Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

VARIABILIDADE CLIMÁTICA, EXTREMOS E TENDÊNCIAS NO MUNICÍPIO DE RIO GRANDE DA SERRA, ABC PAULISTA - SP

Climate variability, extremes and trends in the municipality of Rio Grande da Serra, ABC Paulista - SP

Variabilidad climática, extremos y tendencias en el municipio de Rio Grande da Serra, ABC Paulista – SP

Isaac Wenderson
Universidade Federal do ABC (UFABC)
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
isaac.wenderson@ufabc.edu.br

María Cleofé Valverde
Universidade Federal do ABC (UFABC)
Centro de Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
maria.brambila@ufabc.edu.br

Resumo: As mudanças climáticas vêm impondo desafios significativos à gestão ambiental urbana, sobretudo em municípios com infraestrutura deficiente e limitada disponibilidade de dados climáticos. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a climatologia local do município de Rio Grande da Serra – SP, identificando suas variabilidades, extremos e tendências. Para tal, utilizaram-se dados climáticos estimados de 1961 a 2023, provenientes do *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR- DWGD) e de testes estatísticos, como o de Mann-Kendall e a estimativa de Sen, utilizados para analisar cinco variáveis atmosféricas: precipitação, evapotranspiração, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar. Os resultados revelam uma sazonalidade bem definida, com verões quentes e úmidos e invernos secos e frios. Observou-se uma redução da precipitação e da umidade relativa, acompanhada de uma elevação contínua das temperaturas e da evapotranspiração, especialmente a partir da década de 2000. As análises também identificaram anos extremos que coincidiram com a ocorrência de anos de eventos de *El Niño* e *La Niña.* As tendências estatisticamente significativas incluem aumento das temperaturas (até +0,05 °C/ano) e evapotranspiração (+1,9 mm/ano), além da redução da umidade relativa do ar (-0,11%/ano). Conclui-se que o município apresenta sinais consistentes de aquecimento local e crescente instabilidade climática, exigindo a instalação urgente de estações meteorológicas para análises mais detalhadas *in loco* e para a formulação de políticas públicas adaptativas. Os dados obtidos são fundamentais para subsidiar o

planejamento urbano sustentável e ações de mitigação diante das mudanças climáticas no contexto regional do ABC Paulista.
Palavras-chave: Climatologia. Análises estatísticas. Mann-Kendall. Percentis. Urbano.

Abstract: Climate change has been imposing significant challenges to urban environmental management, especially in municipalities with deficient infrastructure and limited availability of climate data. Therefore, the present study aims to characterize the local climatology of Rio Grande da Serra – SP, identifying its variability, extremes, and trends. To this end, estimated climate data from 1961 to 2023, provided by the Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD), were analyzed using statistical tools such as the Mann-Kendall test and Sen's slope estimator, to assess five atmospheric variables: precipitation, evapotranspiration, maximum and minimum temperatures, and relative humidity. The results reveal a well-defined seasonality, with hot and humid summers and dry, cold winters. A reduction in precipitation and relative humidity was observed, accompanied by a continuous increase in temperatures and evapotranspiration, especially since the 2000s. The analyses also identified extreme years that coincided with the occurrence of El Niño and La Niña events. Statistically significant trends include increases in temperature (up to +0.05 °C/year) and evapotranspiration (+1.9 mm/year), along with a decrease in relative humidity (-0.11%/year). These results indicate that the municipality exhibits consistent signs of local warming and increasing climatic instability, requiring the urgent installation of meteorological stations for more refined analyses and the formulation of adaptive public policies. The data obtained are essential to support sustainable urban planning and mitigation actions in the face of climate change in the regional context of the ABC Paulista.
Keywords: Climatology. Statistical analysis. Mann-Kendall. Percentiles. Urban.

Resumen: El cambio climático impone desafíos significativos a la gestión ambiental urbana, especialmente en municipios con deficiente infraestructura y disponibilidad limitada de datos climáticos. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la climatología local del municipio de Rio Grande da Serra – SP, identificando sus variabilidades, extremos y tendencias. Para ello, se utilizaron datos climáticos estimados de 1961 a 2023, provenientes del *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD), junto con herramientas estadísticas como la prueba de Mann-Kendall y la estimación de la pendiente de Sen, para analizar cinco variables atmosféricas: precipitación, evapotranspiración, temperaturas máxima y mínima, y humedad relativa del aire. Los resultados revelan una estacionalidad bien definida, con veranos cálidos y húmedos, e inviernos secos y fríos. Se observó una reducción de la precipitación y de la humedad relativa, acompañada por un aumento continuo de las temperaturas y de la evapotranspiración, especialmente a partir de la década del 2000. Los análisis también identificaron años extremos que ocurrieron em años del fenómeno El Niño y La Niña. Las tendencias estadísticamente significativas incluyen el aumento de las temperaturas (hasta +0,05 °C/año) y de la evapotranspiración (+1,9 mm/año), además de la disminución de la humedad relativa del aire (-0,11%/año). Se concluye que el municipio muestra señales consistentes de calentamiento local e inestabilidad climática creciente, lo que exige la instalación urgente de estaciones meteorológicas para análisis más precisos y la formulación de políticas públicas adaptativas. Los datos obtenidos son fundamentales para subsidiar la planificación urbana sostenible y acciones de mitigación frente al cambio climático en el contexto regional del ABC Paulista.

Palabras clave: Climatología. Análisis estadísticos. Mann-Kendall. Percentiles. Urbano.

Submetido em: 01/07/2025
Aceito para publicação em: 24/01/2026
Publicado em: 24/07/2026

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm investigado a vulnerabilidade de municípios e regiões diante da variabilidade climática, evidenciando que as cidades mais pobres - caracterizadas pelo planejamento urbano inadequado e por profundas desigualdades socioeconômicas - são as mais afetadas por esses fenômenos (RIBEIRO, 2008; LINDOSO, EIRÓ e ROCHA, 2013; VALVERDE, 2017; COSTA e OLIVEIRA, 2019; KUROKI *et al*., 2022).

Por sua vez, a variabilidade climática compreende as oscilações naturais do sistema climático terrestre em diferentes escalas espaciais e temporais. Essas variações refletem a própria dinâmica interna do clima terrestre, que pode resultar em alterações significativas nos regimes de temperatura e precipitação, as quais podem ou não ser intensificadas pelas atividades humanas. Em contrapartida, as mudanças climáticas são identificadas por alterações persistentes, de longo prazo, nas propriedades da atmosfera global, sendo desencadeadas tanto por processos internos e externos, quanto por mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra (IPCC, 2021).

Apesar de amplamente discutido, ainda é limitado, em muitos municípios brasileiros, o conhecimento sobre os impactos das variabilidades e mudanças do clima, seja por falta de dados climáticos e ambientais *in loco*, pela ausência de estímulos por parte da gestão pública, de interesse político, de recursos humanos, ou de coleta e sistematização de dados úteis para construção de modelos que representem a realidade ou até mesmo a falta de engajamento da sociedade civil (FONTANA et al., 2021; GRANDO, 2024).

A região do Grande ABC Paulista assume um posto essencial para o estado de São Paulo, formando um grande centro industrial e de serviços entre seus sete municípios, que, com uma população densa e numerosa, passou a ser reconhecida como uma das mais populosas do Estado, fornecendo uma grande força de trabalho e mercado consumidor para a capital e regiões circunvizinhas (YAMAUCHI e TOURINHO, 2021; JACOBI *et al*., 2022).

Rio Grande da Serra (RGS) é um município ainda em desenvolvimento, conhecida como a cidade mais jovem da região do ABC Paulista, estando todo seu território inserido em área de proteção e recuperação de mananciais. As principais atividades econômicas são pequenos comércios locais, serviços gerais e agricultura familiar, vivenciando atualmente diversos

impasses ambientais, em razão de a ocupação urbana ter ocorrido de forma desordenada, com construções e loteamentos irregulares (SCARPIONI, 2017).

Ao longo das últimas décadas, as mudanças do clima têm se manifestado por meio do aumento das temperaturas, da alteração dos regimes de chuva e da maior frequência de eventos extremos, como secas prolongadas, ondas de calor e precipitações intensas, sobretudo na Região do Grande ABC onde RGS se insere (VALVERDE e PAIVA JUNIOR, 2018; VALVERDE et al., 2023), cujos fenômenos têm imposto desafios crescentes à gestão ambiental e à infraestrutura urbana, ao desencadear uma série de prejuízos sociais, econômicos e ecossistêmicos, tornando-se urgente o investimento em estudos locais e a ampliação de pesquisas regionais que permitam compreender as tendências e vulnerabilidades climáticas, subsidiando políticas públicas eficazes de adaptação e mitigação.

