

PRODUTOS DE PRECIPITAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES NA AMÉRICA DO SUL: AVANÇOS E DESAFIOS

RAYANE RIBEIRO VIEIRA¹; DANIELLE BRESSIANI²;

¹Universidade Federal de Pelotas – rayaneribeirvieira@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – daniebressiani@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A precipitação exerce papel central nos processos hidrológicos, na agricultura, na gestão de recursos hídricos e na prevenção de desastres ambientais (TORRES-MERCADO et al., 2021). Na América do Sul, a heterogeneidade climática e a carência de estações pluviométricas tornam os produtos de precipitação baseados em satélites e reanálises ferramentas estratégicas para monitoramento e tomada de decisão (OCAMPO-MARULANDA et al., 2022).

Esses produtos têm se destacado não apenas em estudos climáticos, mas também em modelagem hidrológica, planejamento agrícola, segurança hídrica e análise de riscos extremos. Ao compreender suas diferentes áreas de aplicação, torna-se possível avaliar sua relevância científica e prática, além de apoiar políticas públicas e estratégias de adaptação frente às mudanças climáticas (PAREDES-TREJO; BARBOSA; KUMAR, 2017).

Este trabalho busca, através de uma revisão bibliográfica sistemática, identificar e discutir as principais aplicações dos produtos de precipitação na América do Sul, destacando suas contribuições para a hidrologia, gestão hídrica e mitigação de riscos climáticos.

2. METODOLOGIA

A revisão bibliográfica sistemática foi realizada a partir de buscas na plataforma *Web of Science*, utilizando descritores como *precipitation products*, *South America*, *applications*, *hydrology*, *agriculture* e *disaster management*, delimitando o período de 2015 a 2025.

Foram incluídas publicações científicas revisadas por pares, abrangendo artigos originais e de revisão que apresentassem aplicações práticas, comparações ou validações de produtos de precipitação em contextos como modelagem hidrológica, planejamento agrícola, monitoramento climático e mitigação de desastres ambientais. Publicações duplicadas foram eliminadas.

A análise bibliométrica foi realizada com o pacote *Bibliometrix* no software R, apoiada pela interface *Biblioshiny*, que possibilitou mapear tendências, identificar autores e periódicos relevantes, além de classificar os estudos segundo suas áreas de aplicação. Como suporte metodológico, utilizou-se também a primeira etapa do método *ProKnow-C* de Ensslin et al. (2010), assegurando uma seleção estruturada e criteriosa da literatura.

Essa abordagem permitiu sistematizar as principais frentes de aplicação dos produtos de precipitação, evidenciando não apenas sua relevância científica, mas também seu potencial estratégico para diferentes setores socioeconômicos da América do Sul.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos 140 artigos sobre produtos de precipitação na América do Sul evidencia padrões claros quanto ao tipo de dado utilizado, à integração de produtos e à distribuição geográfica das aplicações. A maior parte dos estudos (55 artigos)

utiliza exclusivamente produtos satelitais, como TRMM e CHIRPS, especialmente em regiões com baixa densidade de estações pluviométricas.

Assim como os estudos de ALMEIDA et al. (2020) e OCAMPO-MARULANDA et al. (2022) exemplificam essa aplicação, avaliando produtos satelitais em contextos com monitoramento limitado e com foco em aplicações hidrológicas e climáticas. No artigo de ALMEIDA et al. (2020), o TRMM 3B42 v7 apresentou estimativas consistentes de totais de chuva e dias de precipitação na bacia do Rio Itapemirim (Espírito Santo), mostrando-se adequado para áreas pouco monitoradas. Já no artigo de OCAMPO-MARULANDA et al. (2022), foi avaliado o CHIRPS no sudoeste da Colômbia, evidenciando a capacidade de capturar padrões espaço-temporais e eventos relacionados ao ENSO. Em síntese, esses estudos reforçam a utilidade dos produtos satelitais, embora indiquem a necessidade de validação local, dado que o desempenho varia com topografia, tipo de chuva e cobertura de estações de superfície.

Produtos de reanálise climática, como ERA5 e MERRA-2, aparecem em menor número, geralmente integrados a dados satelitais para modelagem ou validação. Os artigos de PAREDES-TREJO, BARBOSA e KUMAR (2017) e DERIN et al. (2016) exemplificam essa abordagem, avaliando produtos satelitais e de reanálise (CHIRPS, TMPA, CMORPH, PERSIANN, GSMaP, ECMWF) em comparação com dados de estações, visando determinar acurácia e desempenho regional, sendo diretamente alinhados a monitoramento e modelagem hidrológica.

