

IX-087 – CORRELAÇÃO ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO ESTIMADOS VIA SENSORIAMENTO REMOTO E OBSERVADOS EM SUPERFÍCIE

Rafael Brandão Ferreira de Moraes ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG) na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre e Doutorando em Tecnologias Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PPGTA/UFMS).

Fábio Veríssimo Gonçalves ⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (UNIDERP). Mestre em Tecnologias Ambientais pelo PPGTA/UFMS. Doutor em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico (IST) de Lisboa - Portugal.

Endereço ⁽¹⁾: Avenida Costa e Silva, Cidade Universitária – Pioneiros – Campo Grande – MS – CEP: 79070-900 – Brasil – Tel: (67) 3345-7392 – e-mail: rafael.moraes@ufms.br

RESUMO

Dados de precipitação confiáveis e consistentes são fundamentais para operação e planejamento de múltiplas atividades socioeconômicas, como agricultura, pecuária, gestão de recursos hídricos e controle de alagamentos e inundações em áreas urbanas. No entanto, a baixa densidade de medidores *in-situ*, devido às áreas de difíceis acessos e escassez de recursos financeiros e humanos prejudicam um monitoramento hidrológico eficaz. Assim, a estimativa de precipitação por satélite emerge como possível complemento às medições realizadas em superfície. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a correlação entre as estimativas de precipitação do produto *Integrated Multisatellite Retrievals* (IMERG) – *Late Run* da missão *Global Precipitation Measurement* (GPM) em relação aos dados observados por medidores *in-situ* no município de Campo Grande – Mato Grosso do Sul (MS), nas escalas temporais diária, mensal e sazonal. O indicador estatístico utilizado foi o Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Foi realizada a comparação da média de precipitação observada na superfície (obtida por Polígonos de Thiessen) com a precipitação constatada nos pixels localizados em toda a área urbana de Campo Grande – MS, no período de 01/10/2020 a 30/09/2022. Os *softwares* utilizados foram o *Quantum Geographic Information System* (QGIS) versão 3.22.5 e o *Microsoft Excel*. De modo geral, a correlação entre os dados diários estimados via sensoriamento remoto (IMERG – *Late Run*) e observados em superfície (medidores *in-situ*) obtiveram resultados satisfatórios, sobretudo nos meses mais secos (r diário em julho = 0,95) e em maiores escalas de tempo (r diário geral = 0,81; r mensal = 0,82 e r sazonal = 0,90). Portanto, o produto IMERG - *Late Run* é capaz de representar bem o padrão de precipitação nesta área de estudo, evidenciando períodos secos e úmidos. Por fim, são recomendados investimentos para elevar a quantidade de medidores *in-situ* na região e reduzir a quantidade de falhas de amostragem deles, com o intuito de viabilizar novos estudos espacial e temporalmente mais representativos entre os conjuntos de dados estimados e observados.

PALAVRAS-CHAVE: GPM, IMERG – *Late Run*, Medidor *in-situ*, Estimativa Precipitação, Coeficiente de Correlação.

INTRODUÇÃO

Dados pluviométricos consistentes e confiáveis são fundamentais para o planejamento e operação de inúmeros setores da sociedade, como gestão de recursos hídricos, agricultura, pecuária e geração de energia (Rozante et al., 2018; Afonso et al., 2020). No entanto, a ausência ou má distribuição de estações meteorológicas superficiais (medidores *in-situ*) dificulta a realização de um monitoramento hidrológico eficaz. Geralmente, isso ocorre devido aos difíceis acessos às áreas de interesse e à insuficiência de recursos financeiros para instalação e manutenção periódica desses equipamentos (Moraes e Gonçalves, 2021).

Nesse contexto, as estimativas de precipitação via sensoriamento remoto emergem como opções interessantes para complementarem às medições realizadas em superfície e/ou até mesmo substituírem, em algumas situações, os medidores *in-situ* (Moraes e Gonçalves, 2021). No entanto, Silva et al. (2019) atentam que erros aleatórios e incertezas podem acontecer nessas estimativas. Dessa forma, Roca et al. (2019) e Afonso et al. (2020) recomendam uma avaliação estatística dos dados provenientes de sensoriamento remoto em relação aos

observados em solo na área de interesse, antes de sua aplicação isolada em estudos hidrológicos, a fim de avaliar e identificar o potencial e as possíveis limitações dessas estimativas.