A precariedade no funcionamento dos serviços essenciais associada aos baixos investimentos orçamentários, tem feito com que a população de RGS esteja cada vez mais vulnerável aos impactos negativos que os extremos climáticos têm provocado na região, cujo maior agravante é o fato de esses acontecimentos não serem devidamente mensurados, notificados e divulgados à comunidade científica, para que viabilize a reflexão, o debate e a construção de planos preventivos e/ou de mitigação destes impactos.

Alguns pesquisadores, por exemplo, mencionam dificuldades para obtenção de dados no município, como documentado por Ferreira (2011), que, interessado em analisar os indicadores municipais de sustentabilidade ambiental no Grande ABC, mencionou que não conseguiu nenhum representante da cidade, sob a justificativa de haver poucas informações a agregar à sua pesquisa; Favaro (2012), pontuou a falta de informações por parte da própria Prefeitura Municipal e de suas secretarias, ao coletar dados que sustentassem seu estudo de pagamentos por serviços ambientais como contribuinte para a saúde ambiental no contexto das mudanças climáticas. Também, Cardoso e Valverde (2018) e Valverde, Cardoso e Brambila (2018) pela ausência de estações meteorológicas na cidade, com registro de séries diárias longas e atualizadas, não incluíram RGS na análise climática do ABC Paulista, uma vez que a ausência de dados observados dificulta o estudo do clima e as suas vulnerabilidades aos eventos extremos neste município.

Admite-se que as investigações quanto a variabilidade climática, dos extremos e tendências em pequenos municípios são fundamentais para suprir determinadas lacunas de conhecimento que dificultam a formulação de políticas públicas eficazes. Apesar do contexto de preservação ambiental, estes municípios ainda estão suscetíveis a eventos extremos que afetam diretamente a saúde, a agricultura e os recursos hídricos locais (CARDOSO, VALVERDE e BRAMBILA, 2018). A ausência de dados reforça a necessidade de estudos que integrem dados regionais para caracterizar o comportamento climático e subsidiar ações de adaptação e planejamento territorial mais precisas e contextualizadas.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo investigar e documentar o comportamento de variáveis climáticas, bem como identificar seus extremos e tendências para o município de Rio Grande da Serra – SP.

2. METODOLOGIA

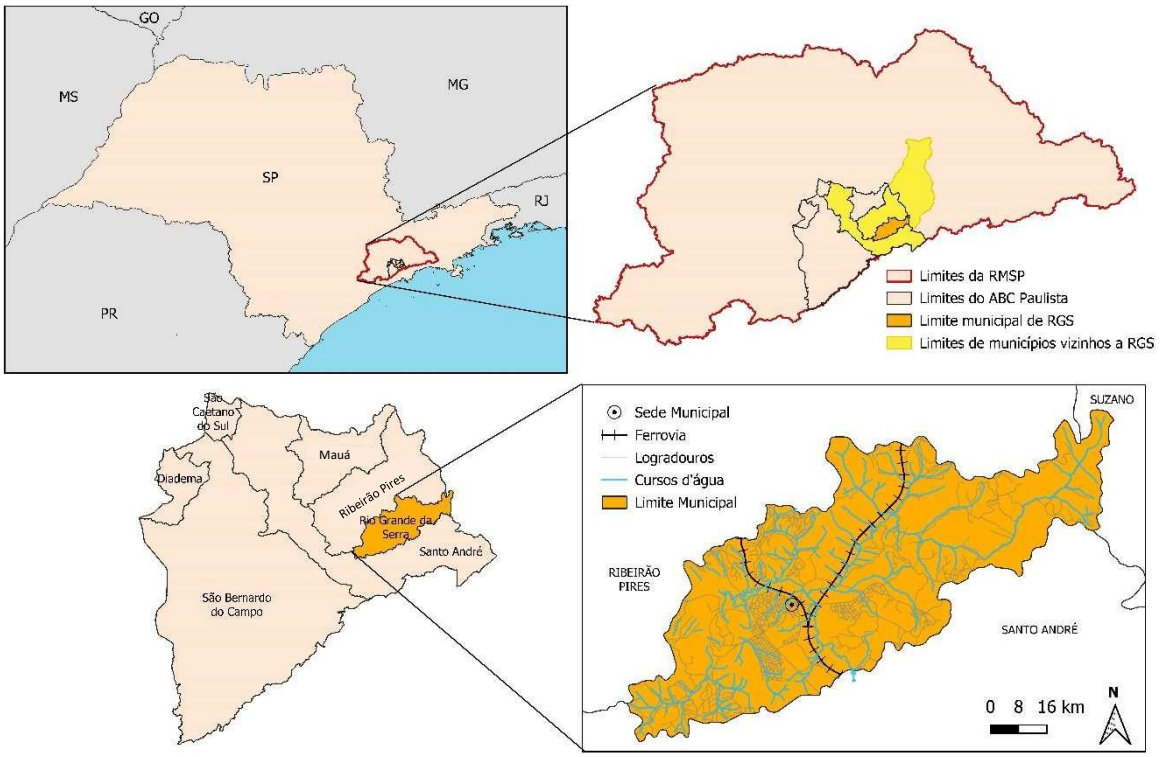
2.1. Área de estudo

O município de Rio Grande da Serra (RGS) é uma das sete cidades que compõem a região do Grande ABC Paulista, localizada ao sudeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), fazendo divisa com os municípios de Ribeirão Pires (norte/oeste), Santo André (sul/sudeste) e Suzano (leste) (Figura 1).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o município possui cerca de 44.170 habitantes, em uma área de 36,341 Km^2, e aproximadamente 8.100 pessoas expostas a riscos, que se distribuem pelos 59 bairros existentes em seu território. Apresenta uma topografia bastante irregular e acidentada, com altitudes que variam de 748 – 978 m, uma vegetação heterogênea, composta por florestas úmidas tropicais e capoeira em sua grande concentração, estando totalmente inserido em área de proteção e recuperação de mananciais, protegida pela Lei Estadual de nº 13.579/2009 (SCARPIONI, 2016), além da proximidade com o Parque Estadual da Serra do Mar, que se insere no Bioma Mata Atlântica, que também é protegido pela Lei Federal nº 11.428/2006 (SCARPIONI e NORONHA, 2013). Com corpos hídricos que se espalham por quase todos os bairros da cidade, a hidrografia do município se resume a Bacia do Rio Jurubatuba (Rio

Grande), que origina o nome da cidade, com seus afluentes, que formam o “braço Rio Grande da Represa Billings” (FAVARO, 2012).

Figura 1 – Localização e acesso ao município de RGS, ABC Paulista, RMSP, São Paulo.



Fonte: Autores, 2025.

2.2. Levantamento e tratamento dos dados climáticos

Utilizou-se o conjunto de dados para precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima, evapotranspiração e umidade relativa do ar, para o município de Rio Grande da Serra – SP, provenientes do *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR- DWGD), para o período de 1961 – 2023. Essa base de dados foi utilizada, devido à ausência de estações meteorológicas no município. A base de dados do BR-DWGD apresenta dados meteorológicos diários e mensais em formato de grade, com resolução espacial de 0,1º x 0,1º (11,1 km). Esses dados são gerados a partir de dados observados de estações meteorológicas e pluviométricas espalhadas pelo Brasil, incluindo registros de temperatura e precipitação de diversas fontes, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e outras redes meteorológicas regionais, e utiliza seis métodos distintos de interpolação espacial, que permite estimar variáveis atmosféricas em locais sem cobertura de observação, preenchendo lacunas na cobertura dos

dados (XAVIER *et al*., 2022). Outro ponto interessante é o fato dos dados passarem por correções e verificações de qualidade, que é muito válido para um país com tamanha diversidade climática como o Brasil, sendo amplamente utilizado em estudos climáticos (ANDRADE *et al*., 2022; TOMASELLA *et al*., 2023; SANTOS, JUSTINO e RODRIGUES, 2024).

2.3. Métodos de análises climatológicas

A partir do levantamento dos dados climáticos obtidos para o município de RGS, realizou-se uma análise climatológica das cinco variáveis atmosféricas investigadas, transformando os dados diários extraídos do BR-DWGD para a escala mensal, identificando a climatologia de cada uma, a partir de suas médias mensais, no período de 1961-2023.

Para a precipitação e evapotranspiração, realizou-se a soma dos valores de todos os dias correspondentes de cada mês de cada ano respectivo, enquanto as variáveis de temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar, calculou-se a média dos valores diários, conforme os mesmos períodos correspondentes.