O monitoramento terrestre, embora presente em menos estudos, é estratégico para a correção e validação de estimativas remotas. O artigo de NASCIMENTO et al. (2021), por exemplo, avaliou oito produtos na Colômbia (CHIRPSv2, MSWEP, IMERG, entre outros), mostrando variações de desempenho conforme a escala temporal e região e identificando os mais adequados para aplicações hidrológicas e climáticas. Já DELAHAYE et al. (2015) abordaram controle de qualidade de 235 pluviômetros na Amazônia Legal, garantindo consistência espacial e temporal essencial para validação de produtos remotos.

Quanto à integração de produtos, 60 estudos combinaram dois produtos, 25 integraram três ou mais, e 55 utilizaram apenas um. A combinação de diferentes fontes contribui para reduzir incertezas, particularmente em regiões de grande diversidade climática e geomorfológica, como a Amazônia e os Andes. Estudos com múltiplos produtos tendem a ser mais robustos, permitindo aplicações em gestão hídrica, agricultura e monitoramento de eventos extremos.

Por outro lado, tanto as pesquisas TEDESCHI e COLLINS (2016) como ANSELM et al. (2020) analisaram padrões climáticos e variabilidade da precipitação, usando modelos climáticos (CMIP5) ou séries de estações meteorológicas, destacando a importância de integrar diferentes fontes e métodos para compreender a precipitação, apoiar a gestão hídrica e avaliar riscos climáticos. A concentração geográfica dos estudos reflete a disponibilidade de dados e produção científica: Brasil (60), Peru (15), Chile (12), Colômbia (8) e Argentina (7), com 10 estudos de abrangência regional. Regiões sub-representadas indicam a necessidade de ampliar cobertura e validação de produtos de precipitação.

Os estudos de DANESHVAR e FREUND (2021), TORRES-MERCADO et al. (2025) e HURTADO et al. (2021) exploram aplicações específicas em países da América do Sul, evidenciando impactos naturais e a necessidade de dados confiáveis. O primeiro artigo, na região da trilha Peru-Chile, identificou aumento significativo da precipitação nos 60 dias anteriores a cinco grandes terremotos, sugerindo correlação entre fenômenos atmosféricos e atividade sísmica. A segunda pesquisa, na bacia do Rio Cunas (Peru), avaliou cenários de enchentes sob

mudanças climáticas, indicando aumento nos picos de fluxo e na extensão de áreas inundáveis. Já o último estudo, na Argentina Subtropical, comparou métodos de interpolação para preencher lacunas em séries pluviométricas, destacando a regressão linear múltipla como a mais eficaz, reforçando a importância de métodos confiáveis em regiões com monitoramento limitado. Esses estudos demonstram como Peru, Chile e Argentina utilizam dados de precipitação para previsão de extremos, análise de riscos e preenchimento de séries históricas.

Nos últimos vinte anos, a diversidade de produtos aumentou significativamente. Além dos satelitais, produtos de reanálise e híbridos, como MSWEP, GPCC e CPC, possibilitam integração de dados e redução de vieses, sendo aplicados em modelagem hidrológica com ferramentas como o Soil & Water Assessment Tool- SWAT e em sistemas de monitoramento agrícola e segurança hídrica. O artigo de BECK et al. (2017) avaliou 22 produtos globais e locais, identificando os mais consistentes; já FERNANDEZ-PALOMINO et al. (2021) apresentaram o conjunto RAIN4PE (Peru e Equador), combinando satélite, reanálise e dados de superfície, com correções hidrológicas baseadas em vazão, superando outros produtos em simulações de escoamento diário e mensal, incluindo extremos; e o estudo de BALTAZAR et al. (2023) demonstrou que a correção do IMERG (IMERG*) em bacias da Cordilheira dos Andes melhora indicadores de desempenho hidrológico e permite analisar processos em sub-bacias pouco monitoradas. Em conjunto, esses estudos evidenciam que a integração e correção de múltiplas fontes aumenta a confiabilidade das simulações, permitindo aplicações críticas para gestão de recursos hídricos e estudo de extremos climáticos.

