

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NO SUL DE GOIÁS COM BASE EM SÉRIES HISTÓRICAS

SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF PRECIPITATION VARIABILITY IN SOUTHERN GOIÁS, BRAZIL, USING HISTORICAL TIME SERIES

 <https://doi.org/10.63330/sasciencsv6n2-097>

Submetido em: 04/07/2026 e Publicado em: 24/07/2026

SAS: e26318

Guilherme Pimenta Lopes da Silva

Graduando em Agronomia. Faculdades Integradas da América do Sul (INTEGRA), Caldas Novas, Goiás
E-mail: guilhermepimentalopesdasilva5@gmail.com

Felipe Corrêa Veloso dos Santos

Professor. Curso de Agronomia. Faculdades Integradas da América do Sul (INTEGRA), Caldas Novas, Goiás
Professor. Escola Politécnica e de Artes. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás
E-mail: felipevcvsantos@hotmail.com / felipesantos@pucgoias.edu.br

Resumo

Este estudo analisa a variabilidade espaço-temporal da precipitação na região Sul do estado de Goiás, com base em séries históricas de dados pluviométricos referentes ao período de 1994 a 2024. Foram utilizados dados observacionais provenientes da plataforma CLIMABR/UFV para os municípios de Campo Alegre de Goiás, Goianésia, Marzagão e Três Ranchos, representativos do bioma Cerrado. A metodologia consistiu em estatística descritiva multiescalar (diária, mensal e anual), análise da sazonalidade e avaliação da variabilidade interanual da precipitação. Para a detecção de tendências temporais, aplicaram-se testes estatísticos não paramétricos, considerando a natureza não normal das séries pluviométricas. Os resultados evidenciam forte sazonalidade climática, com concentração das chuvas entre outubro e março, elevada variabilidade diária e interanual e ocorrência de anos excepcionalmente secos e chuvosos, sem a identificação de tendências lineares estatisticamente significativas nos totais anuais de precipitação. A análise comparativa entre os municípios revela heterogeneidade espacial associada a fatores fisiográficos e à dinâmica atmosférica regional. Conclui-se que, embora os totais anuais de precipitação permaneçam relativamente estáveis ao longo do período analisado, a variabilidade intra-anual e a ocorrência de eventos extremos constituem aspectos centrais do regime pluviométrico regional, com implicações relevantes para o planejamento hídrico e ambiental no Sul Goiano.

Palavras-chave: Cerrado; Precipitação; Séries temporais; Sul de Goiás; Variabilidade climática.



Abstract

This study analyzes the spatial and temporal variability of precipitation in the southern region of Goiás State, Brazil, based on historical rainfall series covering the period from 1994 to 2024. Observational data were obtained from the CLIMABR/UFV platform for the municipalities of Campo Alegre de Goiás, Goianésia, Marzagão, and Três Ranchos, representative of the Cerrado biome. The methodological approach combined multiscale descriptive statistics (daily, monthly, and annual), seasonality analysis, and assessment of interannual rainfall variability. Temporal trends were investigated using non-parametric statistical tests, given the non-normal distribution commonly observed in rainfall series. The results revealed a marked seasonal pattern, with rainfall concentrated between October and March, high daily and interannual variability, and the occurrence of exceptionally dry and wet years. No statistically significant linear trends were detected in annual precipitation totals throughout the study period. Comparative analysis among municipalities indicated spatial heterogeneity associated with physiographic characteristics and regional atmospheric dynamics. It is concluded that, although annual precipitation totals have remained relatively stable over the last three decades, intra-annual variability and the occurrence of extreme events remain fundamental features of the regional rainfall regime, with important implications for water resources management, agricultural planning, and environmental management in southern Goiás.

Keywords: Cerrado biome; Precipitation trends; Rainfall variability; Seasonality; Water resources management.

1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica constitui uma das variáveis climáticas mais relevantes para a compreensão das dinâmicas ambientais, hidrológicas e produtivas, especialmente em regiões de clima tropical sazonal. Sua variabilidade temporal e espacial influencia diretamente a disponibilidade de recursos hídricos, o planejamento agrícola, a recarga de aquíferos, a ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos e o funcionamento dos ecossistemas naturais. No contexto brasileiro, marcado por elevada diversidade climática e ambiental, o estudo sistemático da precipitação assume papel central na análise das interações entre clima, território e atividades socioeconômicas (Nimer, 1989; Wilks, 2006).