Para identificar a variabilidade e dispersão das médias mensais climatológicas, calculou-se o Coeficiente de Variação (CV) mês a mês de cada variável investigada no município, tratando-se de uma medida estatística que indica a variabilidade relativa de um conjunto de dados em relação à sua média. Sendo expresso em porcentagem, ele serve para comparar a dispersão de diferentes conjuntos de dados, mesmo com magnitudes distintas (WILKS, 2006). A partir destas porcentagens, utilizou-se a classificação proposta por Pimentel-Gomes e Garcia (2002), que direcionam suas interpretações: CV baixo: ≤ 10%; CV médio: entre 10% e 20%; CV alto: entre 20% e 30%; e CV muito alto: ≥ 30%.

Com base nos 63 anos de análise obtidos por meio da base BR-DWGD, dividiu-se a série em dois períodos: de 1961-1990 e 1991-2020, consistindo nas normais climatológicas conforme as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2017). Sendo assim, calculou-se a média mensal dos valores correspondentes ao intervalo destes dois períodos estabelecidos, ilustrando graficamente os mesmos, para assim identificar possíveis mudanças na normal climatológica (1961-1990) em relação à climatologia mais recente (1991-2020), das variáveis atmosféricas na área de estudo.

Para a análise interanual, foram calculadas as médias anuais a partir dos 12 meses de cada ano das variáveis: temperaturas máxima, mínima e umidade relativa do ar. Para a evapotranspiração, realizou-se a somatória dos 12 meses para cada ano do total da série.

De acordo com o glossário do IPCC (2021), para evidenciar casos extremos para excesso e déficit de uma variável atmosférica, podem ser utilizados os percentis 90th e 10th (P90 e P10), respectivamente. Os percentis consistem em um dos tipos de separatrizes que dividem o conjunto de dados em cem partes iguais, sendo útil para estabelecer quantidades de itens menores que certo referencial, que possibilita a análise da assimetria da distribuição dos dados (WILKS, 2006). Dessa forma, foram calculados os percentis na escala anual da evapotranspiração, temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar para todo o período de dados disponível (1961 – 2023).

Para caracterizar condições de seca ou excesso de chuvas, utilizou-se o Índice de Precipitação Padronizado (do inglês, *Standardized Precipitation Index,* SPI) que é uma técnica muito utilizada para identificar extremos de precipitação, adotado pioneiramente por OLIVEIRA *et al*. (2022) para a região do ABC Paulista, além deste índice estar bem difundido entre órgãos internacionais de monitoramento climático (WMO, 2012).

Desenvolvido por McKee (1993), o SPI é calculado a partir da normalização da precipitação acumulada, ajustando-se os dados históricos a uma distribuição gama. Como ela é indefinida para valores de precipitação zero, aplica-se uma correção por meio da Fórmula 1, em que: q é a proporção de meses com precipitação zero; e G(x) é a função de distribuição gama acumulada ajustada à série.

$$H(x) = q + (1 - q)\, G(x) \qquad (1)$$

O H(x) que corresponde a probabilidade acumulativa corrigida é então transformado em uma variável normal padrão (Z_i), utilizando a função inversa da distribuição normal, resultando no valor do SPI. Quando a distribuição da precipitação é aproximadamente normal, este índice pode ser simplificado pela Fórmula 2, em que: P_i é a precipitação acumulada no período; P_m é a precipitação média do período em questão, calculada sobre a série histórica; σ_i é o desvio padrão da série na escala de tempo analisada (BLAIN, 2005).

$$SPI = Z_i = \frac{P_i - P_m}{\sigma_i} \qquad (2)$$

Com base no exposto, a partir dos dados de precipitação acumulada extraídos do BR-DWGD, calculou-se o SPI anual para o período de 1961-2023, classificando seus achados de acordo com os oito intervalos adotados por Oliveira *et al*. (2022), expressos na Tabela 1, representando graficamente os resultados.

Tabela 1 – Classificação dos valores do SPI anual de acordo com a sua magnitude.

SPI	CATEGORIAS
2 ou mais	Extremamente úmido
1,5 a 1,99	Severamente úmido
1,0 a 1,49	Moderadamente úmido
0 a 0,99	Levemente úmido
-0,99 a -1,0	Levemente seco
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99	Severamente seco
-2,0 ou menos	Extremamente seco

Fonte: Oliveira *et al*. (2022).

Tendo a variabilidade interanual das cinco variáveis, calculou-se as tendências e a sua significância estatística através do Teste de Mann-Kendall e Sen que é um teste não paramétrico para identificar a tendência e no método de Sen para identificar a magnitude da tendência, sendo um teste normalmente usados para avaliar tendências de séries temporais de dados ambientais com bastante eficiência (MANN, 1945; LOPES e SILVA, 2013).

O teste de Mann-Kendall (S) é calculado conforme descrito na Fórmula 3:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(X_j - X_i) \qquad (3)$$

Onde:

- n é o número de observações na série temporal;
- X_i e X_j são os valores da série temporal nas posições i e j;
- $sgn\ (X_i - X_j)$ é a função sinal, que é:
    - +1, se $X_i > X_j$
    - 0, se $X_i = X_j$
    - -1, se $X_i < X_j$

O método não paramétrico de Sen serve para estimar a verdadeira inclinação de uma tendência existente em séries temporais. Ele é frequentemente usado em conjunto com o teste de Mann-Kendall para medir a magnitude da tendência identificada (SALMI et al., 2002). Para obtê-la, primeiro calculamos as inclinações de todos os pares de valores de dados (Fórmula 4):

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k}, \qquad (4)$$

Onde:

- X_k e X_j são os valores da série temporal nas posições j e k.
- $j - k$ é a diferença entre as posições temporais.

Em seguida, todos os valores de *Qi* são ordenados em ordem crescente. A mediana dessas inclinações é adotada como a inclinação de Sen (*Q*), a qual expressa a magnitude da tendência central da série. A determinação da mediana depende do número total *N* de inclinações. Quando *N* é ímpar, a mediana é obtida diretamente pelo valor central da série ordenada (Fórmula 5). Por outro lado, quando N é par, a mediana é calculada pela média aritmética dos dois valores centrais (Fórmula 6).

$$Q = Q_{(N+1)/2} \qquad (5)$$

$$Q = \frac{Q_{N/2} + Q_{(N/2)+1}}{2} \qquad (6)$$

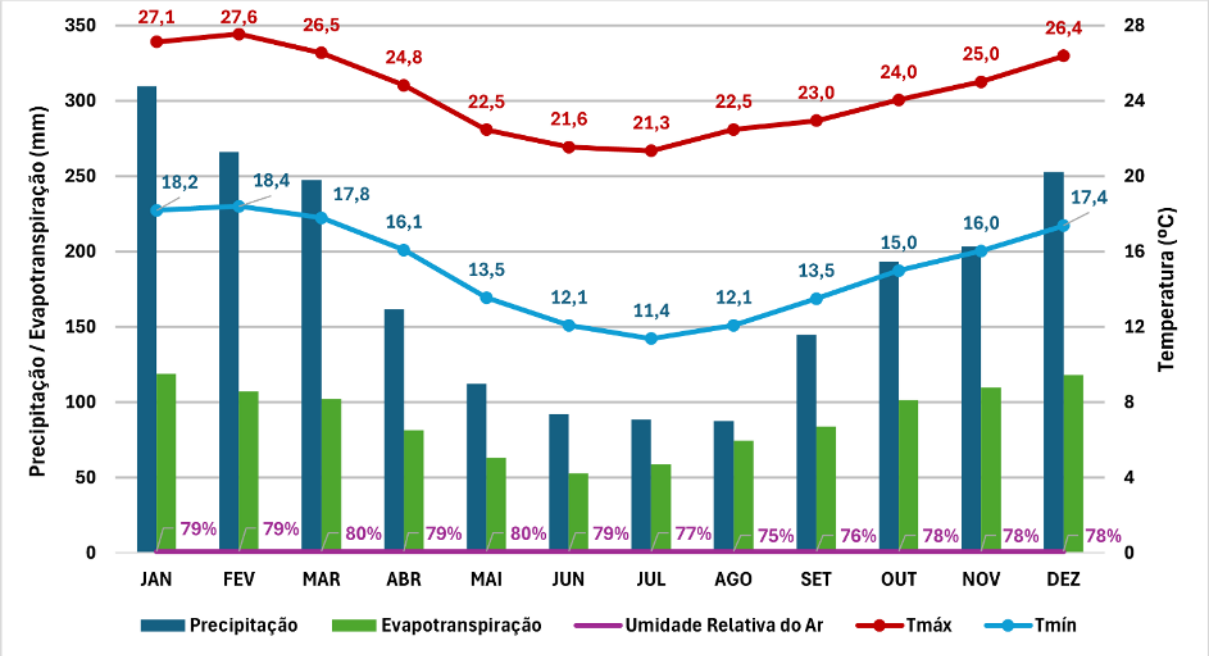
Nesse trabalho utilizou-se a ferramenta MAKESENS em Excel, que se resume em quatro planilhas: ***About***, que fornece informações gerais; ***Annual data***, onde se insere os dados das séries temporais; ***Trend Statistics***, onde se apresenta os resultados; e ***Figure***, onde os dados originais e as estatísticas podem ser visualizados numericamente e visualmente. Nesta ferramenta, o Test Z (estatística normal padronizada) indica a direção da tendência na série temporal, que pode indicar aumento (valores positivos) ou redução (valores negativos) das variáveis. A magnitude dessa tendência é estimada pelo coeficiente *Q*, obtido pelo método de Sen, que expressa a taxa de variação da série, apresentando a intensidade com que as variáveis crescem ou decrescem ao longo do tempo (SALMI *et al*., 2002).