Entre os produtos de precipitação oriundos de sensoriamento remoto é possível destacar o *Integrated Multisatellite Retrievals* (IMERG) da missão *Global Precipitation Measurement* (GPM). O IMERG é dividido nas versões *Early Run*, *Late Run* e *Final Run*, com períodos de latência de 4 horas, 14 horas e 3,5 meses, respectivamente. Assim, os dois primeiros produtos são indicados para trabalhos hidrológicos que necessitam de dados de precipitação quase em tempo real, como monitoramento e previsão de alagamentos e inundações.

Todavia, Oliveira Júnior et al. (2021) afirmam que ainda existem poucos estudos que visam avaliar a precisão e correlação de dados de precipitação provenientes de sensoriamento remoto *versus* dados observados em medidores *in-situ* no Brasil, sobretudo na Região Centro-Oeste (CO) e no estado de Mato Grosso do Sul (MS). A maioria dos estudos encontrados referentes ao IMERG GPM utilizam o produto *Final Run*, visto que este é ajustado por dados coletados em campo e teoricamente disponibiliza estimativas mais confiáveis.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a correlação entre as estimativas de precipitação do produto IMERG – *Late Run* da missão GPM em relação aos dados observados por medidores *in-situ* no município de Campo Grande – MS, nas escalas temporais diária, mensal e sazonal.

METODOLOGIA UTILIZADA

A área de estudo deste trabalho foi a zona urbana do município de Campo Grande, capital do estado de MS, Região CO do Brasil, conforme a Figura 1. Campo Grande tem uma área de 8.082,978 km², população estimada de 916.001 pessoas (IBGE, 2021), altitude de 500 a 675 metros, relevo suavemente ondulado, vegetação de campos de pastagens e Cerrado, precipitação média anual de 1.570 mm e clima caracterizado com estação chuvosa no verão e seca no inverno (PLANURB, 2021).

