Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

VALIDAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E TEMPERATURA DO AR DO CLIMATE PREDICTION CENTER (CPC) PARA LONDRINA - PR

Validation of precipitation and air temperature from the Climate Prediction Center (CPC) for Londrina - PR

Validación de la precipitación y la temperatura del aire del Centro de Predicción Climática (CPC) para Londrina - PR

Christian Newton Tramontin
Universidade Federal do Paraná (UFPR)
tramontinchristian4@gmail.com

Camila Bertoletti Carpenedo
NUVEM – Núcleo de Estudos sobre Variabilidade e Mudanças Climáticas,
Universidade Federal do Paraná (UFPR)
camila.carpenedo@ufpr.br

Resumo: Na Região Sul do Brasil, Londrina é o quarto município mais populoso e o segundo mais populoso do Paraná. O município carece de séries de dados meteorológicos extensos e consistentes, o que torna mais desafiador compreender de forma adequada as características climáticas locais. Essa lacuna tem implicações diretas nos estudos relacionados à variabilidade e às mudanças climáticas, às diferentes aplicações para o setor agropecuário, assim como no monitoramento e previsão de tempo e clima. Diante disso, o presente estudo tem por objetivo validar a precipitação pluvial e a temperatura do ar do *Climate Prediction Center* (CPC/PSL/NOAA) para Londrina através de comparação com dados da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com a finalidade de avaliar se os dados estimados podem ser utilizados no lugar dos dados observados. Os resultados mostram que a precipitação pluvial do INMET é subestimada pelo CPC, especialmente nos meses mais chuvosos (verão), enquanto nos meses menos chuvosos (inverno) a acurácia dos dados é maior. Em relação à temperatura do ar, os dados do INMET são superestimados pelo CPC, apresentando maior acurácia nos meses mais quentes. No geral, os dados do CPC podem ser utilizados para corrigir falhas de dados do INMET em Londrina, especialmente para a variável temperatura do ar. Contudo, deve atentar-se à aplicação para análises de eventos extremos, uma vez que os dados de precipitação pluvial tendem a subestimar os valores extremos no verão.

Palavras-chave: Dados estimados. Dados observados. Análise estatística.

A bstract: In the southern region of Brazil, Londrina is the fourth most populous municipality and the second most populous in Paraná. The municipality lacks extensive and consistent meteorological data series, which makes it more challenging to properly understand local climatic characteristics. This gap has direct implications for studies related to climate variability and change, different applications for the agricultural sector, as well as weather and climate monitoring and forecasting. In view of this, this study aims to validate precipitation and air temperature from the Climate Prediction Center (CPC/PSL/NOAA) for Londrina by comparing them with data from the conventional weather station of the National Institute of Meteorology (INMET), in order to assess whether the estimated data can be used in place of the observed data. The results show that precipitation from INMET is underestimated by the CPC, especially in the rainiest months (summer), while in the less rainy months (winter) the accuracy of the data is higher. With regard to air temperature, INMET data is overestimated by the CPC, showing greater accuracy in the warmer months. Overall, CPC data can be used to correct INMET data gaps in Londrina, especially for the air temperature variable. However, attention should be paid to its application for analyzing extreme events, since rainfall data tends to underestimate extreme values in the summer.

Keywords: Estimated data. Observed data. Statistical analysis.

Resumen: En la región sur de Brasil, Londrina es el cuarto municipio más poblado y el segundo de Paraná. El municipio carece de series de datos meteorológicos extensas y coherentes, lo que dificulta la comprensión adecuada de las características climáticas locales. Esta carencia tiene implicaciones directas para los estudios relacionados con la variabilidad y el cambio climático, las diferentes aplicaciones para el sector agrícola, así como la vigilancia y la previsión meteorológica y climática. En vista de ello, este estudio pretende validar las precipitaciones y la temperatura del aire del Centro de Predicción Climática (CPC/PSL/NOAA) para Londrina comparándolas con los datos de la estación meteorológica convencional del Instituto Nacional de Meteorología (INMET), con el fin de evaluar si los datos estimados pueden utilizarse en lugar de los datos observados. Los resultados muestran que las precipitaciones del INMET están subestimadas por la CPC, especialmente en los meses más lluviosos (verano), mientras que en los meses menos lluviosos (invierno) la precisión de los datos es mayor. En cuanto a la temperatura del aire, los datos de INMET son sobrestimados por la CPC, con mayor precisión en los meses más cálidos. En general, los datos de la CPC pueden utilizarse para corregir los fallos de los datos del INMET en Londrina, especialmente para la variable de la temperatura del aire. Sin embargo, debe prestarse atención a la aplicación a los análisis de fenómenos extremos, ya que los datos pluviométricos tienden a subestimar los valores extremos en verano.

Palabras clave: Datos estimados. Datos observados. Análisis estadístico.

Submetido em: 04/12/2023
Aceito para publicação em: 16/02/2024
Publicado em: 14/07/2024

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento climático e a previsão de tempo e clima são fundamentais para diversos setores, como agricultura, infraestrutura, gestão de recursos naturais, planejamento urbano e rural, turismo, dentre outros. Para isso, são necessárias séries temporais longas e sem falhas, obtidas através de diferentes fontes, como estações meteorológicas de superfície, estações em navios e aeronaves, radares meteorológicos, radiossondas, satélites meteorológicos, boias oceânicas, etc. Apesar disso, a cobertura espacial global destas observações está longe de ser ideal.

Vários produtos foram propostos visando a geração de dados meteorológicos em grade regular, como os obtidos a partir de sensores orbitais, de algoritmos interpoladores e de modelos numéricos, o que contribuiu para superar o problema da cobertura espacial das observações meteorológicas. Atualmente há diversos produtos em grade regular, como por exemplo, *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS), *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), *Climatic Research Unit Timeseries* (CRU), *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC), *Climate Prediction Center* (CPC), *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (*ECMWF*) *Atmospheric Reanalysis of the 20th Century* (ERA-20C), *ECMWF Reanalysis v5* (ERA5), *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR), *Japanese 55-year Reanalysis* (JRA-55), dentre outros.