Maiores especificações acerca das formulações do teste de Mann-Kendall, Sen e o uso da ferramenta MAKESENS podem ser consultadas em Wilks (2006) e Salmi *et al*. (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados do BR-DWGD, apresenta-se a climatologia mensal das variáveis de precipitação, temperaturas máxima e mínima, evapotranspiração e umidade relativa do ar, do município de Rio Grande da Serra, no período de 1961 a 2023 (Figura 2).

Figura 2 – Climatologia mensal da precipitação, temperatura, evapotranspiração e umidade no município de Rio Grande da S de 1961 – 2023.



Fonte: Autores, com base nos dados BR-DWGD (2025).

Analisando os valores médios mensais para o município, percebeu-se uma sazonalidade bem definida, com identificação dos períodos mais quentes, que também são os mais chuvosos (novembro a março), e dos mais frios e menos chuvosos (abril a setembro). Destaca-se o mês de janeiro como o mais chuvoso (309,8 mm) e agosto como o menos chuvoso (87,6 mm). Os valores de precipitação mantiveram-se acima dos de evapotranspiração em todos os meses do ano, variando de 52,9 mm em junho a 118,9 mm em janeiro. As temperaturas máximas (Tmax) variaram de 21,3ºC a 27,6ºC e as mínimas (Tmin) de 11,4ºC a 18,4ºC, sendo fevereiro o mês mais quente e julho o mês mais frio do ano. Para a umidade relativa do ar, os valores ficaram entre 75% (agosto) e 80% (mar e mai) (Figura 2).

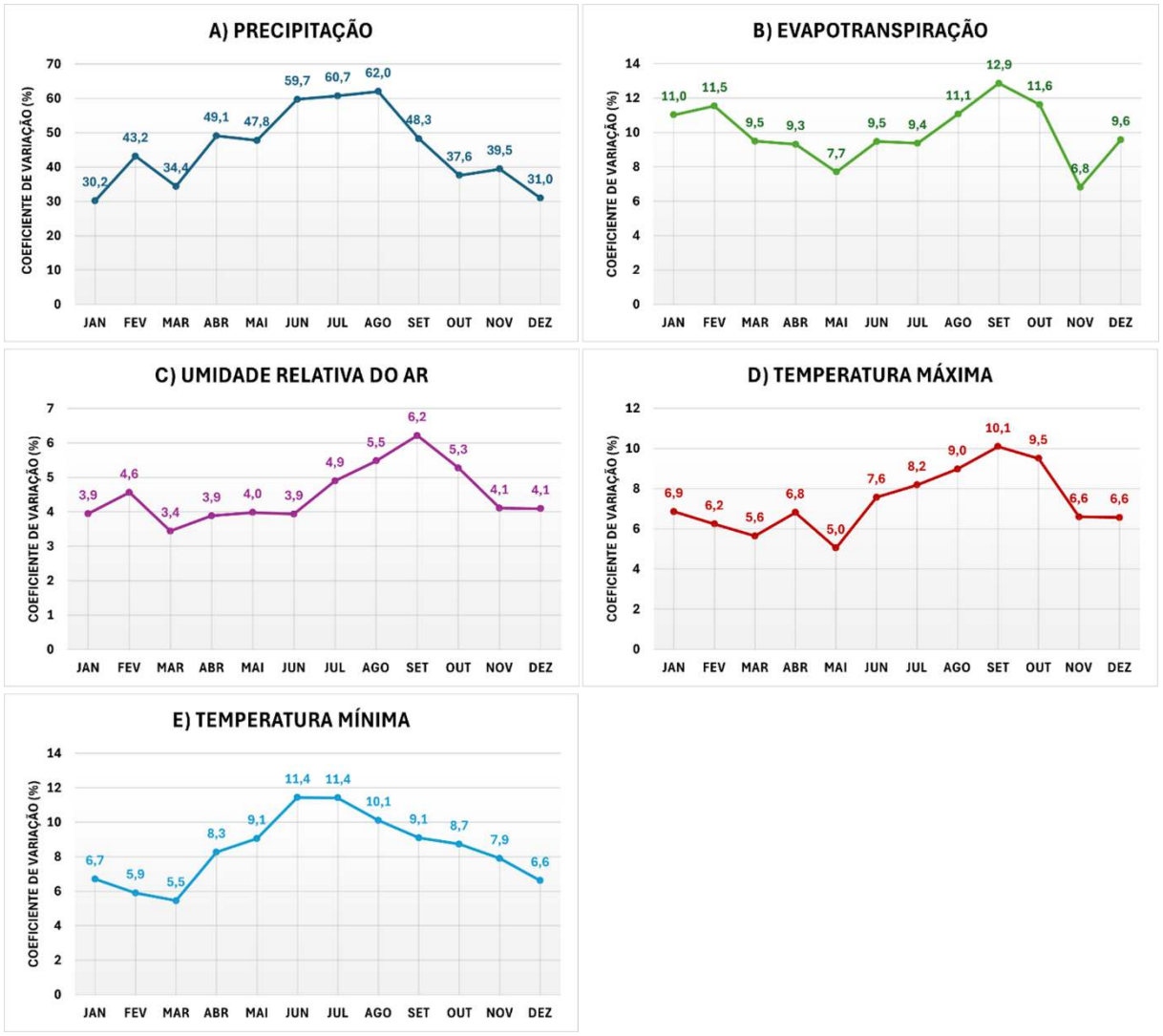
O estudo de Valverde *et al*. (2023) analisou a climatologia utilizando dados observados nos municípios do ABC Paulista, e para a temperatura encontrou temperaturas máximas e

mínimas ligeiramente superiores nos municípios vizinhos como Mauá e Ribeirão Pires quando comparado com os encontrados neste estudo para RGS. Isto era de se esperar, uma vez que RGS apresenta uma menor urbanização com presença de áreas de preservação ambiental. Além disso, a elevada umidade relativa do ar em RGS ao longo do ano está associada à extensa vegetação, corpos d'água e ao Reservatório Billings, que favorecem a evapotranspiração e formação de nuvens. Quanto à precipitação, embora os períodos de análise dos estudos sejam distintos, ambos os estudos apontam RGS como o município mais chuvoso do ABC Paulista, especialmente no verão, refletindo suas características físicas e ambientais diferenciadas.

Tendo o relevo um papel importante para definição desta dinâmica climática no município, Oliveira (2017) constata em seu estudo que o relevo predominante na cidade de RGS é de morros baixos (55,7%), seguido de morrotes baixos (18,6%). Essa área de localização, a 700-800m em relação ao nível do mar (litoral), assume diferenças de altitude que influenciam nas temperaturas, fazendo com que a cidade tenha um clima mais ameno. A proximidade da cidade com a Serra do Mar, também é outro fator associado, haja vista que a cadeia montanhosa da serra oferece uma grande barreira natural contra o fluxo de massas de ar provenientes do litoral, o que resulta nas chuvas orográficas, justamente por essa elevação do ar devido ao relevo, podendo justificar o aumento da precipitação especialmente nos meses de verão, quando o ar quente e úmido vindo do oceano é mais frequente (BLANCO e MASSAMBANI, 2000).

Observando os coeficientes de variação (Figura 3), notamos que a precipitação foi a única das variáveis que apresentou alta variabilidade dos dados para todos os meses do ano (CV > 30%), o que significa que a quantidade de chuva assume alta variabilidade em relação à média histórica para o período de 1961 a 2023. Essa alta variabilidade é mais perceptível nos meses mais frios do ano (outono e inverno), porque a precipitação tende a ser menor e menos frequente, sendo muitas vezes dependente da passagem de frentes frias ou sistemas de baixa pressão (ciclones), que não ocorrem regularmente, além da possibilidade de passar por variações geradas por fenômenos atmosféricos na escala interanual, como o El Niño e La Niña, que alteram os padrões de chuva, tornando os invernos excepcionalmente úmidos ou secos, o que pode ser uma das causas do alto valor do CV nesses meses (ALMEIDA, 2016; FERREIRA e CAVALCANTI, 2022).