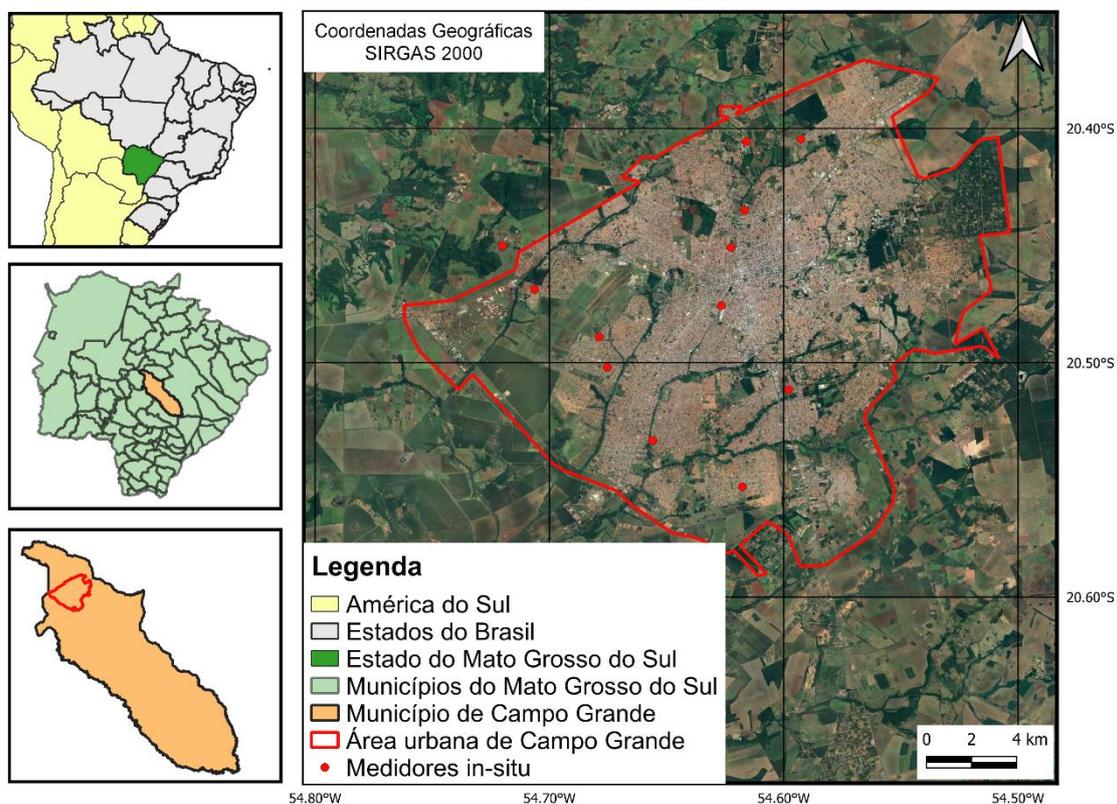


Figura 1: Área de estudo.

As estimativas de precipitação via sensoriamento remoto foram obtidas no portal Giovanni da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>). Foi utilizado o produto IMERG - *Late Run* versão 3 do GPM nível 3 com resolução espacial de 0,10° x 0,10° e temporal diária. Os dados pluviométricos observados em solo foram coletados em 11 medidores *in-situ*, distribuídos na área urbana do município de Campo Grande – MS e utilizados em monitoramentos realizados pela prefeitura e por 1 medidor *in-situ* gerenciado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O indicador estatístico utilizado neste trabalho foi o Coeficiente de Correlação de Pearson (r), o qual mede o grau de correlação linear entre os dados de precipitação estimados e observados, conforme a Equação 1. Os valores r foram classificados em 0,00 (sem correlação), 0,01 – 0,29 (correlação muito fraca), 0,30 – 0,49 (correlação fraca), 0,50 – 0,69 (correlação moderada), 0,70 – 0,89 (correlação forte), 0,90 – 0,99 (correlação muito forte) e 1,00 (correlação perfeita), conforme Moraes e Gonçalves (2021).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E}) \cdot (O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que, E_i = precipitação estimada via satélite; O_i = precipitação observada em medidor *in-situ*; n = número de observações; \bar{E} = média da precipitação estimada; \bar{O} = média da precipitação observada.

Segundo Feitosa e Oliveira (2020), ainda não há um consenso e padronização de uma metodologia para verificação e análise de dados de precipitação estimados e observados. Dessa forma, neste trabalho optou-se pela comparação da média de precipitação observada na superfície (Polígonos de Thiessen) e da precipitação constatada nos pixels localizados em toda a área urbana de Campo Grande – MS, no período de 01/10/2020 a 30/09/2022 nas escalas temporais diária, mensal e sazonal, em que os dados foram acumulados para análise das duas últimas escalas. Os *softwares* utilizados foram o *Quantum Geographic Information System (QGIS)* versão 3.22.5 (QGIS, 2022) e o *Microsoft Excel* (MICROSOFT CO., 2022).

RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 2 apresenta o resultado da correlação entre as estimativas de precipitação do produto IMERG - *Late Run* em relação aos dados observados em superfície na escala temporal diária, de acordo com o mês e de forma geral. As correlações diárias predominantes entre os dois conjuntos de dados foram fortes (janeiro, fevereiro, abril, maio, novembro e geral) e muito fortes (março, julho, agosto, setembro e outubro). No entanto, ocorreram correlações diárias moderadas nos meses de junho e dezembro (0,61 e 0,69, respectivamente).

