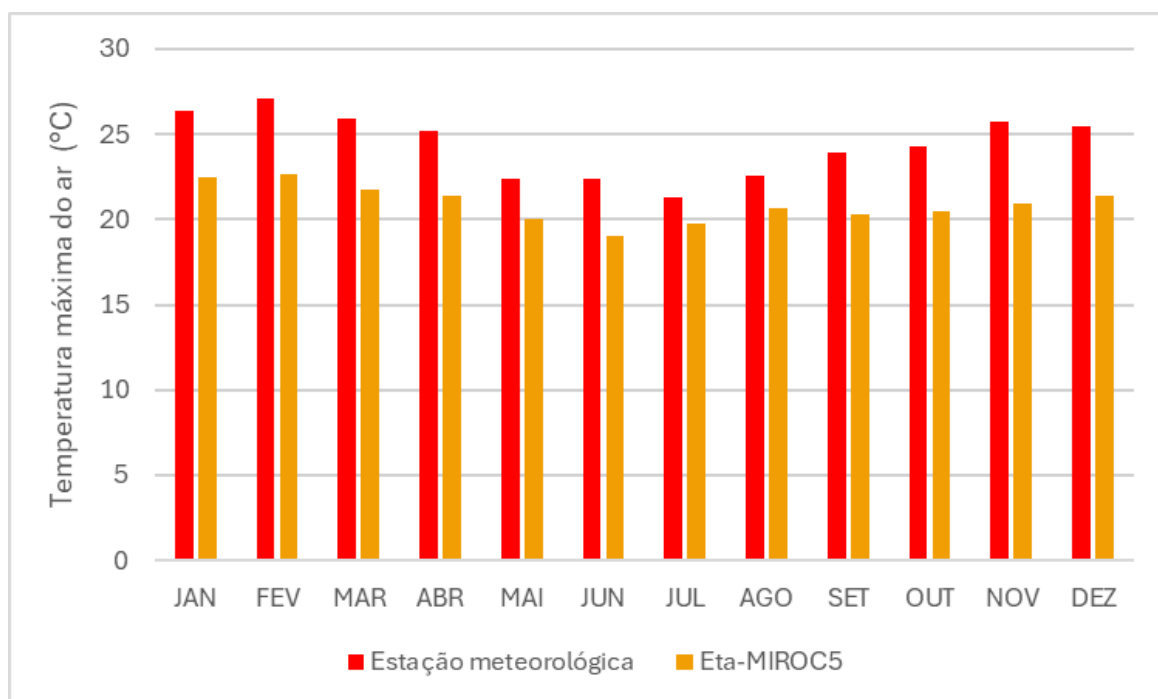
Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Figura 2. Gráfico da temperatura mínima mensal do ar observada na Estação Meteorológica de Juiz de Fora e simulada pelo Eta-MIROC5 (1974-2005).



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Figura 3. Gráfico da temperatura máxima mensal do ar observada na Estação Meteorológica de Juiz de Fora e simulada pelo Eta-MIROC5 (1974-2005).



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Como é possível perceber pela análise da Tabela 1 e das Figura 1, 2 e 3, existe uma tendência frequente de subestimação dos dados pelo modelo. Nota-se que, embora o Eta-MIROC5 consiga replicar o perfil do ciclo sazonal da temperatura, ele apresenta dificuldades em atingir a magnitude dos valores observados, mantendo distância em relação aos dados da Estação Meteorológica de Juiz de Fora. Como apontado por Sousa (2017) e Vassari-Pereira *et al.* (2023) a partir do resultado de suas pesquisas, é comum que o Eta-MIROC5 apresente subestimativas de temperatura do ar. Além disso, Lima *et al* (2024), pontuam que mesmo com o Eta-MIROC5 sendo passível de apresentar simulações fidedignas, ele, assim como outros modelos, está condicionado a apresentar incertezas inerentes a esse tipo de ferramenta. O que reforça o fato de que para a área de estudo em questão, o modelo represente cenários de temperatura do ar média, mínima e máxima, consideravelmente mais frios do que os dados obtidos a partir da estação meteorológica descrevem.