Figura 3 – Coeficientes de variação da precipitação, evapotranspiração, temperatura e umidade relativa do ar de Rio Grande da Serra de 1961 – 2023.



Fonte: Autores, com base nos dados BR-DWGD (2025).

Apesar das demais variáveis terem apresentado baixa variabilidade ao longo do ano (Figura 3), notamos que os maiores valores de CV foram registrados no mês de setembro para evapotranspiração (CV = 12,9%), umidade relativa do ar (CV = 6,2%) e temperatura máxima (10,1%), o que pode ser atribuído a uma combinação de fatores climatológicos característicos do período de transição entre o inverno e a primavera, como a atuação de frentes frias que passam a ocorrer com maior frequência causando variações bruscas na temperatura, umidade e evapotranspiração. Com a proximidade do equinócio de primavera existe maior incidência solar, elevando as temperaturas e intensificando a evapotranspiração neste período, embora a cobertura de nuvens possa variar influenciando essa taxa de forma irregular (AMBRIZZI,

JACOBI e DUTRA, 2015).

Comparando as normais climatológicas (1961-1990 e 1991-2020) de todas as cinco variáveis meteorológicas investigadas no município (Figura 4), percebeu-se uma redução no valor médio mensal da variável de precipitação para a climatologia atual (Figura 4 – A) sendo essa redução mais evidente nos meses de abril (52,1 mm), agosto (37,5 mm) e dezembro (30 mm), com exceção do mês de março que evidenciou um pequeno aumento (16,8 mm).

Para outros municípios do ABC Paulista, tais diminuições nos valores de precipitação entre períodos climatológicos para quase todos os meses do ano também foram observados no estudo de Valverde, Cardoso e Brambila (2018), divergindo apenas quanto ao mês de aumento, que ao invés de janeiro, este estudo aponta um aumento da variável para o mês de março. Embora estes autores tenham adotado períodos comparativos diferentes a este estudo (1968 – 1998 e 1999 – 2014), os mesmos já observavam diferenças.

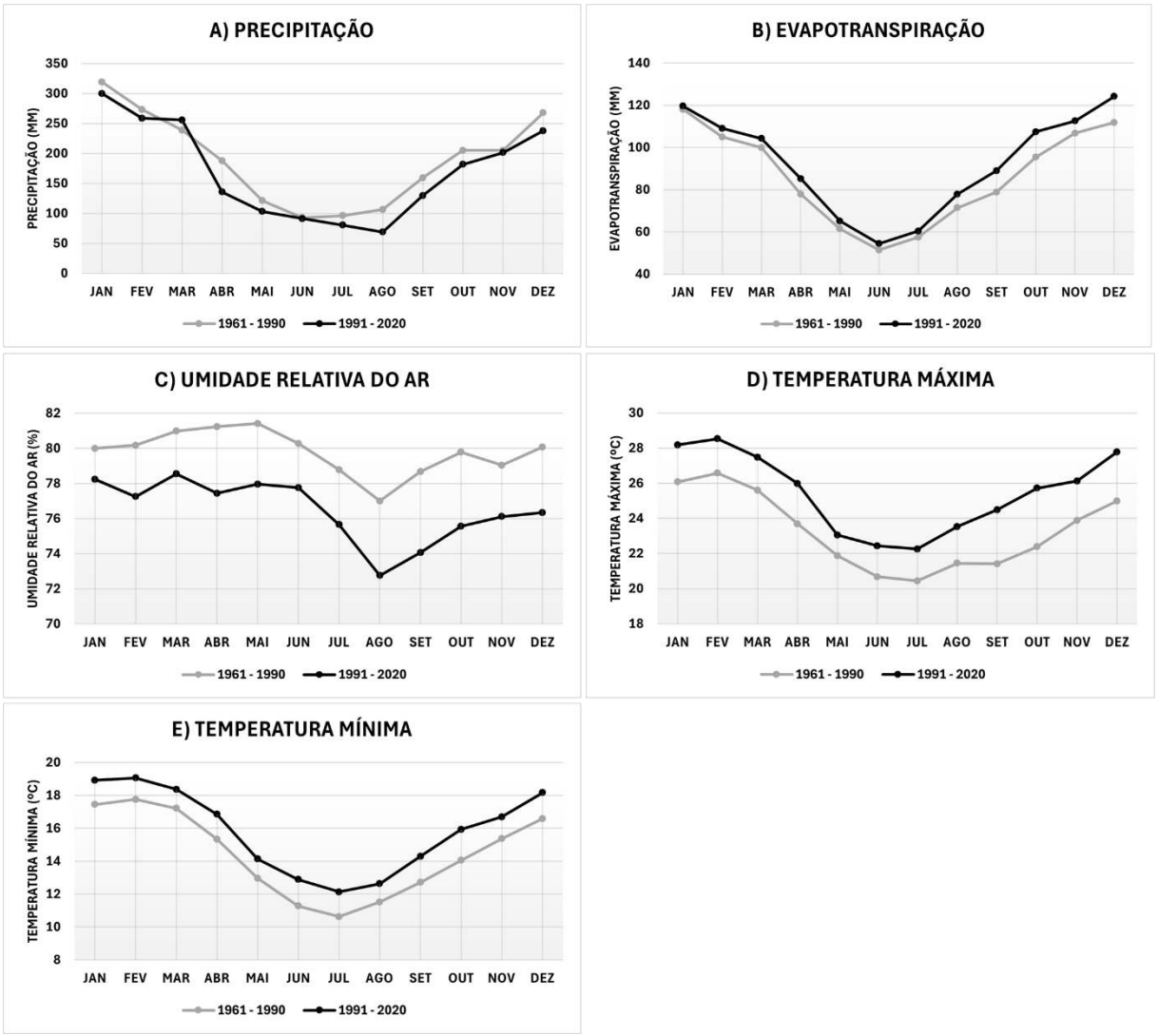
Quanto a evapotranspiração (Figura 4 - B), nota-se um aumento para todos os meses do ano para o período climatológico 1991-2020, com destaque para os meses de outubro e dezembro, que registraram 12,0 mm e 12,3 mm, de diferença, quando comparado com a climatologia de 1961-1990.

Analisando a umidade relativa do ar entre os dois períodos, percebeu-se uma redução da variável para todos os meses do ano, embora estes valores não sejam tão expressivos, onde essas reduções estão entre 2% (janeiro e março) e 5% (setembro) (Figura 4 - C).

Como esperado, as temperaturas máximas demonstraram aumento para todos os meses do ano, com destaque para os meses de outubro (aumento de 3,3ºC), setembro (3,1ºC), dezembro (2,8ºC), abril (2,3ºC) e novembro (2,2ºC), que nos leva a evidência de que, levando em consideração essa base de dados, todas as estações do ano estão se tornando mais quentes na área de estudo (Figura 4 - D).

No tocante as temperaturas mínimas, a mesma lógica de elevação foi observada para o período de 1991 – 2020 em relação à 1961 – 1990, embora nenhum mês tenha registrado uma diferença acima dos 2ºC, outubro foi o mês que registrou o maior aumento médio da variável (1,9ºC), enquanto março e agosto registraram aumento de 1,1ºC, tendo os outros meses ficado entre este intervalo (Figura 4 - E).

Figura 4 – Normais climatológicas das variáveis meteorológicas para Rio Grande da Serra para os períodos 1961-1990 e 1991-2020.



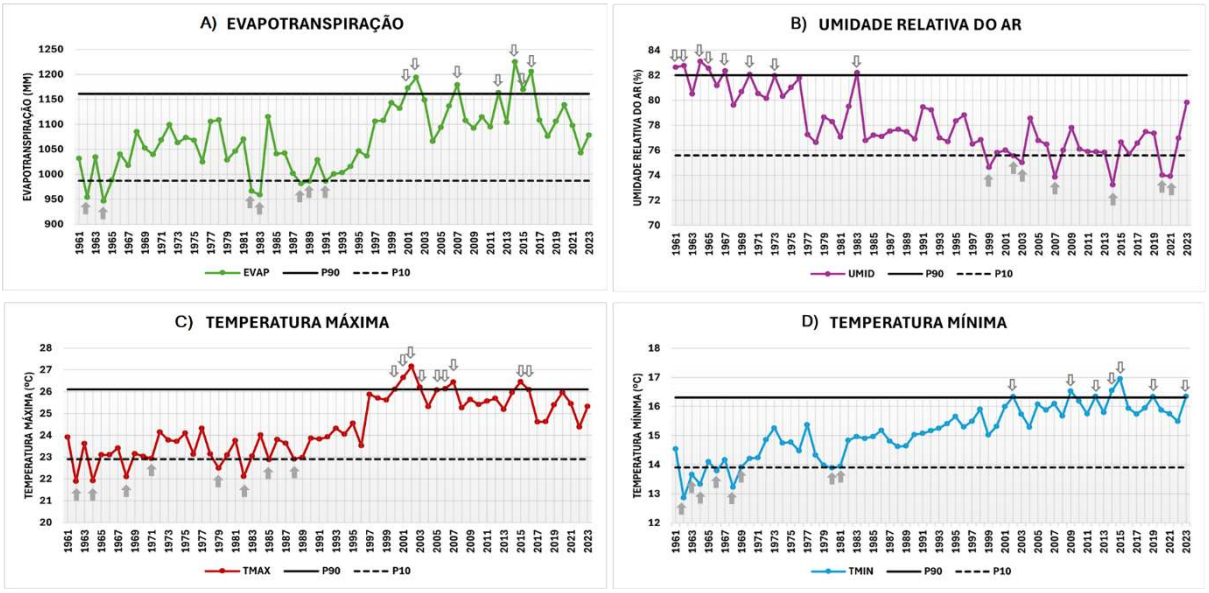
Fonte: Autores, com base nos dados BR-DWGD (2025).