O bioma Cerrado, que ocupa aproximadamente 23% do território nacional, apresenta regime pluviométrico caracterizado por forte sazonalidade, com concentração das chuvas durante o verão austral e um período seco bem definido no inverno. Essa alternância sazonal condiciona processos ecológicos, hidrológicos e produtivos, tornando a região particularmente sensível à variabilidade climática intra e interanual. No Brasil Central, a distribuição das chuvas é controlada principalmente pela atuação do Sistema de Monção da América do Sul, da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e de sistemas



convectivos de mesoescala, que modulam a intensidade, a duração e a organização espacial da precipitação (Carvalho *et al.*, 2004; Liebmann *et al.*, 2007; Reboita *et al.*, 2010).

Estudos climatológicos realizados no Cerrado e em outras regiões tropicais do Brasil indicam que, embora os totais anuais de precipitação tendam a apresentar relativa estabilidade ao longo de séries históricas, a variabilidade interanual é elevada, com alternância recorrente entre anos secos e chuvosos. Além disso, a precipitação diária caracteriza-se por distribuição assimétrica, com predominância de eventos de baixa intensidade intercalados por episódios extremos, responsáveis por parcela significativa do volume total anual. Esse comportamento limita a representatividade de análises baseadas exclusivamente em valores médios, reforçando a necessidade de abordagens estatísticas que considerem a variabilidade e os extremos climáticos (Sansigolo, 2008; Salviano *et al.*, 2016; Penereiro; Meschiatti, 2018).

No estado de Goiás, a precipitação desempenha papel estratégico para o desenvolvimento regional, sobretudo em áreas fortemente dependentes da agropecuária e da gestão eficiente dos recursos hídricos. Pesquisas indicam que, apesar da relativa homogeneidade climática em escala estadual, existem diferenças espaciais significativas no regime pluviométrico, associadas a fatores fisiográficos como altitude, relevo, posição geográfica e influência de corpos hídricos (Costa *et al.*, 2012; Neves, 2019). Entretanto, ainda são escassos os estudos que analisam de forma sistemática a variabilidade espaço-temporal da precipitação em escala municipal, especialmente na porção Sul do estado de Goiás, com base em séries históricas longas e métodos estatísticos adequados.

Nesse contexto, a análise de séries pluviométricas observacionais constitui ferramenta fundamental para a caracterização do regime climático regional e para a avaliação da variabilidade natural da precipitação. O uso de estatística descritiva multiescalar, aliado à aplicação de testes estatísticos não paramétricos, como Mann-Kendall, inclinação de Sen e Pettitt, permite identificar padrões sazonais, flutuações interanuais e possíveis mudanças no comportamento das séries temporais, sem a necessidade de pressupostos de normalidade, frequentemente não atendidos em dados climáticos (Sen, 1968; Pettitt, 1979; Salviano *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2022).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica na região Sul do estado de Goiás, no período de 1994 a 2024, a partir de séries históricas de dados observacionais. Especificamente, busca-se caracterizar o regime pluviométrico em diferentes escalas temporais (diária, mensal e anual), avaliar a sazonalidade e a variabilidade interanual da precipitação, detectar a existência de tendências temporais por meio de testes estatísticos não paramétricos e comparar o comportamento pluviométrico entre municípios representativos da região. Ao fornecer uma análise integrada do regime de chuvas no Sul Goiano, o estudo pretende contribuir para o entendimento da dinâmica climática regional e subsidiar ações de planejamento hídrico, ambiental e territorial.



2 MATERIAIS E METODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende os municípios de Campo Alegre de Goiás, Goianésia, Marzagão e Três Ranchos, localizados na porção Sul do estado de Goiás, inseridos no bioma Cerrado. A região apresenta clima tropical sazonal do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado por estação chuvosa concentrada entre os meses de outubro e março e estação seca bem definida entre maio e setembro (Nimer, 1989; Reboita *et al.*, 2010).

A variabilidade pluviométrica regional está associada principalmente à atuação do Sistema de Monção da América do Sul e à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), além da influência de sistemas convectivos de mesoescala, que modulam a distribuição temporal das chuvas no Brasil Central (Carvalho *et al.*, 2004; Liebmann *et al.*, 2007).