Após a aplicação do cálculo de viés, a aplicação do teste t de *Student* permitiu investigar se as diferenças entre as médias simuladas e observadas são estatisticamente significativas e se as séries podem ser consideradas estatisticamente homogêneas ou heterogêneas. Os valores obtidos para o *score z* encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. *Score z* do teste t para temperatura média, mínima e máxima do ar a partir dos dados da Estação Meteorológica de Juiz de Fora e simulados pelo Eta-MIROC5 (1974-2005).

Mês	<i>Score z</i> para temperatura média do ar	<i>Score z</i> para temperatura mínima do ar	<i>Score z</i> para temperatura máxima do ar
Janeiro	-1,29	19,2	12,0
Fevereiro	-1,54	25,8	16,2
Março	-8,82	31,7	15,3
Abril	-2,14	9,1	10,8
Maio	-4,36	16,3	9,08
Junho	-9,03	5,5	9,0
Julho	-5,37	9,2	-5,4
Agosto	-2,52	5,7	5,5
Setembro	-3,43	1,1	6,6
Outubro	-11,03	13,7	10,3
Novembro	-1,27	8,5	10,8
Dezembro	-1,69	21,5	16,6

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Os resultados apontados pelo teste t de *Student* (Tabela 2) pontuam que, para a temperatura média do ar apenas os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro se encontram dentro do intervalo crítico determinado pelo método, indicando que para esses

meses o Eta-MIROC5 conseguiu representar adequadamente os dados para a variável em questão. Por outro lado, os outros meses da série apresentaram resultados não satisfatórios, indicando significância estatística, principalmente para junho e outubro, onde os scores z possuem valores muito distantes do intervalo estabelecido.

A análise estatística da temperatura mínima, observada também na Tabela 2, revelou diferenças elevadas entre os dados da estação e os simulados pelo modelo, com a maioria dos meses apresentando valores de *score* z significativamente distantes do intervalo crítico. Março é o mês que se destacou por apresentar o maior afastamento a partir dos resultados indicados pelo teste. Em contrapartida, o mês de setembro apresenta um *score* z que se encontra dentro do intervalo, indicando ser o período em que o modelo Eta-MIROC5 melhor representa as temperaturas mínimas registradas para a área de estudo no período analisado.

No que se refere à temperatura máxima do ar, os resultados confirmam a tendência de o modelo possuir dificuldade em representar os dados observados, com quase a totalidade dos meses da série histórica registrando valores fora do limite de homogeneidade estatística.

Diante da persistência desses erros e da validação estatística pelo teste t , evidencia-se a necessidade da aplicação de métodos de correção de viés para adequar as projeções do modelo a dados mais próximos dos observados para a região antes de sua aplicação em estudos que pretendem usá-los a partir dos dados históricos e cenários de mudanças climáticas.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do teste t para temperatura média do ar demonstrou homogeneidade estatística apenas para os dados referentes aos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, indicando que, nestes períodos não há diferença que aponte uma discordância significativa entre ambas as séries. Contudo, para os demais meses analisados, a estatística t ultrapassou o intervalo crítico estabelecido, revelando que os dois conjuntos de dados possuem heterogeneidade e indicando que as simulações não reproduzem adequadamente os valores obtidos na estação. Essa limitação do modelo ficou ainda mais evidente na análise das temperaturas mínima e máxima do ar, onde, praticamente, não houve concordância estatística entre as séries avaliadas. Para temperatura mínima do ar, apenas setembro apresentou um resultado dentro do intervalo de aceitação, enquanto os outros meses que compõem o conjunto de dados apresentaram discrepâncias altas. De forma parecida, a temperatura máxima do ar apresentou valores para *score* z fora do intervalo estabelecido em

todo o período de análise, reforçando essa limitação do Eta-MIROC5 em representar os dados para a região do reservatório.