Mesmo com áreas verdes significativas, esta diminuição na umidade relativa do ar em RGS frente ao aumento das temperaturas e evapotranspiração é uma consequência de uma complexa combinação de fatores, envolvendo mudanças nos padrões de precipitação, urbanização e alterações na cobertura vegetal do solo que tem a capacidade de influenciar o microclima local. Embora haja limitações nos registros históricos de precipitação para o município, estudos indicam que na região do ABC Paulista houve predomínio de condições úmidas na primeira década dos anos 2000, enquanto a segunda década apresentou mais eventos de seca (OLIVEIRA *et al*., 2022). Somado a isso, a impermeabilização do solo reduziu a infiltração de água, aumentando o escoamento superficial e diminuindo a umidade

disponível para a atmosfera, que com o avanço da expansão urbana da região, contribuiu-se para a formação de ilhas de calor, elevando as temperaturas locais e afetando os níveis de umidade (VALVERDE e PAIVA JUNIOR, 2018).

Analisando a variabilidade interanual das variáveis investigadas (Figura 5), observamos padrões distintos ao longo do período de 1961 a 2023 em RGS. A evapotranspiração (Figura 5 - A) apresentou tendência crescente, associada ao aumento das temperaturas e ao avanço da urbanização, contribuindo para maior déficit hídrico. A umidade relativa do ar (Figura 5 - B) evidenciou uma leve redução ao longo do tempo, com valores mais baixos sendo registrados com maior frequência após os anos 2000. Já as temperaturas máximas (Figura 5 - C) e mínimas (Figura 5 - D) apresentaram aumento progressivo, com vários anos recentes superando o P90, o que indica uma tendência de aquecimento consistente, relacionada às mudanças no uso do solo e ao efeito das ilhas de calor urbanas (VALVERDE e PAIVA JUNIOR, 2018). Esses padrões evidenciam uma crescente instabilidade e intensificação de extremos climáticos na região.

Figura 5 – Variabilidade interanual e extremos das variáveis atmosféricas em Rio Grande da Serra de 1961 – 2023.



Fonte: Autores, com base nos dados BR-DWGD (2025).

Para as variáveis de temperaturas, evapotranspiração e umidade relativa se analisaram os extremos na escala anual utilizando o P90 e P10 como explicado na metodologia. A Figura 5 apresenta as séries temporais das variáveis, para todo o período analisado (1961 – 2023), possibilitando observar a variabilidade interanual, bem como a identificação dos anos

considerados extremos para cada uma.

Para evapotranspiração (Figura 5 – A) contabilizou-se sete anos extremos para excesso (acima de P90 = 1161 mm/ano), observados principalmente após 2001, 2012 e 2014, anos em que percebemos temperaturas mais elevadas na região, favorecendo maior evapotranspiração; e sete anos para déficit (abaixo de P10 = 987 mm/ano), como observados em 1964, 1982 e 1991, períodos que coincidem com temperaturas mais amenas e maior disponibilidade hídrica, reduzindo a demanda evaporativa.

Quanto a umidade relativa do ar (Figura 5 – B) oito anos foram considerados extremos (P90 ≥ 86%), ocorrendo até os anos 1983, refletindo um ambiente mais úmido, ao passo que sete anos foram considerados extremos para déficit da variável (P10 ≤ 76%), notados a partir dos anos 2000, especialmente em 2014, ano de seca intensa na região e aumento das temperaturas, reduzindo a capacidade da atmosfera de reter umidade.

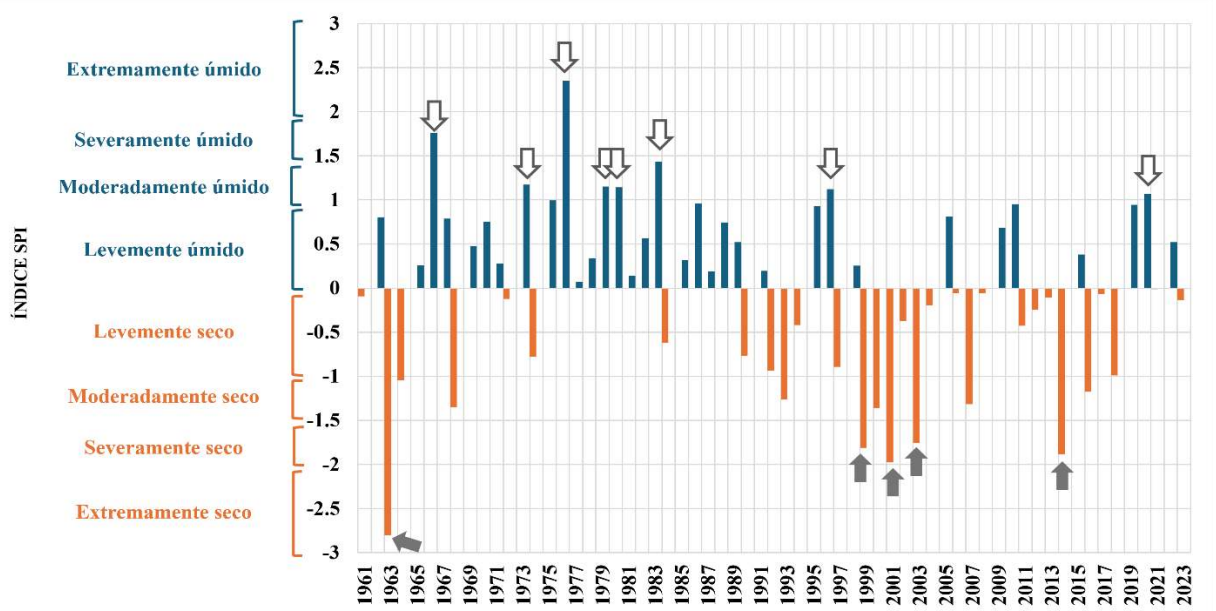
Observando as temperaturas máximas (Figura 5 – C), nota-se nove anos considerados extremos para excesso (P90 ≥ 26,1ºC), evidentes após os anos 2000, com destaque para os anos de 2002, 2007 e 2015. Esses anos também foram reconhecidos como o El Niño moderados e forte (NULL, 2025), além de ter sido identificadas ondas de calor prolongadas (MARQUES, 2022), sendo que 2015 foi um dos anos em que mais se teve ondas de calor no estado de São Paulo (VALVERDE e ROSA, 2023). Por outro lado, oito anos foram considerados frios até 1988 (P10 ≤ 22,9ºC), sendo que alguns desses anos correspondem a eventos de La Niña fraca, como 1968 e 1971 por exemplo, cujo fenômeno normalmente favorece temperaturas mais frias na região (CPTEC, 2024).

Por fim, observando as temperaturas mínimas (Figura 5 – D), percebe-se sete anos extremos para excesso (P90 ≥ 16,3ºC), presentes a partir de 1990, com destaque para 2014 e 2015, evidenciando um aquecimento contínuo, redução da amplitude térmica e noites mais quentes (MARQUES, 2022); e oito anos extremos para déficit (P10 ≤ 13,9ºC).

A Figura 6 apresenta a série temporal dos valores anuais do SPI para o município de Rio Grande da Serra durante os anos de 1961 – 2023, onde observa-se que o ano de 1963 foi o único considerado extremamente seco (SPI = -2.8). Já os anos 1999, 2001, 2003 e 2014 foram considerados severamente secos, sendo este último caracterizado por reduções drásticas no volume de água dos principais reservatórios que abastecem a RMSP (CALADO et al., 2019), incluindo o reservatório do Rio Grande no ABC Paulista (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Em

contrapartida, o ano de 1976 foi o único considerado extremamente úmido (SPI = 2.3), em seguida observamos o ano de 1966 que se apresentou severamente úmido (SPI = 1.7), ao passo que 1973, 1979, 1980, 1983, 1996 e 2020 foram considerados moderadamente úmidos.