2.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Foram utilizados dados observacionais de precipitação provenientes da plataforma CLIMABR, desenvolvida pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), que integra registros de estações pluviométricas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (Alves *et al.*, 2021; UFV, 2022; ANA, 2023). As séries históricas analisadas abrangem o período de 1º de janeiro de 1994 a 31 de dezembro de 2024.

Os dados correspondem à precipitação diária registrada em estações representativas de cada município. A partir da escala diária, foram obtidas séries agregadas mensais e anuais, procedimento amplamente adotado em estudos climatológicos para avaliação da variabilidade e da sazonalidade da precipitação (Wilks, 2006; Penereiro; Meschiatti, 2018).

O tratamento inicial dos dados incluiu verificação de consistência, identificação de registros duplicados e avaliação da continuidade temporal das séries. Séries com lacunas extensas foram analisadas quanto à sua viabilidade estatística, adotando-se critérios recomendados na literatura climatológica para análises de tendência em séries de longo prazo (Salviano *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2022).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A caracterização do regime pluviométrico foi realizada por meio de estatística descritiva aplicada às séries diária, mensal e anual de precipitação. Foram calculadas medidas de tendência central (média e mediana), medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) e estatísticas baseadas em quantis (quartis), com o objetivo de avaliar a variabilidade temporal e a assimetria das distribuições (Wilks, 2006).

A análise da sazonalidade foi conduzida por meio da construção da climatologia mensal da precipitação, considerando a média histórica de cada mês, bem como pela utilização de boxplots da



precipitação diária agrupada por mês. Essa abordagem permite identificar contrastes sazonais na variabilidade e na ocorrência de eventos extremos, sendo amplamente empregada em estudos climatológicos no Brasil (Nimer, 1989; Neves, 2019).

A variabilidade temporal da precipitação foi analisada em diferentes escalas. Na escala diária, foram examinadas as distribuições de frequência considerando apenas dias com ocorrência de chuva, procedimento recomendado para avaliar a assimetria e a concentração de eventos de baixa e alta intensidade em climas tropicais (Sansigolo, 2008; Wilks, 2006).

Na escala mensal, foram analisadas séries temporais com o objetivo de identificar padrões sazonais e irregularidades intra-anuais, enquanto na escala anual foram avaliados os totais acumulados anuais, permitindo identificar anos excepcionalmente secos ou chuvosos e a amplitude da variabilidade interanual (Penereiro; Meschiatti, 2018; Campos; Chaves, 2020).

A variabilidade espacial foi investigada por meio da comparação dos resultados obtidos para os diferentes municípios, possibilitando identificar padrões regionais e contrastes associados a fatores fisiográficos e à dinâmica atmosférica regional (Costa *et al.*, 2012; Neves *et al.*, 2024).

Deteção de tendências nas séries pluviométricas foi realizada por meio de testes estatísticos não paramétricos, amplamente utilizados em estudos hidrometeorológicos por não exigirem pressupostos de normalidade e por apresentarem robustez frente à presença de valores extremos (Hamilton, 1994; Wilks, 2006).

Inicialmente, aplicou-se o teste de Mann-Kendall, com o objetivo de verificar a existência de tendências monotônicas (crescentes ou decrescentes) nas séries de precipitação anual. Esse teste avalia a hipótese nula de ausência de tendência ao longo do tempo e é amplamente recomendado para séries climáticas e hidrológicas (Mann, 1945; Kendall, 1975; Salviano *et al.*, 2016).

Para quantificar a magnitude da tendência identificada, foi estimada a inclinação de Sen, que fornece uma medida robusta da taxa de variação temporal da precipitação, expressa em milímetros por ano. O estimador de Sen é pouco sensível a valores extremos e é amplamente empregado em análises climatológicas de longo prazo (Sen, 1968; Lopes; Silva, 2013).

Adicionalmente, foi aplicado o teste de Pettitt, com o objetivo de identificar possíveis pontos de mudança (rupturas) na série temporal, indicando alterações abruptas no regime pluviométrico ao longo do período analisado. Esse teste é especialmente útil para detectar mudanças associadas a reorganizações climáticas ou a alterações estruturais nas séries observacionais (Pettitt, 1979; Penereiro; Meschiatti, 2018). Todos os testes estatísticos foram realizados considerando nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), conforme prática consolidada na literatura climatológica.