De forma geral, as análises pelo cálculo de viés e aplicação do teste t de *Student* tornaram clara uma tendência de subestimação pelo modelo Eta-MIROC5, apresentada em todas as variáveis utilizadas nesse trabalho na maior parte do período estudado. A presença de diferenças estatísticas na maioria dos meses, com vieses negativos reforça a necessidade da aplicação de técnicas de correção aos dados simulados antes de utilizá-los em estudos climáticos ou hidrológicos.

Dessa forma, conclui-se que o desempenho do modelo para as variáveis de temperatura do ar é limitado para a área de estudo. A aplicação direta desses dados comprometeria quaisquer análises futuras, tornando essencial o emprego de métodos de ajuste e correção de viés para assegurar a confiabilidade das simulações climáticas locais.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão das bolsas de estudos em nível mestrado.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G. C.; MANTOVANI, E. C. Estimativa da evapotranspiração de referência (ETo padrão FAO), para Minas Gerais, na ausência de alguns dados climáticos. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 1, p. 39-50. 2015.
- BARBOSA, M. K. S.; FERREIRA, C. C. M. Validação do modelo Eta-HadGEM2-ES para temperatura do ar e precipitação no reservatório hídrico Chapéu D'Uvas (MG). In: *XVI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, 2025, Crato. Anais. Crato: URCA, 2025. p. 3045-3056. ISSN 2764-1805.
- BAYISSA, Y.; TADESSE, T.; DEMISSE, G.; SHIFERAW, A. Evaluation of Satellite-Based Rainfall Estimates and Application to Monitor Meteorological Drought for the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Remote Sensing*, v. 9, n. 7, p. 669, 2017.
- CABRAL JÚNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Análises estatísticas da precipitação e temperatura do ar em ambientes semiáridos. *Entre-Lugar*, Dourados, v. 13, n. 24, p. 170-197, 2021.
- CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; MARENGO, J. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. *American Journal of Climate Change*, v. 03, p. 438-454, 2014.

CHOU, S. C.; NOBRE, P. Avaliação de modelos globais e regionais climáticos. In: PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. *Base científica das mudanças climáticas: contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2014. v. 1, cap. 8, p. 278-320.

DIAS, R.; MATOS, F. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. *Revista Sociedade Científica*, v. 6, n. 1, 2023.

FERREIRA, B. C.; VALVERDE, M. C. Análise dos Índices de Extremos de Precipitação em Cenários Futuros na Bacia do Rio Ribeira de Iguape - São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 37, n. 1, p. 41-55, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786370067>

FRAUCHES, M. S. Estimativas de evapo(transpi)ração no Reservatório de Chapéu d'Uvas. 2023. 152 p. Tese (Mestrado em Gestão do Ambiente Construído) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2023.

HAMADA, E. *et al.* Precipitações projetadas pelos modelos climáticos globais do Quarto Relatório do IPCC para o Sudeste do Brasil. In: *Workshop sobre Mudanças Climáticas e Problemas Fitossanitários*, 2012, Jaguariúna. Anais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Intergovernmental Panel on Climate Change: Summary for Policymaker. Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 27 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Intergovernmental Panel on Climate Change: Summary for Policymakers. Climate Change 2023: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth 13 Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2023.

LEITE, V. P.; DEBONE, D.; MIRAGLIA, S. G. E. K. Emissões de gases de efeito estufa no estado de São Paulo: análise do setor de transportes e impactos na saúde. *Vittalle – Revista de Ciências da Saúde*, v. 32, n. 3, p. 143-153, 2020.

LIMA, T. B. R.; RODRIGUES, G. P.; ARAÚJO, J. C. Cenários de índices extremos de precipitação para o município de Crateús, semiárido cearense. *Irriga*, Botucatu, v. 29, n. 1, p. 169-177, jan./dez. 2024.

MACHADO, P. J. O. *Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial: instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas/MG*. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MARENGO, J. A. (org.). *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 214 p.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C.; Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology*, v. 29, p.2241-2255, 2009.