Figura 6 – Série temporal dos valores anuais do SPI para RGS durante 1961 – 2023.



Fonte: Autores, com base nos dados BR-DWGD (2025).

Apesar de não haver uma plena definição da influência do fenômeno ENOS na Região Sudeste do Brasil, no que se refere a precipitação, pelo fato de estar localizada justamente na zona de transição (tropical e extratropical) entre os efeitos opostos desse fenômeno, envolvendo, portanto, o município de RGS, podemos aqui estabelecer algumas relações como: nos anos de 1966, 1973, 1976, 1979, 1980 e 1983, categorizados como anos úmidos (Figura 6) pelo SPI, sendo que nesses anos também houve a ocorrência do El Niño (CPTEC, 2024). Por outro lado, os anos de 1999 e 2001, considerados anos secos (Figura 6), coincidem com episódios de La Niña forte e fraca respectivamente, cuja consequência normalmente é a redução da umidade atmosférica, favorecendo as estiagens no sudeste do Brasil (NULL, 2025).

Essas relações podem indicar que o ENOS exerce influência sobre a variabilidade interanual das precipitações em RGS, contribuindo para períodos de maior ou menor disponibilidade de água. No entanto, fazem-se necessárias pesquisas adicionais que apliquem métodos estatísticos capazes de mensurar com maior precisão essas possíveis influências. De todo modo, reforça-se a importância do monitoramento desses fenômenos para o

planejamento hídrico e a gestão de riscos climáticos na região.

Outro ponto a ser observado na Figura 6 é que a partir da década de 1990 tem se destacado uma maior frequência de índices do SPI negativos em relação aos positivos, o que evidencia uma maior ocorrência de anos secos no período recente, reforçando que o município tem experimentado alterações nos padrões de circulação atmosférica, influenciando a distribuição de chuvas na região.

A Tabela 2 apresenta as tendências das variáveis com seus níveis de significância anual e para cada mês do ano, simbolizado pelos sinais nas colunas "Signif." Analisando os resultados da precipitação, observa-se que na escala anual, a variável possui uma tendência para redução, embora não apresente significância estatística. Ao se analisar a escala mensal, observamos que o mês de setembro apresentou uma redução da chuva (Z= -2,19; Q= -1,079) com significância estatística α= 0,05, e o mês de dezembro (Z= -1,72; Q= -0,910) a uma significância de α= 0,01 (Tabela 2).

Tabela 2 – Estatísticas de tendências Mann-Kendall para as variáveis climáticas em Rio Grande da Serra de 1961-2023.

	Precipitação			Evapotranspiração			Umidade Relativa do Ar			Temperatura Máxima			Temperatura Mínima		
Série	Test Z	Signif.	Q	Test Z	Signif.	Q	Test Z	Signif.	Q	Test Z	Signif.	Q	Test Z	Signif.	Q
Anual	-1,59		-3,413	4,56	***	1,960	-6,70	***	-0,109	6,04	***	0,055	8,16	***	0,043
Jan	-0,84		-0,509	0,25		0,020	-2,81	**	-0,058	4,38	***	0,055	5,69	***	0,044
Fev	-0,40		-0,340	1,86	+	0,150	-4,00	***	-0,095	4,56	***	0,053	5,24	***	0,038
Mar	0,63		0,261	3,07	**	0,182	-4,69	***	-0,083	5,52	***	0,051	5,98	***	0,037
Abr	-0,88		-0,326	4,02	***	0,171	-5,03	***	-0,106	4,77	***	0,051	5,05	***	0,046
Mai	-0,23		-0,070	2,85	**	0,094	-4,93	***	-0,105	3,57	***	0,029	4,56	***	0,035
Jun	0,63		0,215	2,08	*	0,072	-4,09	***	-0,080	3,61	***	0,040	4,93	***	0,047
Jul	-0,64		-0,191	3,68	***	0,130	-5,40	***	-0,139	4,31	***	0,049	4,96	***	0,046
Ago	-1,15		-0,402	2,78	**	0,174	-5,15	***	-0,148	3,37	***	0,050	4,40	***	0,039
Set	-2,19	*	-1,079	4,01	***	0,321	-5,05	***	-0,166	5,07	***	0,088	5,69	***	0,048
Out	-1,22		-0,649	3,57	***	0,307	-4,34	***	-0,137	6,06	***	0,083	6,33	***	0,055
Nov	0,36		0,166	2,94	**	0,176	-4,00	***	-0,095	5,35	***	0,060	4,50	***	0,037
Dez	-1,72	+	-0,910	3,46	***	0,288	-4,65	***	-0,108	5,81	***	0,066	6,14	***	0,043

Legenda para os níveis de significância estatística:

*** se tendência em α= 0,001 de nível de significância

** se tendência em α= 0,01 de nível de significância

* se tendência em α= 0,05 de nível de significância

+ se tendência em α= 0,1 de nível de significância

Fonte: Autores, com base nos dados BR-DWGD (2025).

Esses resultados, sugerem uma dinâmica diferente do município ao que tem ocorrido em outras porções do Estado de São Paulo. A exemplo, Segura e Rocha (2024) encontraram para a RMSP uma tendência de aumento da chuva anual acumulada a 3,95 mm/ano, utilizando o mesmo método estatístico (Mann-Kendall), que pode ser um reflexo do crescimento da frequência de eventos de precipitação extrema, também pontuado pelos autores, com extremos acima de 80mm/dia. Sanches *et al*. (2021) também encontraram tendência positiva de extremos na região central do Estado de SP, com concentração acima de 46mm/dia.

Para as demais variáveis, observamos tendências estatisticamente significativas (α = 0,001) de aumento anual na evapotranspiração, nas temperaturas máximas e mínimas, com destaque para os meses de abril (Z= 4,02) para evapotranspiração, e outubro (Z= 6,06), dezembro (Z= 5,81) e março (Z= 5,52) para TMax. Em contrapartida, a umidade relativa do ar apresenta tendência anual de redução, especialmente acentuada nos meses de inverno, como julho (Z= -5,40), agosto (Z= -5,15) e setembro (Z= -5,05).

Quanto a magnitude destas tendências, a Tabela 2 evidencia uma redução das chuvas a uma taxa de 3,4 mm/ano, o aumento das temperaturas em cerca de 0,05ºC/ano (máximas) e 0,04ºC/ano (mínimas), a redução da umidade relativa do ar à 0,11%/ano e o aumento das taxas de evapotranspiração a um ritmo de 1,9mm/ano.

Acerca desse cenário de aquecimento contínuo da Região do ABC Paulista onde RGS está inserido, Valverde e Paiva Junior (2018) identificaram uma ilha de calor de média intensidade (3,6ºC), abrangendo São Caetano do Sul, norte de Santo André e norte de São Bernardo do Campo, evidenciando que o tráfego urbano contribui para o aumento das temperaturas na região do ABC. Mas em termos de clima global, as projeções realizadas pelos autores apontaram para o aumento da Tmax e Tmin anual, trazendo um cenário de dias e noites mais quentes, com um aumento de 6,3ºC para o cenário RCP 8,5 no período de 2071 – 2100, o que tende a ameaçar gravemente a saúde pública e a qualidade de vida regional.

Por conta das variáveis terem apresentado valores estatisticamente muito significativos, assume-se que estes resultados não retratam uma realidade meramente aleatória, mas sim uma mudança consistente e relevante ao longo do tempo, onde a redução das chuvas e elevadas temperaturas tem resultado em menor umidade relativa do ar e elevados índices de evapotranspiração (evaporação da água do solo e a transpiração das plantas) tornando os ambientes mais secos, sendo fundamentais estudos futuros aplicados

que sejam capazes de melhor elucidar essa dinâmica climática, bem como seus impactos no cotidiano da população local e regional.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procurou pioneiramente elucidar a climatologia do município de RGS, investigando suas variabilidades, extremos e tendências, onde atestou-se uma sazonalidade bem definida, caracterizada por verões quentes e chuvosos e invernos mais secos e frios. A média de precipitação anual é concentrada entre novembro e março, enquanto as temperaturas médias variam de 11,4°C (mínima) a 27,6°C (máxima). A elevada umidade relativa do ar observada ao longo do ano é influenciada pela vegetação nativa, corpos d'água e relevo, o que confere ao município características climáticas distintas das cidades vizinhas.

Na comparação entre as normais climatológicas de 1961–1990 e 1991–2020, observou-se uma redução da precipitação em quase todos os meses do ano, acompanhada por um aumento generalizado da evapotranspiração e das temperaturas máximas e mínimas. Também foi detectada uma diminuição na umidade relativa do ar, embora com menor intensidade, evidenciando um aquecimento climático local, reforçado por mudanças na cobertura do solo e no padrão de urbanização da região.