Dentre estes conjuntos de dados, o CPC, do *Physical Sciences Laboratory/National Oceanic and Atmospheric Administration* (PSL/NOAA), é amplamente utilizado em estudos com diferentes aplicações, como sistemas atmosféricos (BRAZ *et al.*, 2021; MARENGO *et al.*, 2023), eventos extremos (REBOITA *et al.*, 2022; FERREIRA *et al.*, 2023), teleconexões (CARPENEDO; SILVA, 2022; CARPENEDO *et al.*, 2023) e monção da América do Sul (REBOITA *et al.*, 2023).

Na Região Sul do Brasil, Londrina é o quarto município mais populoso e o segundo mais populoso do estado do Paraná, com 555.965 habitantes (IBGE, 2022), tendo destaque na economia do referido município os setores agropecuário e agroindustrial. Entre 1980 e 2022, 446.936 pessoas foram afetadas no município de Londrina - PR por desastres naturais relacionados a extremos de precipitação pluvial (desastres meteorológicos, climatológicos e

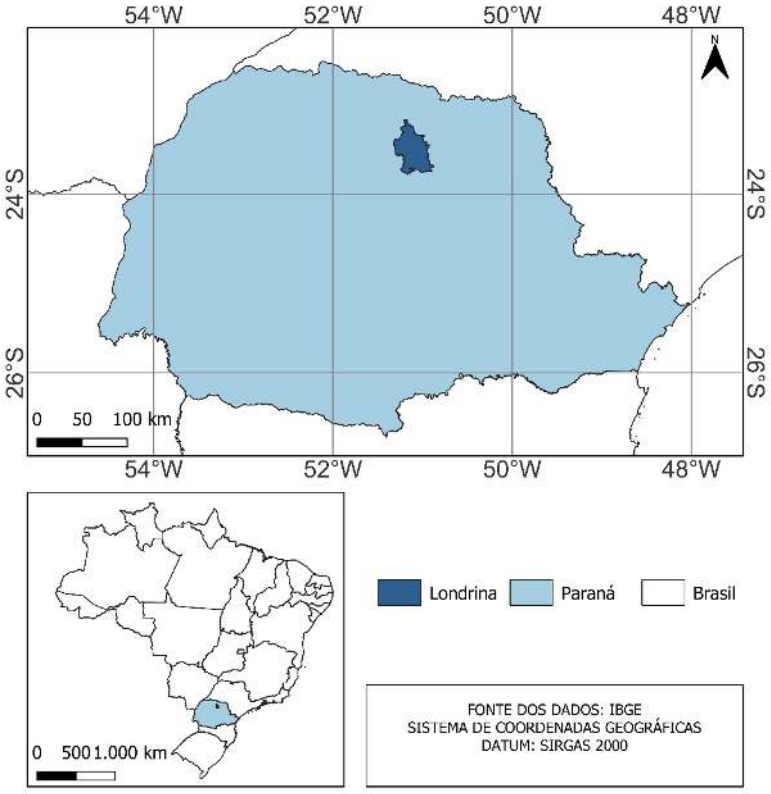
hidrológicos) e de temperatura do ar (ondas de frio e de calor), totalizando 108 desastres naturais reportados (PARANÁ, 2023). O município carece de séries de dados meteorológicos extensos e consistentes, o que torna mais desafiador compreender de forma adequada as características climáticas locais. Essa lacuna tem implicações diretas nos estudos relacionados à variabilidade e às mudanças climáticas, às diferentes aplicações para o setor agropecuário, assim como no monitoramento e previsão de tempo e clima. Esses aspectos são essenciais para o planejamento urbano e rural. Diante disso, o presente estudo tem por objetivo validar a precipitação pluvial e a temperatura do ar do CPC (PSL/NOAA) para Londrina - PR através de comparação com dados da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com a finalidade de avaliar se os dados estimados podem ser utilizados no lugar dos dados observados.

2. METODOLOGIA

As séries temporais mensais de precipitação pluvial e temperatura média compensada foram obtidas da estação meteorológica de observação de superfície convencional do INMET, localizada no município de Londrina - PR (código da estação: 83766; Figura 1), nas coordenadas de 23,33°S e 51,14°W, em uma altitude de 566 m. Foi utilizada a série temporal mensal de janeiro de 1981 a dezembro de 2020, totalizando 40 anos de análise.

A precipitação pluvial e as temperaturas mínima e máxima diárias foram obtidas do CPC *Global Unified Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation* (https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc.globalprecip.html) e CPC *Global Unified Temperature* (https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc.globaltemp.html), respectivamente, com espaçamento horizontal global de 0,5° x 0,5° (CHEN *et al.*, 2008). Para a estimativa de precipitação pluvial, o CPC utiliza mais de 30.000 estações, fazendo o controle de qualidade através de comparações com registros históricos, observações de satélite e radar e previsões de modelos numéricos. As séries temporais do CPC foram extraídas para o ponto de grade (latitude e longitude) mais próximo da estação meteorológica do INMET em Londrina.

Figura 1 – Localização do município de Londrina no Paraná.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Primeiramente foi calculada a temperatura média diária do CPC através da média aritmética entre a temperatura mínima e máxima diária. Posteriormente, foram calculadas a média climatológica e o desvio padrão mensal (1981-2020) da precipitação pluvial e da temperatura do ar para ambas as fontes (INMET e CPC), com o objetivo de comparar as médias mensais entre os dados observados e estimados. Após, foi calculado a raiz do erro médio quadrático (RMSE) e o coeficiente de correlação linear (r) mensal entre as fontes. Através da análise de *boxplots* comparamos os quartis da precipitação pluvial e temperatura do ar obtidos do INMET e do CPC. Por fim, para verificar possíveis variações ao longo do tempo, foram comparadas as séries temporais da precipitação pluvial e da temperatura do ar entre as diferentes fontes.