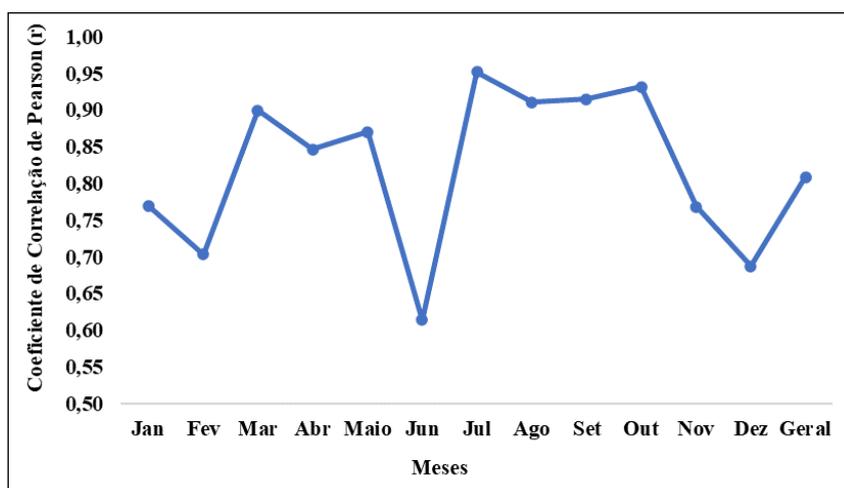


Figura 2: Correlação entre as estimativas de precipitação IMERG – *Late Run* e os dados de precipitação observados em superfície na escala temporal diária, de acordo com o mês e de forma geral.

No que diz respeito à escala temporal mensal, de outubro de 2020 a setembro 2022, os dados estimados via sensoriamento remoto e observados em superfície obtiveram coeficiente de correlação forte ($r = 0,82$). Enquanto na escala temporal sazonal (verão, outono, inverno e primavera) a correlação foi muito forte ($r = 0,90$).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De modo geral, a correlação entre os dados estimados via sensoriamento remoto (IMERG – *Late Run*) e observados em superfície (medidores *in-situ*) obtiveram resultados satisfatórios, sobretudo nos meses mais secos (r diário em julho = 0,95) e em maiores escalas de tempo (r diário geral = 0,81; r mensal = 0,82 e r sazonal = 0,90), corroborando com os resultados encontrados por Silva et al. (2019), Gadelha et al. (2019) e Pedreira Júnior et al. (2021) no Brasil. No que diz respeito à análise realizada na escala temporal diária, os meses de junho e dezembro foram responsáveis pelas menores correlações entre os dois conjuntos de dados.

Em relação a dezembro, esse resultado é esperado, visto que ocorrem muitas chuvas convectivas nesse período do ano no estado de MS (Pessi et al., 2019), e isso pode comprometer os resultados de r , porque as estações meteorológicas superficiais (medidores *in-situ*) medem a chuva pontualmente, enquanto o produto de satélite IMERG - *Late Run* faz a média em uma determinada área de acordo com as coordenadas inseridas e sua resolução espacial. Por outro lado, o resultado de correlação moderada entre as estimativas diárias GPM e os dados observados em solo no mês de junho não são comuns, visto que esse mês é considerado de baixo índice pluviométrico na Região CO do Brasil. Porém, uma possível explicação é que esse mês foi atípico em 2022, acarretando chuvas convectivas e interferindo diretamente nos resultados encontrados.

CONCLUSÕES

As estimativas de precipitação geradas pelo produto IMERG – *Late Run* apresentam correlações satisfatórias com os dados de precipitação observados em superfície na área urbana do município de Campo Grande – MS, sobretudo nos meses mais secos (julho e agosto) e em maiores escalas de tempo (r sazonal > r mensal > r diário geral). Portanto, o produto IMERG - *Late Run* é capaz de representar bem o padrão de precipitação nesta área de estudo, evidenciando períodos secos e úmidos.