Dessa forma, os produtos de precipitação são ferramentas essenciais para o avanço do conhecimento hidrológico e climático na América do Sul. A predominância de produtos satelitais, aliada à integração de múltiplos produtos e à validação local, reforça sua relevância no planejamento agrícola, gestão de recursos hídricos e políticas públicas, consolidando sua aplicação na mitigação de riscos associados a eventos extremos.

4. CONCLUSÕES

A análise dos 140 artigos evidenciou que os produtos de precipitação são amplamente utilizados na América do Sul, com predominância dos satelitais (como TRMM, CHIRPS e IMERG), especialmente em regiões com escassez de dados de superfície. A integração com reanálises, híbridos e dados de pluviômetros mostrou-se essencial para reduzir incertezas, aprimorar simulações hidrológicas e ampliar a confiabilidade das aplicações. Os estudos destacaram contribuições relevantes para a hidrologia, agricultura, gestão de recursos hídricos e monitoramento de extremos climáticos, embora ainda existam limitações em áreas com baixa densidade de observações. Em conjunto, os resultados confirmam a importância crescente desses produtos para apoiar tanto a pesquisa científica quanto o planejamento e a mitigação de riscos na região.

Logo, sua integração em políticas públicas e estratégias de adaptação reforça a mitigação de riscos socioeconômicos. O avanço futuro depende da cooperação regional, do uso de tecnologias inovadoras e da combinação de dados observacionais, satelitais e de reanálise, garantindo maior aplicabilidade desses produtos em planejamento climático e gestão hídrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste estudo, gostariam de agradecer tanto a Capes (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) como Projeto INCT ONSEAdapta, pelo apoio e estrutura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, K. N. de et al. Performance analysis of TRMM satellite in precipitation estimation for the Itapemirim River basin, Espírito Santo state, Brazil. **Theoretical And Applied Climatology**, v. 141, n. 3-4, p. 791-802, 2020.
- BALTAZAR, L. A. et al. Hydrological modeling in a region with sparsely observed data in the eastern Central Andes of Peru, Amazon. **Journal Of South American Earth Sciences**, v. 121, p. 104151, 2023
- BECK, H. E. et al. 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, 2017.
- CASTRO, L. M.; MIRANDA, M.; FERNÁNDEZ, B. Evaluation of TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA) in a mountainous region of the central Andes range with a Mediterranean climate. **Hydrology Research**, v. 46, n. 1, p. 89-105, 2013.
- DANESHVAR, M. R. M.; FREUND, F. T. Survey of a relationship between precipitation and major earthquakes along the Peru-Chilean trench (2000–2015). **The European Physical Journal Special Topics**, v. 230, n. 1, p. 335-351, 2021.
- DERIN, Y. et al. Multiregional Satellite Precipitation Products Evaluation over Complex Terrain. **Journal Of Hydrometeorology**, v. 17, n. 6, p. 1817-1836, 2016.
- ENSSLIN, L et al. **ProKnow-C**: Processo de análise sistêmica. Brasil: Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI, 2010.
- FERNANDEZ-PALOMINO, C.A. et al. A novel high-resolution gridded precipitation dataset for Peruvian and Ecuadorian watersheds – development and hydrological evaluation. **Journal Of Hydrometeorology** 2021.
- NASCIMENTO, J. G. et al. Evaluating the Latest IMERG Products in a Subtropical Climate: the case of Paraná state, Brazil. **Remote Sensing**, v. 13, n. 5, p. 906, 2021.
- OCAMPO-MARULANDA, C. et al. A spatiotemporal assessment of the high-resolution CHIRPS rainfall dataset in southwestern Colombia using combined principal component analysis. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 13, n. 5, p. 101739, 2022.
- PEREIRA-TREJO, F. J.; BARBOSA, H.A.; KUMAR, T.V. L. Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. **Journal Of Arid Environments**, v. 139, p. 26-40, 2017.
- TEDESCHI, R. G.; COLLINS, M. The influence of ENSO on South American precipitation: simulation and projection in cmip5 models. **International Journal Of Climatology**, v. 37, n. 8, p. 3319-3339, 2016.
- TORRES-MERCADO, C. et al. Comparison of Flood Scenarios in the Cunas River Under the Influence of Climate Change. **Hydrology**, v. 12, n. 5, p. 117, 2025.
- HURTADO, S. I. et al. Infilling methods for monthly precipitation records with poor station network density in Subtropical Argentina. **Atmospheric Research**, v. 254, p. 105482, 2021.