As análises estatísticas foram realizadas no ambiente R, utilizando pacotes específicos para análise de tendências em séries temporais climáticas, como Kendall, trend e zyp, amplamente empregados em



estudos de climatologia e hidrologia (Salviano *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2022). A organização preliminar dos dados e a elaboração de gráficos exploratórios foram realizadas com apoio de planilhas eletrônicas e rotinas computacionais complementares.

3 RESULTADOS

A estatística descritiva da precipitação anual para os municípios de Campo Alegre de Goiás, Goianésia, Marzagão e Três Ranchos evidencia elevada variabilidade interanual ao longo do período de 1994 a 2024 (Tabela 01). Os valores médios anuais situam-se em torno de patamares compatíveis com a climatologia do Cerrado, enquanto os desvios-padrão e coeficientes de variação indicam flutuações expressivas de um ano para outro.

Tabela 01. Estatística descritiva da precipitação anual (mm) nos municípios do Sul de Goiás (1994–2024)

Município	Média	Mediana	Desvio padrão	CV (%)	Mínimo	Máximo
Campo Alegre	1679,9	1686,4	193,1	11,5	1332,9	2140,2
Goianésia	1475,2	1446,4	198,6	13,5	1023,6	1917,0
Marzagão	1437,8	1446,7	219,9	15,3	950,1	1997,6
Três Ranchos	1243,7	1244,2	199,9	16,1	806,9	1573,6

Nota: CV = coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pelos Autores (2026).

Em todos os municípios, observa-se proximidade entre os valores de média e mediana anuais (Tabela 01), sugerindo distribuição aproximadamente simétrica da precipitação na escala anual. No entanto, a amplitude entre os valores mínimos e máximos anuais é elevada, refletindo a ocorrência de anos excepcionalmente secos e chuvosos. Esse comportamento confirma que, embora o regime médio anual permaneça relativamente estável, a variabilidade interanual constitui característica marcante do regime pluviométrico regional.

A análise da precipitação diária considerando apenas os dias chuvosos revela distribuições fortemente assimétricas em todos os municípios analisados (Tabela 02). Em todas as séries, os valores médios diários são sistematicamente superiores às medianas, evidenciando assimetria positiva e indicando que poucos eventos de alta intensidade exercem influência significativa sobre o valor médio da precipitação diária.



Tabela 02. Estatística descritiva da precipitação diária considerando apenas dias chuvosos (mm)

Município	Média	Mediana	Q1	Q3	Máximo
Campo Alegre	10,9	5,5	0,9	14,9	148
Goianésia	13,8	8,8	3,6	18,4	129
Marzagão	13,3	9	3,3	18,8	198
Três Ranchos	14,4	9,6	3,8	19,6	135

Fonte: Elaborada pelos Autores (2026).

Os valores reduzidos do primeiro quartil (Q1), associados a valores elevados de precipitação máxima diária (Tabela 02), indicam predominância de eventos de baixa intensidade intercalados por episódios extremos raros, porém intensos. Esse padrão reforça que grande parte do volume total de precipitação é acumulada em um número relativamente pequeno de dias chuvosos, característica típica de climas tropicais convectivos.

A análise da variabilidade intra-anual, por meio da climatologia mensal da precipitação, confirma a existência de sazonalidade bem definida em todos os municípios (Tabela 03). Observa-se concentração dos maiores volumes médios mensais entre outubro e março, período correspondente à estação chuvosa, enquanto os meses de maio a setembro apresentam médias mensais reduzidas, frequentemente próximas de zero. Esse contraste sazonal evidencia a alternância entre períodos úmidos e secos característica do clima tropical sazonal do Sul Goiano.

Tabela 03. Precipitação média mensal (mm) nos municípios do Sul de Goiás (1994 –2024)

Mês	Campo Alegre	Goianésia	Marzagão	Três Ranchos
Jan	179,2	266,5	261,2	208,5
Fev	207,5	190,9	197,4	168,2
Mar	138,9	205,9	202,3	169,6
Abr	99,8	101,4	98,4	64,3
Mai	135,6	21,3	34,4	24,9
Jun	135	6,4	9,9	10,1
Jul	132,6	4,8	3,6	7,4
Ago	94,7	6,7	15,3	8,8
Set	137,3	39,4	47,1	43,2
Out	137,8	146,7	134,8	111,8
Nov	111,5	214,8	180,4	177,9
Dez	169,9	270,3	253,1	249,0

Fonte: Elaborada pelos Autores (2026).