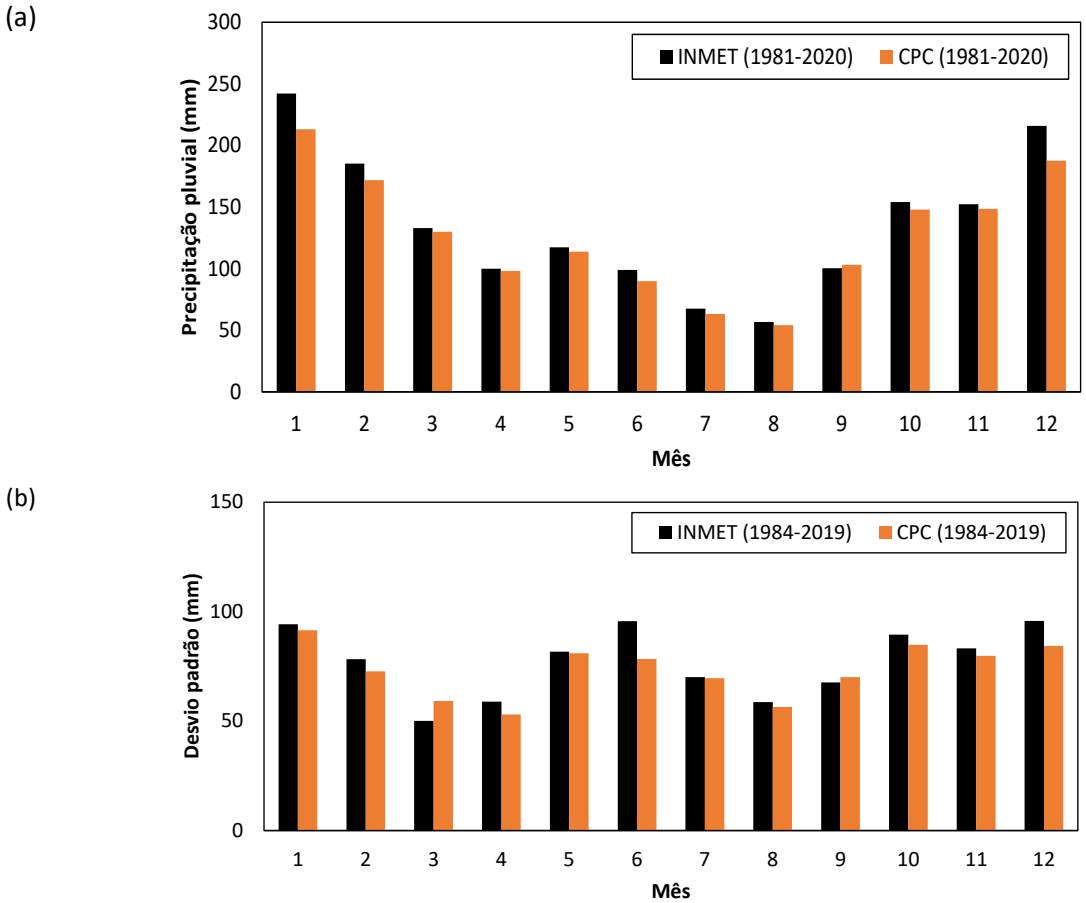
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Precipitação pluvial

Pela classificação climática de Köppen, o clima de Londrina é classificado com Cfa (NITSCHE *et al.*, 2019), ou seja, úmido em todas as estações e com verão quente. Apesar disso,

é possível observar que os meses mais chuvosos ocorrem no verão (de 185,3 a 242,1 mm), enquanto os meses menos chuvosos ocorrem no inverno (de 56,7 a 98,9 mm; Figura 2 - barra preta). No geral, os dados do INMET são subestimados pelo CPC, com exceção do mês de setembro, em que a precipitação pluvial é superestimada em 2,7 mm (Figura 2a). A variabilidade da precipitação pluvial em Londrina varia entre 50,7 mm (março) e 97,0 mm (dezembro) nos dados do INMET, enquanto varia entre 53,1 mm (abril) e 91,5 mm (janeiro) nos dados do CPC (Figura 2b). Pode-se observar que predomina subestimação do desvio padrão pelos dados do CPC, apesar de alguns meses (março e setembro) haver superestimação.

Figura 2 – Precipitação pluvial mensal (mm) (a) climatológica e (b) desvio padrão do INMET (barra preta) e do CPC (barra laranja) em Londrina - PR, entre 1981 e 2020.