MESINGER, F.; JANJÍČ, Z. I.; NIČKOVIĆ, S.; GAVRILOV, D.; DEAVEN, D. G. The Step-Mountain Coordinate: Model Description and Performance for Cases of Alpine Lee

Cyclogenesis and for a Case of an Appalachian Redevelopment. *Monthly Weather Review*, v. 116, n. 7, p. 1493-1518, 1988.

MOREIRA, A.; FONTANA, D. C.; KUPLICH, T. M.; CARDOSO, M. A. Dados meteorológicos estimados em condições de clima subtropical e a relação com índices de vegetação. *Revista Brasileira de Cartografia*, 2017.

OLIVEIRA, G. G.; PEDROLLO, O. C.; CASTRO, N. M. R. Stochastic approach to analyzing the uncertainties and possible changes in the availability of water in the future based on scenarios of climate change. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 19, p. 3585–3604, 2015. DOI: 10.5194/hess-19-3585-2015.

OLIVEIRA, M. *Limnologia da paisagem com uso de regressão geograficamente ponderada: estudo da qualidade da água na represa de Chapéu D'Uvas*, MG. 2018. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

RIBEIRO, C. B. M. *et al.* Modelagem das vazões médias de contribuição para o reservatório de Chapéu d'Uvas com o modelo SWAT. In: *IV Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*, 2014, Campos dos Goytacazes. Anais. Porto Alegre: ABRHidro, 2014.

ROCHA, C. H. B. (org.). *Represas de abastecimento público de Juiz de Fora: mananciais da vida*. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2023.

SALES, D. C.; COSTA, A. A.; SILVA, E. M.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; MARIN, A. M. P.; GUIMARÃES, S. O.; ARAÚJO JUNIOR, L. M.; PEREIRA, J. M. R. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no Nordeste brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 4, p. 435-456, 2015.

SANCHES, F.; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido à formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí-PA. *Acta Amazonica*, vol. 35, n.1, 2005.

SCHLIEP, E. M.; COOLEY, D.; SAIN, S. R.; HOETING, J. A. A comparison study of extreme precipitation from six different regional climate models via spatial hierarchical modeling. *Extremes*, v. 13, n. 2, p. 219–239, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10687-009-0098-2>.

SOUSA, R. M. Mudanças climáticas futuras simuladas pelos modelos regionais Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 para o Estado do Tocantins. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Campus Universitário de Gurupi, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.

SOUSA, R. M. *Mudanças climáticas futuras simuladas pelos modelos regionais Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 para o Estado do Tocantins*. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Campus Universitário de Gurupi, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.

SOUSA, R. M.; VIOLA, M. R.; CHOU, S. C.; ALVES, M. V. G.; AVANZI, J. C. Projeções climáticas regionalizadas para o estado do Tocantins, Brasil, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 no século XXI. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 24, p. 330-347, 2018.

SOUZA, E. B.; CARMO, A. M. C.; MORAES, B. C.; NACIF, A.; FERREIRA, D. B. S.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA, P. J. de O. P. Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia

Legal Brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo RegCM4. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 293-313, 2016.

TIQUE, A.; T. *Análise da climatologia dinâmica da variabilidade da precipitação na região sudeste da África*. 2015. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração: Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

VASSARI-PEREIRA, D.; VALVERDE, M. C.; ASMUS, G. F. Impacto das mudanças climáticas e da qualidade do ar em hospitalizações por doenças respiratórias em municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 8, p. 2323-2334, 2023. DOI: 10.1590/1413-81232022275.08632021.

WATANABE, M.; SUZUKI, T.; O'ISHI, R.; KOMURO, Y.; WATANABE, S.; EMORI, S.; TAKEMURA, T.; CHIKIRA, M.; OGURA, T.; SEKIGUCHI, M.; TAKATA, K.; YAMAZAKI, D.; YOKOHATA, NOZAWA, T.; HASUMI, H.; TATEBE, H.; KIMOTO, M. Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability, and Climate Sensitivity. *Journal of Climate*, v. 23, n. 23, p. 6312-6335, dez. 2010.