A comparação entre os municípios evidencia heterogeneidade espacial no regime pluviométrico, tanto em termos de totais médios anuais quanto na amplitude da variabilidade interanual (Tabela 01). Embora todos os municípios estejam submetidos aos mesmos sistemas atmosféricos de grande escala,



observam-se diferenças nos valores mínimos, máximos e coeficientes de variação anuais, indicando influência de fatores locais, como posição geográfica, altitude e características fisiográficas.

Essas diferenças espaciais reforçam que a variabilidade da precipitação no Sul de Goiás não é homogênea, mesmo em escalas regionais relativamente pequenas, e devem ser consideradas em análises hidrológicas e no planejamento ambiental e agrícola.

Os resultados do teste não paramétrico de Mann-Kendall aplicado às séries de precipitação anual não indicaram a presença de tendências monotônicas estatisticamente significativas em nenhum dos municípios analisados, considerando nível de significância de 5% (Tabela 04). Os valores de p-valor superiores a 0,05 indicam que não se rejeita a hipótese nula de ausência de tendência temporal nas séries anuais.

Tabela 04. Resultados do teste de Mann-Kendall e inclinação de Sen para precipitação anual

Município	Estatística Z	p-valor	Tendência	Inclinação de Sen (mm/ano)
Campo Alegre	0,61	0,541	Não sig.	3
Goianésia	0,71	0,475	Não sig.	3,7
Marzagão	-0,20	0,838	Não sig.	-1,6
Três Ranchos	1,29	0,196	Não sig.	5,6

Nota: nível de significância $\alpha = 0,05$. Fonte: Elaborada pelos Autores (2026).

As inclinações estimadas pelo método de Sen apresentaram valores reduzidos, tanto positivos quanto negativos, com magnitudes inferiores a poucos milímetros por ano (Tabela 04). Esses resultados sugerem que eventuais variações ao longo do período analisado são pequenas quando comparadas à variabilidade interanual observada, reforçando a interpretação de estabilidade do regime médio anual de precipitação.

A aplicação do teste de Pettitt às séries anuais de precipitação não identificou rupturas estatisticamente significativas em nenhum dos municípios analisados (Tabela 05). A ausência de pontos de mudança sugere que não ocorreram alterações abruptas no regime pluviométrico regional ao longo do período de 1994 a 2024.



Tabela 05. Resultados do teste de Pettitt para precipitação anual

Município	Ano da possível ruptura	Estatística K	p-valor	Interpretação
Campo Alegre	—	82	0,373	Não detectada
Goianésia	—	106	0,134	Não detectada
Marzagão	—	68	0,59	Não detectada
Três Ranchos	—	92	0,258	Não detectada

Fonte: Elaborada pelos Autores (2026).

Esse resultado indica que as flutuações observadas nas séries anuais decorrem predominantemente da variabilidade climática natural, associada à alternância de anos secos e chuvosos, e não de mudanças estruturais persistentes no comportamento da precipitação.

De forma integrada, os resultados apresentados nas Tabelas 01 a 05 demonstram que o regime pluviométrico do Sul de Goiás caracteriza-se por forte sazonalidade, elevada variabilidade intra- e interanual e distribuição assimétrica da precipitação na escala diária. Apesar da ocorrência recorrente de anos extremos, não foram identificadas tendências monotônicas ou rupturas estruturais estatisticamente significativas nos totais anuais de precipitação ao longo das últimas três décadas.

Esses achados indicam que a variabilidade natural domina o comportamento pluviométrico regional no período analisado, com implicações relevantes para a compreensão dos riscos hidrometeorológicos e para o planejamento do uso dos recursos hídricos no Sul Goiano.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a região Sul de Goiás evidenciam um regime pluviométrico caracterizado por forte sazonalidade, elevada variabilidade intra e interanual e distribuição assimétrica da precipitação na escala diária, características amplamente reconhecidas na climatologia do bioma Cerrado e do Brasil Central (Nimer, 1989; Reboita *et al.*, 2010). A concentração das chuvas entre os meses de outubro e março, associada a um período seco bem definido durante o inverno austral, reflete a atuação do Sistema de Monção da América do Sul e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), conforme descrito por Carvalho *et al.* (2004) e Liebmann *et al.* (2007).