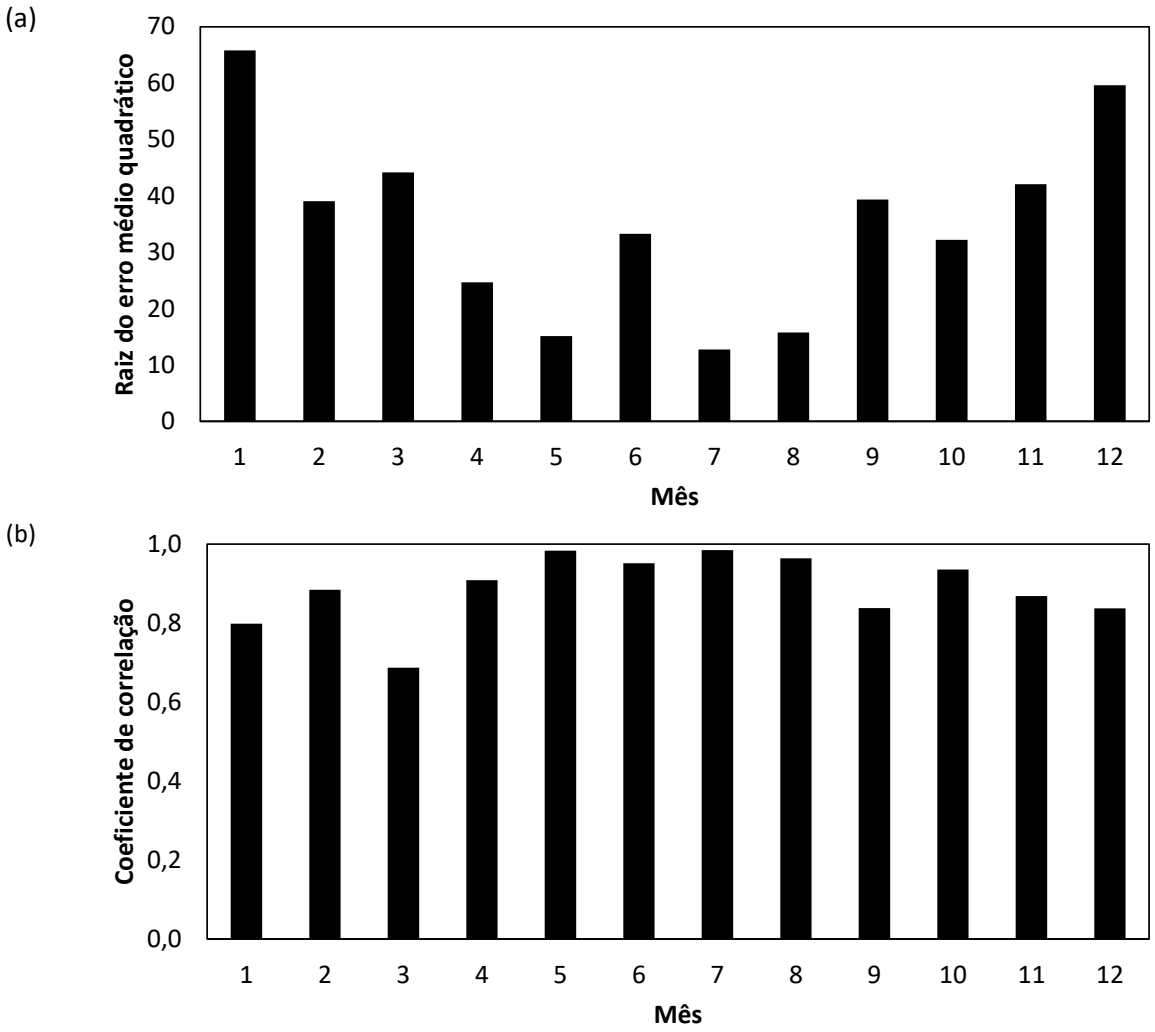


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A Figura 3 apresenta a RMSE e o coeficiente de correlação linear mensal entre a precipitação pluvial do INMET e do CPC. Os maiores erros são observados nos meses mais chuvosos, em dezembro (59,6 mm) e janeiro (65,8 mm), enquanto os menores erros ocorrem

nos meses menos chuvosos, em maio (15,1 mm), julho (12,8 mm) e agosto (15,8 mm) (Figura 3a). Em relação ao coeficiente de correlação linear (Figura 3b), o mesmo varia aproximadamente entre +0,7 (março) e +1,0 (maio a agosto).

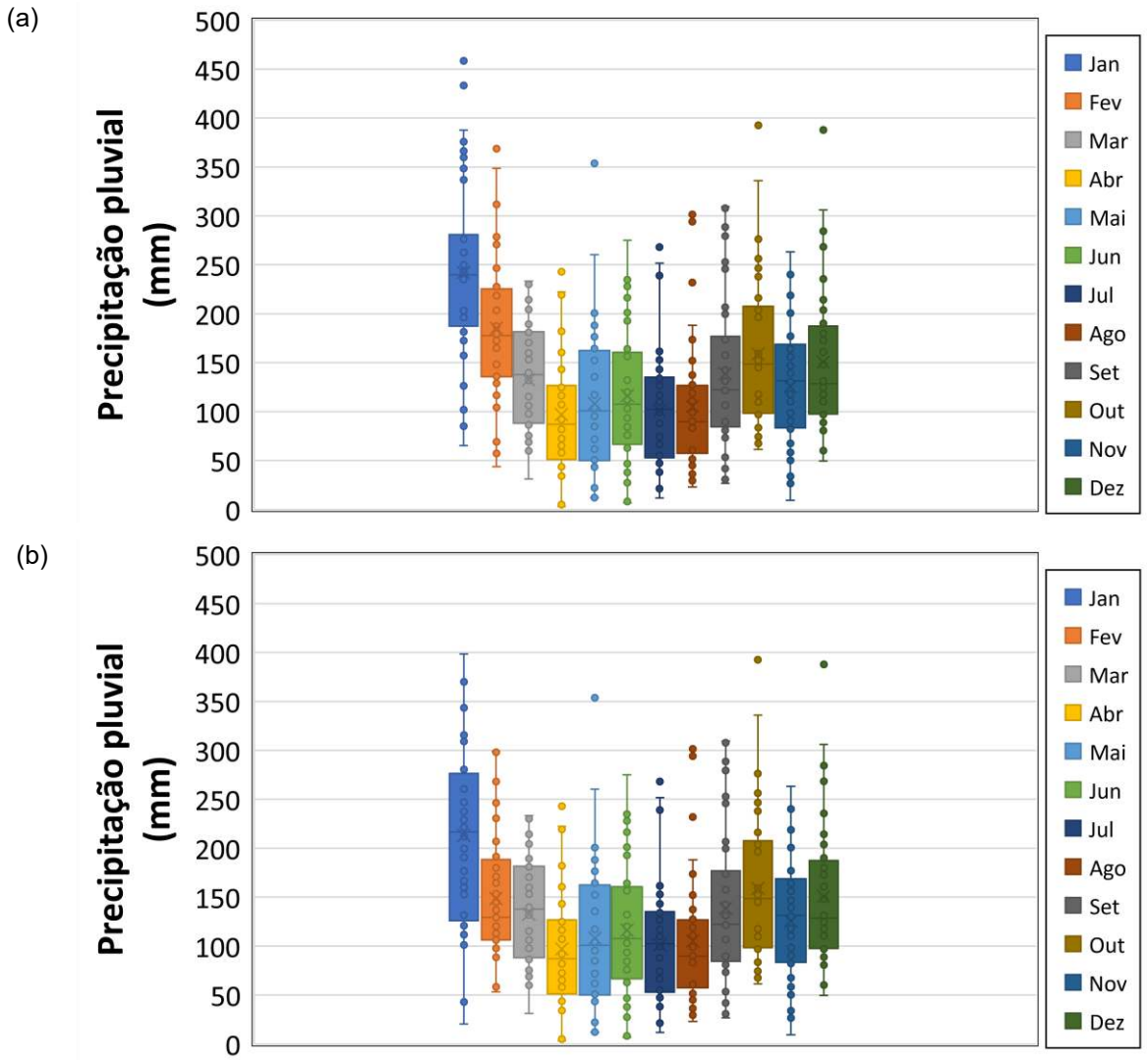
Figura 3 – (a) Raiz do erro médio quadrático (RMSE) e (b) coeficiente de correlação linear (r) mensal (mm) entre a precipitação pluvial do INMET e do CPC em Londrina - PR, entre 1981 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Em relação aos *boxplots* da precipitação pluvial do INMET e do CPC, podemos observar uma subestimação da mediana nos meses de janeiro e fevereiro dos dados do CPC (Figura 4b) em relação aos dados do INMET (Figura 4a), enquanto nos demais meses do ano a mediana é bem representada. Em relação ao primeiro (terceiro) quartil, existe uma subestimação em janeiro e fevereiro (fevereiro). Por fim, os valores extremos inferiores (superiores) são subestimados pelos dados do CPC para janeiro (janeiro e fevereiro) (Figura 4b).