Por fim, são recomendados investimentos para elevar a quantidade de medidores *in-situ* na região e reduzir a quantidade de falhas de amostragem deles, com o intuito de viabilizar novos estudos espacial e temporalmente mais representativos entre os conjuntos de dados estimados e observados. Além disso, recomenda-se novas análises estatísticas (Erro Médio Absoluto, Raiz do Erro Médio Quadrático e Indicadores Categóricos), a fim de identificar a precisão e eficácia dessas estimativas no CO brasileiro.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pela concessão da bolsa de estudos durante o Doutorado. Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PPGTA) pela oportunidade do Doutorado. À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) pelo apoio à participação em eventos científicos e publicação de artigos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFONSO, J.M.D.S., VILA, D.A., GAN, M.A., QUISPE, D.P., BARRETO, N.D.J.D.C., HUAMÁN CHINCHAY, J.H., PALHARINI, R.S.A. *Precipitation diurnal cycle assessment of satellite-based estimates over Brazil. Remote Sensing*, v.12, n.14, p.2339, 2020.
2. AGÊNCIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E PLANEJAMENTO URBANO – PLANURB. Perfil socioeconômico de Campo Grande. 28ª edição. Campo Grande, 2021.
3. FEITOSA, J.R.M., OLIVEIRA, C.W. *Estudo comparativo dos dados de precipitação do satélite TRMM e postos pluviométricos no estado do Ceará, Brasil. Revista Geográfica de América Central*, n.65, p.239-262, 2020.
4. GADELHA, A.N., COELHO, V.H.R., XAVIER, A.C., BARBOSA, L.R., MELO, D.C., XUAN, Y., HUFFMAN, G.J., PETERSEN, W.A., ALMEIDA, C.D.N. *Grid box-level evaluation of IMERG over Brazil at various space and time scales. Atmospheric Research*, v.218, p.231-244, 2019.

5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2021). Cidades e estados. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ms/campo-grande.html> >. Acessado em: 02 de junho de 2022.
6. MICROSOFT CORPORATION. (2022). Excel, versão 365. <https://www.microsoft.com/>
7. MORAES, R.B.F.D., GONÇALVES, F.V. *Validation of TRMM data in the geographical regions of Brazil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.26, 2021.
8. OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F., SILVA JUNIOR, C.A., TEODORO, P.E., ROSSI, F.S., BLANCO, C.J.C., LIMA, M., GOIS, G., CORREIRA FILHO, W.L.F., SANTIAGO, D.B., SANTOS VANDERLEY, M.H.G. *Confronting CHIRPS dataset and in situ stations in the detection of wet and drought conditions in the Brazilian Midwest. International Journal of Climatology*, v.41, n.9, p.4478-4493, 2021.
9. PEDREIRA JUNIOR, A.L., BIUDES, M.S., MACHADO, N.G., VOURLITIS, G., GELI, H.M., SANTOS, L.O.F.D., QUERINO, C.A.S., IVO, I.O., NETO, N.L. *Assessment of Remote Sensing and Re-Analysis Estimates of Regional Precipitation over Mato Grosso, Brazil. Water*, v.13, n.3, p.333, 2021.
10. PESSI, D.D., SANTOS, C.S.A., NONATO, J.J., DOURADO, L.G., SILVA, O.P., BASSINI, R.T., JOSÉ, J.V. *Validation of the monitors of the TRMM soil satellite in the state of Mato Grosso, Brazil. Revista de Ciências Agrárias (Portugal)*, v.42, n.1, p.79-88, 2019.
11. QGIS.org, 2022. Quantum Geographic Information System - QGIS versão 3.22.5. QGIS Association. Disponível em: < <http://www.qgis.org> >. Acessado em 15 de agosto de 2022.
12. ROCA, R., ALEXANDER, L.V., POTTER, G., BADOR, M., JUCÁ, R., CONTRACTOR, S., BOSILOVICH, M.G., CLOCHÉ, S. *FROGS: A daily 1°× 1° gridded precipitation database of rain gauge, satellite and reanalysis products. Earth Syst. Sci. Data*, v.11, p.1017-1035, 2019.
13. ROZANTE, J.R., VILA, D.A., CHIQUETTO, J.B., FERNANDES, A.D., ALVIM, D.S. *Evaluation of TRMM/GPM blended daily products over Brazil. Remote Sensing*, v.10, p.882, 2018.
14. SILVA, C.B., SILVA, M.E.S., AMBRIZZI, T., TOMMASELLI, J.T.G., PATUCCI, N. N., MATAVELI, G.A.V., LIMA, B.S., CORREA, W.C. *Precipitação na América do Sul—dados obtidos por estações meteorológicas automáticas e por sistemas orbitais. Revista Brasileira de Climatologia*, v.25, 2019.