A análise da precipitação diária revelou distribuições fortemente assimétricas, com predominância de eventos de baixa intensidade e ocorrência esporádica de episódios extremos, responsáveis por parcela significativa do total acumulado. Esse padrão é típico de climas tropicais convectivos e foi observado em diferentes regiões do Cerrado e do Centro-Oeste brasileiro (Sansigolo, 2008; Neves, 2019). A diferença sistemática entre média e mediana diária observada nas séries analisadas confirma que poucos eventos intensos exercem influência desproporcional sobre as estatísticas médias, o que reforça a inadequação do



uso exclusivo de médias como descritor do regime pluviométrico diário, conforme destacado por Wilks (2006).

Na escala mensal, a climatologia da precipitação evidencia contraste sazonal pronunciado, com maiores valores médios e maior variabilidade nos meses da estação chuvosa, e valores próximos de zero durante a estação seca. Resultados semelhantes foram reportados por Costa *et al.* (2012) para o estado de Goiás e o Distrito Federal, bem como por Neves *et al.* (2024), que destacam que a variabilidade intra-anual da precipitação no Cerrado está fortemente associada à organização intermitente de sistemas convectivos e à persistência variável da ZCAS. A elevada dispersão mensal observada nos meses chuvosos indica que, mesmo durante a estação úmida, a precipitação ocorre de forma irregular e concentrada em poucos episódios, reforçando a importância de análises que considerem não apenas médias, mas também a variabilidade e os extremos.

A análise da variabilidade interanual mostrou a ocorrência de anos excepcionalmente secos e chuvosos em todos os municípios analisados, com amplitudes anuais comparáveis às observadas em estudos regionais no Centro-Oeste brasileiro (Campos; Chaves, 2020; Penereiro; Meschiatti, 2018). Apesar dessa variabilidade expressiva, os testes estatísticos não paramétricos aplicados não indicaram tendências monotônicas estatisticamente significativas nos totais anuais de precipitação ao longo do período de 1994 a 2024. Esse resultado está em consonância com diversos estudos que apontam ausência de tendências robustas na precipitação anual em grande parte do Brasil, especialmente quando analisadas séries locais ou regionais (Salviano *et al.*, 2016; Penereiro; Meschiatti, 2018).

A ausência de tendências significativas detectadas pelo teste de Mann-Kendall, associada a inclinações de Sen próximas de zero, sugere que a variabilidade natural interanual domina o comportamento da precipitação na região, superando eventuais sinais de mudança gradual no regime médio. Esse padrão também foi observado por Campos e Chaves (2020) no bioma Cerrado, que destacam que flutuações associadas a fenômenos de grande escala, como o El Niño–Oscilação Sul (ENOS), podem gerar alternância entre anos secos e úmidos sem necessariamente produzir tendências lineares persistentes nos totais anuais.

Os resultados do teste de Pettitt indicaram ausência de rupturas estatisticamente significativas na maioria das séries analisadas, sugerindo que não ocorreram mudanças abruptas no regime pluviométrico regional durante o período estudado. Esse achado reforça a interpretação de que o comportamento da precipitação no Sul de Goiás permanece estruturalmente estável em termos de médias anuais, embora sujeito a elevada variabilidade interanual e à ocorrência de extremos, conforme discutido por Salviano *et al.* (2016) e Neves *et al.* (2024).

A comparação entre os municípios analisados evidencia heterogeneidade espacial no regime pluviométrico, com diferenças nos totais médios e na amplitude da variabilidade interanual, possivelmente associadas a fatores fisiográficos, como altitude, posição geográfica e influência de corpos hídricos, além



da dinâmica atmosférica regional. Resultados semelhantes foram observados por Costa *et al.* (2012) ao analisar a espacialização da precipitação em Goiás, destacando que variações locais podem ocorrer mesmo em regiões submetidas aos mesmos sistemas atmosféricos de grande escala.

Do ponto de vista aplicado, os resultados indicam que, embora os totais anuais de precipitação permaneçam relativamente estáveis, a elevada variabilidade intra-anual e a ocorrência de eventos extremos representam desafios relevantes para o planejamento agrícola, a gestão de recursos hídricos e a mitigação de riscos hidrometeorológicos. Estudos recentes ressaltam que impactos climáticos tendem a se manifestar mais intensamente por meio de alterações na frequência e intensidade dos extremos do que por mudanças nos valores médios anuais, especialmente em regiões tropicais (Marengo *et al.*, 2018; Neves *et al.*, 2024).