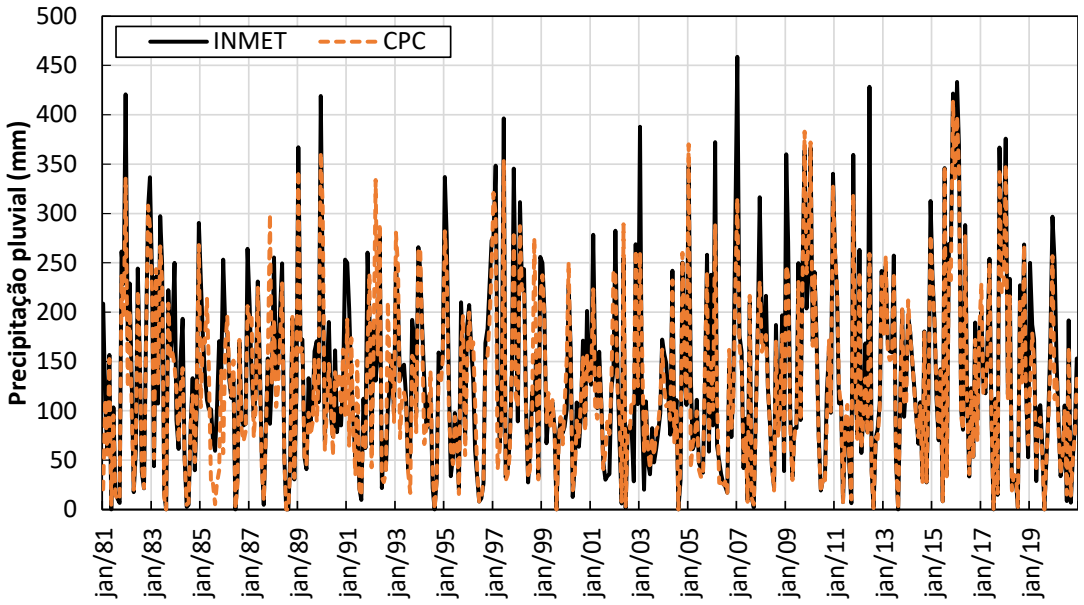
Figura 4 – *Boxplot* da precipitação pluvial mensal (mm) (a) do INMET e (b) do CPC para Londrina - PR, entre 1981 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Através da série temporal de precipitação pluvial mensal (Figura 5) observamos que o CPC representa bem a variabilidade dos dados do INMET. No geral a precipitação pluvial do CPC subestima a precipitação pluvial do INMET, estando em conformidade com os resultados de comparação entre as médias climatológicas (Figura 2a). As maiores subestimações ocorreram no mês mais chuvoso (janeiro), com destaque para os anos de 2003, 2007 e 2012, respectivamente. Os resultados aqui apresentados são consistentes com o estudo de Cardoso e Quadro (2017), que mostram que o CPC tende a subestimar a precipitação pluvial na região de estudo.

Figura 5 – Série temporal de precipitação pluvial mensal do INMET (linha preta) e do CPC (linha laranja) em Londrina - PR, entre 1981 e 2020.

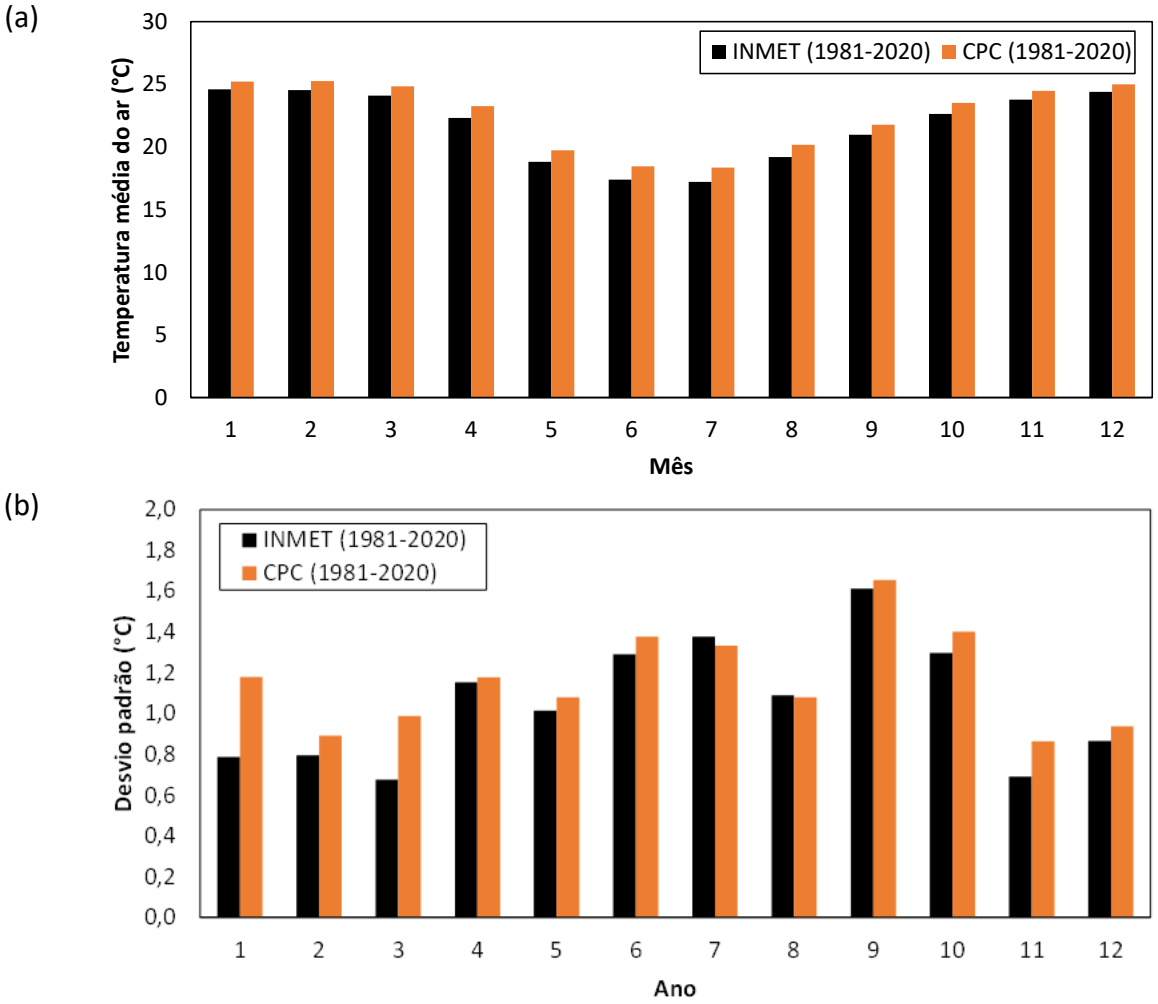


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

3.2. Temperatura do ar

O tipo climático de Londrina, pela classificação climática de Köppen, é Cfa (NITSCHE *et al.*, 2019), ou seja, a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a -3°C. Desta forma, podemos observar que os meses mais frios do ano são junho e julho (temperatura média < 18°C), enquanto os meses de setembro a abril (entre a primavera e o início do outono) as temperaturas são mais elevadas (superiores à 20°C; Figura 6a - barra preta). Em todos os meses os dados do CPC superestimam os dados do INMET (Figura 6a). Uma vez que nos meses mais frios (maio a outubro) a amplitude térmica é maior, existe uma maior variabilidade dos dados (Figura 6b), enquanto nos meses mais quentes (novembro a abril) a amplitude térmica é menor e com isso há uma menor variabilidade dos dados. Em todos os meses a temperatura do ar do CPC apresenta maior desvio padrão do que os dados do INMET (Figura 6b).

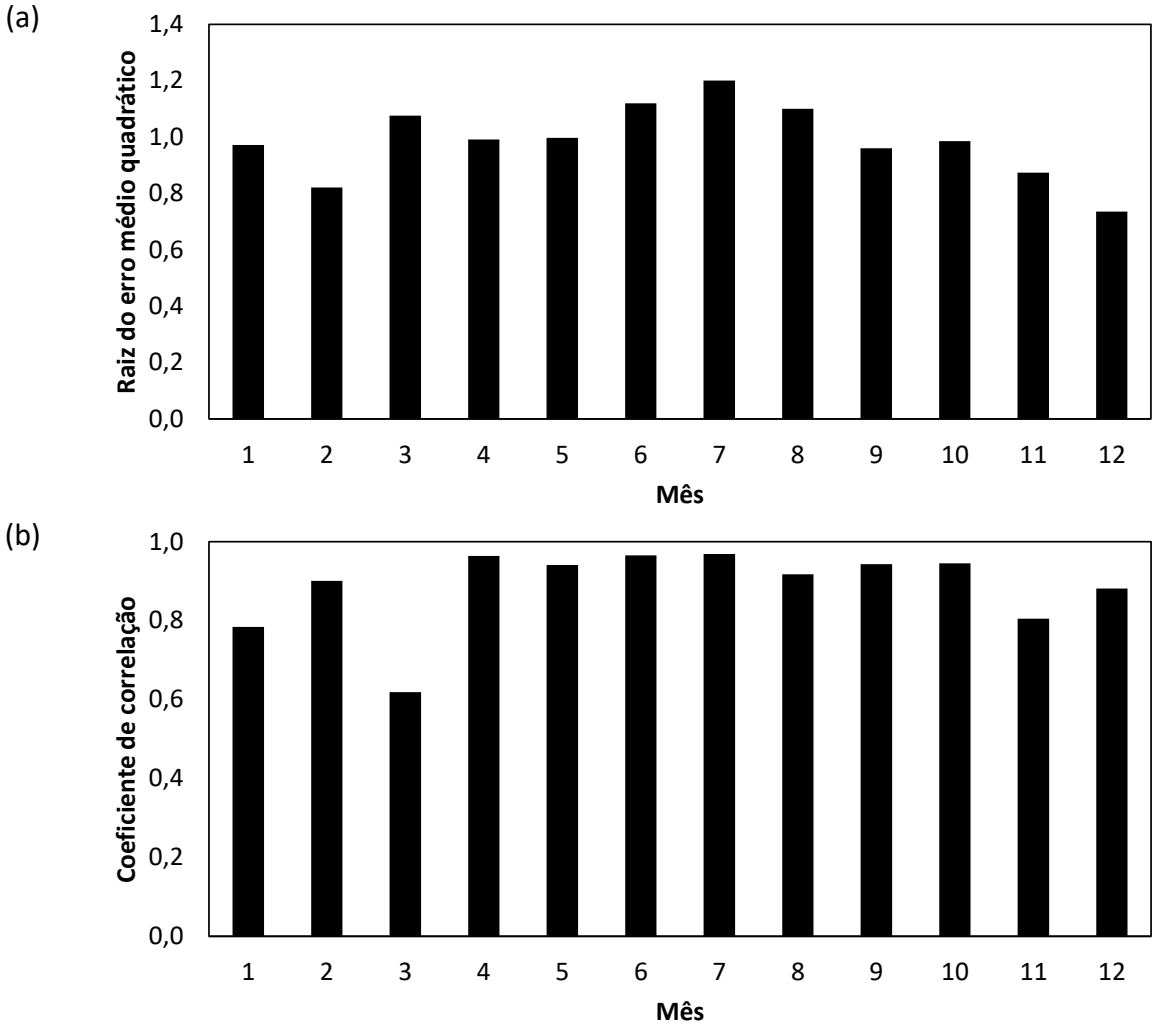
Figura 6 – Temperatura média mensal (°C) (a) climatológica e (b) desvio padrão do INMET (barra preta) e do CPC (barra laranja) em Londrina - PR, entre 1981 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Em relação à RMSE, podemos observar que o maior (menor) erro é observado em julho (dezembro), de 1,2°C (0,7°C) (Figura 7a). O coeficiente de correlação entre a temperatura do ar observada (INMET) e estimada (CPC) varia aproximadamente entre +0,6 (março) e +1,0 (abril, junho e julho).