Assim, os resultados obtidos para o Sul Goiano inserem-se em um contexto mais amplo da climatologia do Cerrado, caracterizado por regime pluviométrico sazonal, elevada variabilidade multiescalar e ausência de tendências lineares robustas nos totais anuais. Essa condição reforça a necessidade de abordagens analíticas que priorizem a variabilidade e os extremos climáticos, complementando análises baseadas apenas em médias, de modo a subsidiar estratégias de adaptação e planejamento territorial mais eficazes.

5 CONCLUSÃO

A precipitação no Sul Goiano apresenta comportamento marcado por elevada variabilidade temporal e espacial, constituindo uma característica inerente ao regime climático regional. A compreensão dessa dinâmica requer abordagens que considerem simultaneamente padrões sazonais, variabilidade interanual e distribuição espacial das chuvas.

A variabilidade natural permanece como o principal elemento estruturador do regime pluviométrico da região, evidenciando a importância de séries históricas extensas para a caracterização climática e para a redução de incertezas em estudos hidrológicos, agrícolas e ambientais. A utilização de métodos estatísticos não paramétricos mostrou-se adequada para a avaliação da estabilidade temporal de séries pluviométricas em ambientes de elevada heterogeneidade climática.

A heterogeneidade espacial observada entre os municípios confirma que fatores locais exercem influência relevante sobre a dinâmica das precipitações, mesmo sob a atuação de sistemas atmosféricos regionais comuns. Dessa forma, o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, bem como as estratégias de adaptação e mitigação de riscos hidrometeorológicos, devem considerar as particularidades climáticas locais e a natureza variável do regime pluviométrico do Sul de Goiás.



REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Hidroweb está disponível para usuários**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>, Acesso em: 15 jul. 2026.
- ALVES, R. C. M.; FERREIRA, W. P. M.; REIS, E. F. **CLIMABR**: plataforma integrada para análise e visualização de dados climáticos e agroclimáticos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2021. Disponível em: <https://www.climabr.ufv.br/>. Acesso em: 25 out. 2025.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C.; LJUNG, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2015.
- CAMPOS, J. O.; CHAVES, H. M. L. Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período 1977-2010. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 157-169, 2020. DOI: 10.1590/0102-7786351019. Acesso em: 21 jul. 2026.
- CARVALHO, L. M. V. et al. The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, Boston, v. 17, n. 1, p. 88–108, 2004.
- COSTA, H. C.; MARCUZZO, F. F. N.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R. Espacialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica do estado de Goiás e do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 1, p. 87–100, 2012.
- HAMILTON, J. D. **Time series analysis**. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil: 1991–2020**. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 24 fev. 2026.
- KENDALL, M. G. **Rank correlation methods**. 4. ed. London: Griffin, 1975.
- LIEBMANN, B. et al. Onset and end of the rainy season in South America. **Journal of Climate**, Boston, v. 20, n. 10, p. 2037–2050, 2007.
- LOPES, J. R. F.; SILVA, D. F. Aplicação do teste de Mann-Kendall para análise de tendência pluviométrica no estado do Ceará. **Revista de Geografia**, Recife, v. 30, n. 3, p. 126–139, 2013.
- MARENGO, J. A. et al. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**, Lausanne, v. 6, p. 1–21, 2018.
- MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, New York, v. 13, n. 3, p. 245–259, 1945.
- NEVES, G. Z. F. A chuva no estado de Goiás e no Distrito Federal: aspectos espaciais, temporais e dinâmicos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 25, p. 1–23, 2019.
- NEVES, G. Z. F. et al. Índices de extremos climáticos e tendências de precipitação no estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 34, n. 20, p. 730–755, 2024.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.



PENEREIRO, J. C.; MESCHIATTI, M. C. Tendências em séries anuais de precipitação e temperaturas no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 319–331, 2018.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Applied Statistics**, London, v. 28, n. 2, p. 126–135, 1979.

REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 185–204, 2010.

SALVIANO, M. F.; GROPPPO, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 64–73, 2016.

SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária em Piracicaba, SP (1917–2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 341–346, 2008.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, Washington, v. 63, n. 324, p. 1379–1389, 1968.

SILVA, L. P. et al. Métodos estatísticos para detectar tendências em dados climáticos históricos: revisão bibliográfica. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 39, p. 1–21, 2022.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. 3. ed. Amsterdam: Academic Press, 2006.