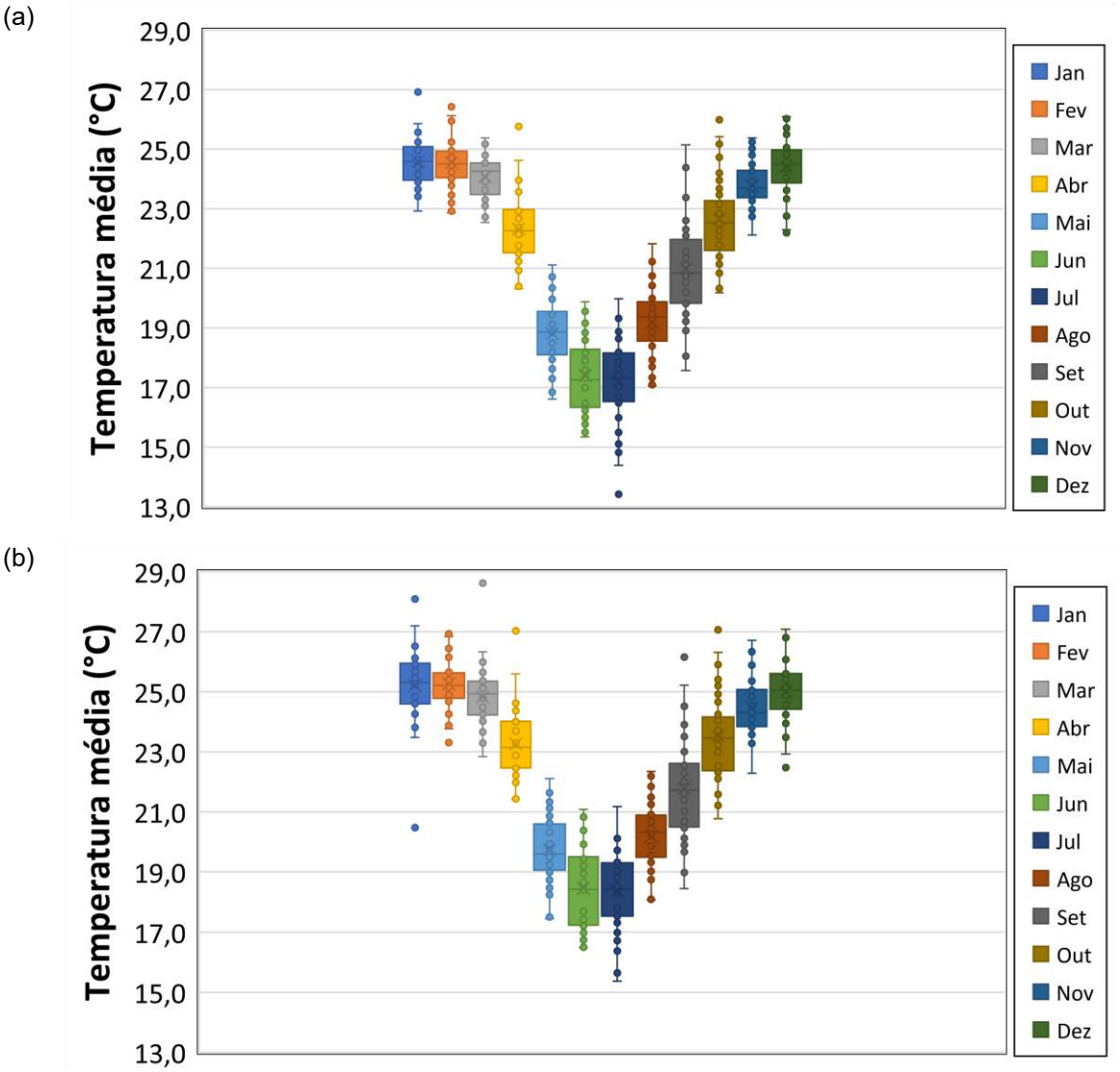
Figura 7 – (a) Raiz do erro médio quadrático (RMSE) e (b) coeficiente de correlação linear (r) mensal (°C) entre a temperatura média do ar do INMET e do CPC em Londrina - PR, entre 1981 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Os *boxplots* de temperatura média mensal mostram que a mediana dos dados do INMET (Figura 8a) é superestimada pelos dados do CPC (Figura 8b) em todos os meses do ano, assim como o primeiro e terceiro quartil. Da mesma forma, os valores extremos inferiores e superiores são superestimados pelos dados do CPC de fevereiro a dezembro.

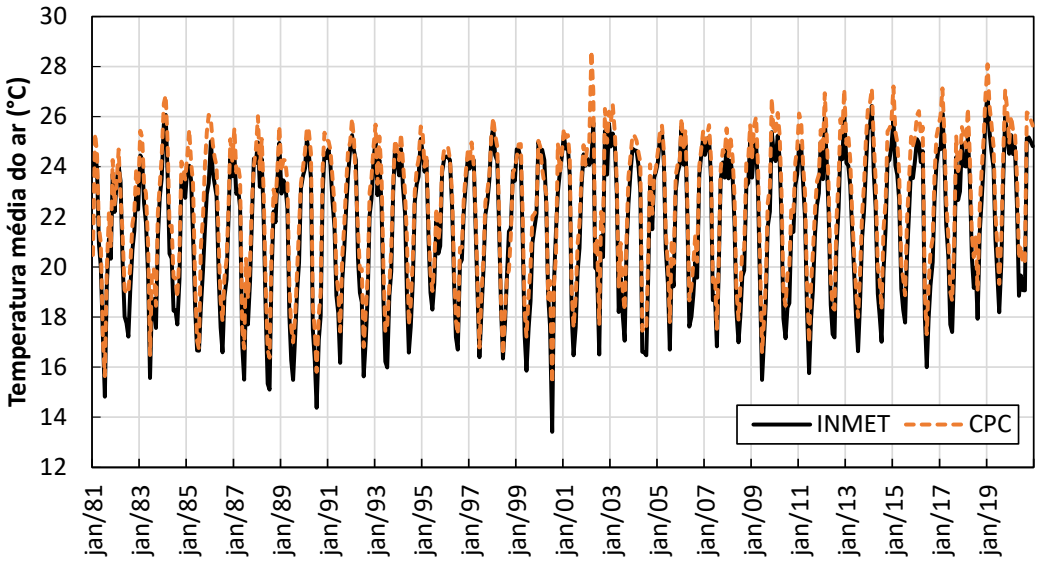
Figura 8 - *Boxplot* da temperatura média mensal do INMET (a) e do CPC (b) para Londrina - PR, entre 1981 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Através da série temporal da temperatura média mensal podemos observar que o CPC representa bem a variabilidade dos dados do INMET (Figura 9). No geral, a temperatura média do CPC superestima a do INMET, conforme também indicado pela comparação entre as médias climatológicas (Figura 6a). Em janeiro, mês mais quente do ano em Londrina (*cf.* Figura 6a - barra preta), a maior superestimação ocorreu em 2017 (de +1,4) e em 2015 (de +1,3°C), respectivamente. Por outro lado, em julho, mês mais frio do ano (*cf.* Figura 6a - barra preta), a maior superestimação ocorreu em 2000 (de +1,9°C) e em 1993 (de +1,7°C), respectivamente.

Figura 9 – Série temporal da temperatura mensal do INMET comparando com a do CPC em Londrina - PR, entre 1981-2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo validou a precipitação pluvial e a temperatura média mensal no município de Londrina - PR a partir da comparação de dados observados do INMET com uma fonte de dados em ponto de grade (CPC/PSL/NOAA), com a finalidade de avaliar se os dados estimados podem ser utilizados no lugar dos dados observados.

Os resultados apresentados para a precipitação pluvial mensal do CPC mostram que estes dados representam bem a variabilidade temporal dos dados do INMET. No geral, o CPC subestima os dados do INMET, especialmente nos meses mais chuvosos durante o verão, em relação à média climatológica, mediana, desvio padrão, primeiro/terceiro quartil e extremos. Por outro lado, a acurácia dos dados do CPC é maior nos meses menos chuvosos no inverno. Em relação aos resultados para a temperatura média mensal, o CPC representa bem a variabilidade temporal dos dados do INMET, assim como observado com os dados de precipitação pluvial. Contudo, o CPC superestima os dados do INMET, apresentando maior acurácia nos meses mais quentes.

O CPC representa melhor a temperatura do ar do que a precipitação pluvial, uma vez que a variabilidade mensal da temperatura do ar é menor do que da precipitação pluvial. No geral, os dados do CPC podem ser utilizados para corrigir falhas de dados do INMET em Londrina, especialmente para a variável temperatura do ar. Contudo, deve atentar-se à

aplicação para análises de eventos extremos, uma vez que os dados de precipitação pluvial tendem a subestimar os valores extremos no verão (janeiro e fevereiro).

Este estudo é importante para indicar alternativas de bases de dados de precipitação pluvial e temperatura do ar, considerando a falta de séries temporais longas e consistentes no município de Londrina. Assim, será possível melhorar o entendimento acerca da variabilidade e mudanças climáticas no município, auxiliará no planejamento urbano e rural, assim como na tomada de decisões em setores como agricultura, energia, gestão de recursos naturais, dente outros.

REFERÊNCIAS

BRAZ, D. F.; AMBRIZZI, T.; DA ROCHA, R. P.; ALGARRA, I.; NIETO, R.; GIMENO, L. Assessing the Moisture Transports Associated With Nocturnal Low-Level Jets in Continental South America. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, p. 1-20, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.657764

CARDOSO, C. S.; QUADRO, M. F. L. Análise comparativa de dados de precipitação gerados pelo Climate Prediction Center (CPC) versus dados observados para o Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1180-1198, 2017. DOI: https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1180-1198

CARPENEDO, C. B.; SILVA, C. B. Teleconnections influence on Precipitation of Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 26-46, 2022. DOI: https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.14607

CARPENEDO, C. B.; VIANA, D. R.; PARISE, C. K.; AQUINO, F.E.; BRAGA, R. B. Atmospheric circulation patterns associated with surface air temperature variability trends between the Antarctic Peninsula and South America. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, p. 1-14, 2023. Suplemento 3. DOI: https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220591

CHEN, M.; SHI, W.; XIE, P.; SILVA, V.; KOUSKY, V. E.; HIGGINS, R. W.; JANOWIAK, J. E. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 113, n. D4, p. 1-13, 2008. DOI: https://doi.org/10.1029/2007JD009132

FERREIRA, G. W. D. S.; REBOITA, M. S.; RIBEIRO, J. G. M.; DE SOUZA, C. A. Assessment of Precipitation and Hydrological Droughts in South America through Statistically Downscaled CMIP6 Projections. **Climate**, v. 11, n. 8, p. 1-29, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/cli11080166

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

MARENGO, J.; ESPINOZA, J. C.; BETTOLLI, L. *et al.* A cold wave of winter 2021 in central South America: characteristics and impacts. **Climate Dynamics**, v. 61, p. 2599-2621, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s00382-023-06701-1

NITSCHE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf. Acesso em: 20 de mar. 2023.

REBOITA, M. S.; FERREIRA, G. W. D. S.; RIBEIRO, J. G. M.; DA ROCHA, R. P.; RAO, V. B. South American Monsoon Lifecycle Projected by Statistical Downscaling with CMIP6-GCMs. **Atmosphere**, v. 14, n. 9. p. 1380, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos14091380

REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P.; SOUZA, C. A. D.; BALDONI, T. C.; SILVA, P. L. L. D. S.; FERREIRA, G. W. S. Future Projections of Extreme Precipitation Climate Indices over South America Based on CORDEX-CORE Multimodel Ensemble. **Atmosphere**, v. 13, n. 9, p. 1463, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos13091463

PARANÁ. Sistema Informatizado de Defesa Civil (SISDC). **Relatório de Ocorrências**. Curitiba: SISDC, 2023. Disponível em: http://www.sisdc.pr.gov.br/sdc/publico/relatorios/ocorrencias_geral.jsp. Acesso em: 02 de dez. 2023.