O índice SPI evidenciou períodos marcados por extremos de precipitação, que coincidiram com períodos de ocorrência do fenômeno ENOS, o que sugere uma influência indireta na variabilidade interanual da precipitação regional. No entanto, essa relação não foi testada estatisticamente e requer análises futuras mais detalhadas, em outras escalas temporais, considerando também sistemas atmosféricos de escala sinótica, tais como as Zonas de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS e frentes frias. A partir da variabilidade interanual das demais variáveis evidenciou-se um aumento expressivo nos registros de temperatura e evapotranspiração a partir dos anos 2000, enquanto os valores de umidade relativa do ar tenderam a diminuir. Esses extremos refletem o avanço das mudanças climáticas e a maior instabilidade atmosférica na região.

As tendências estatísticas apontam para aumentos significativos na evapotranspiração e nas temperaturas máximas e mínimas ao longo dos anos, com destaque para os meses de abril, setembro, outubro e dezembro. Em contrapartida, a umidade relativa do ar mostrou

tendência de redução anual, sobretudo nos meses de inverno. Já a precipitação apresentou tendência de queda, embora sem significância estatística anual, mas com destaque negativo para os meses de setembro e dezembro.

Diante dessas evidências, torna-se essencial a instalação de estações meteorológicas em RGS para garantir o monitoramento contínuo e preciso das condições climáticas locais. Essas infraestruturas viabilizarão análises mais refinadas, com registros temporais históricos que têm potencial para subsidiar políticas públicas voltadas à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas locais.

Ressalta-se ainda a importância de estudos futuros que priorizem mais o município de Rio Grande da Serra, considerando sua relevância ambiental e vulnerabilidades, que venham a contribuir para o planejamento urbano sustentável dentro da agenda da adaptação climática, na qual urgentemente deve caminhar a região do Grande ABC, que tem experimentado eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes e intensos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à Geografia**. Campina Grande: Eduepb, 2016. 331 p.

AMBRIZZI, T.; JACOBI, P. R.; DUTRA, L. M. M. **Ciência das Mudanças Climáticas e sua Interdisciplinaridade**. 1ª ed. São Paulo: Annablume, 2015.

ANDRADE, J. M. *et al*. *A comprehensive assessment of precipitation products: Temporal and spatial analyses over terrestrial biomes in Northeastern Brazil.* ***Remote Sensing Applications: Society and Environment****, v. 28, 2022.*

BLAIN, G. C. **Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, 2005.

BLANCO, C. M. R.; MASSAMBANI, O. Processos de intensificação orográfica da precipitação na Serra do Mar em São Paulo. **Sociedade Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, p. 1884-1892, 2000.

CALADO, G. G.; VALVERDE, M. C.; BAIGORRIA, G. A. *Use of Teleconnection Indices for Water Management in the Cantareira System - São Paulo - Brazil*. ***Environmental Processes***, v. 6, p. 413-431, 2019.

CARDOSO, A. O.; VALVERDE, M. C. Variabilidade da precipitação diária no ABC Paulista e aplicação de regionalização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 16º, 2018, São Paulo, SP. **Anais...** Belo Horizonte: Poisson, set. 2018.

COSTA, L. R. F.; OLIVEIRA, V. P. V. Sistemas ambientais, vulnerabilidade ambiental e uso e ocupação na sub-bacia hidrográfica do riacho Santa Rosa – Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 4, p. 1525- 1537, mar. 2019.

COSTA, M. L. G. **Mudanças climáticas e impactos ambientais**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2023.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Condições atuais do ENOS**. 2024. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/. Acesso em: 01 mai. 2025.

FAVARO, A. K. M. I. **Pagamento por serviços ambientais:** Uma contribuição para a saúde ambiental no contexto das mudanças climáticas – Estudo de caso: Rio Grande da Serra (SP). 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FERREIRA, N. J.; CAVALCANTI, I. F. A. **Sistemas Meteorológicos atuantes no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. 122 p.

FERREIRA, F. L. **Análise dos indicadores municipais de sustentabilidade ambiental utilizados no Grande ABC**. 2011. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Paulo, 2011.

FONTANA, M. D. et al. Integrando conhecimentos para avançar na adaptação climática no nível local. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 35, n. 102, p. 143-157, 2021.

GRANDO, F. **Resiliência urbana e suas interfaces:** caminhos para cidades sustentáveis. 2024. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rio Grande da Serra**. 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/rio-grande-da-serra/panorama. Acesso em: 01 mai. 2025.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***The Physical Science Basis****. 2021. Available in: http://www.ipcc.ch. Access in: 01 may. 2025.*

JACOBI, P. R. *et al*. **Governança ambiental na Macrometrópole Paulista face à variabilidade climática**. São Paulo: FAPESP, 2022.

KUROKI, L. Y. *et al*. Vulnerabilidade social da região Sudeste do Brasil frente à variabilidade climática. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 31, p. 672-695, jul./dez. 2022.

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D. Desenvolvimento Sustentável, Adaptação e Vulnerabilidade à Mudança Climática no Semiárido Nordestino: Um Estudo de Caso no Sertão do São Francisco. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, n. especial, p. 301-332, jun. 2013.

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 (UFPE)**, v. 30, n. 3, p. 192-208, 2013.

MANN, H.B. *Nonparametric test against Trend.* ***Econometrica***, v.13, n.3, 1945.

MARQUES, L. O Antropoceno como aceleração do aquecimento global. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 1-20, mai. 2022.

MCKEE, T. B. et al. *The relationship of drought frequency and duration to time scales.* ***Eighth Conference on Applied Climatology****, Anaheim, California,* 1993.

NULL, J. ***El Niño and La Niña Years and Intensities****. Golden Gate Weather Services*. 2025. *Available in:* https://ggweather.com/enso/oni.htm. *Access in: 01 may.* 2025.

OLIVEIRA, K. **Mapeamento das áreas de risco à inundação no município de Rio Grande da Serra – SP**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2017.

OLIVEIRA, M. *et al*. Identificação e caracterização de eventos climáticos secos e úmidos no ABC Paulista no período de 2000-2020 usando o SPI. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 31, p. 457-485, jul./dez. 2022.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n. 27, p. 297-321, dez, 2008.

SALMI, T. *et al*. ***Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimatives – The Excel template application Makesens****. Helsinki: Finnish Meteorological Institute*, 2002. 35 p.

SANCHES, R. G. *et al*. Análise da tendência pluviométrica na Região Central do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 30, p. 777-797, jan./jun. 2022.

SANTOS, J.; JUSTINO, F.; RODRIGUES, J. *Impact of precipitation extremes on energy production across the São Francisco River basin, Brazil.* ***Theoretical and Applied Climatology***, v. 155, p. 6899- 6916, 2024.

SCARPIONI, M. Artigos religiosos nos pentecostalismos: Estudo das relações dos bens simbólicos na geração de economia local em Rio Grande da Serra, periferia urbana no Grande ABC. **Revista Luminária**, União da Vitória, v. 18, n. 1, p. 41-58, 2016.

SCARPIONI, M.; NORONHA, C. P. Capitais natural e simbólico no município de Rio Grande da Serra: Discurso e comportamento religiosos sobre as questões socioambientais em região de periferia urbana. In: CONGRESSO INTERNACIONAL INTERDISCIPLINAR EM SOCIAIS E HUMANIDADES, II, **Anais...** Belo Horizonte, 2013.

SCARPIONI, M. Resíduos sólidos urbanos em Rio Grande da Serra: Estudo da implementação de uma política pública consorciada em periferia urbana no Grande ABC. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 590-616, jul./set. 2017.

SEGURA, C. S.; ROCHA, R. P. Tendências e variabilidade climática de frentes frias e precipitação na região Metropolitana de São Paulo. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 34, p. 159-179, jan./jun. 2024.

TOMASELLA, J. *et al. Assessment of trends, variability and impacts of droughts across Brazil over the period 1980–2019.* ***Natural Hazards****, v. 116, p. 2173–2190, 2023.*

VALVERDE, M. C. A interdependência entre vulnerabilidade climática e socioeconômica na região do ABC Paulista. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 39-60, jun./set. 2017.

VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. O.; BRAMBILA, R. O padrão de chuvas na região do ABC Paulista: Os extremos e seus impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 22, p. 165-187, jan./jun. 2018.

VALVERDE, M. C. *et al*. *Climate projections of precipitation and temperature in cities from ABC Paulista, in the Metropolitan Region of São Paulo – Brazil.* ***Frontiers in Climate***, v. 5, p. 1-22, mai., 2023.

VALVERDE, M. C.; PAIVA JUNIOR, H. Temperatura do ar e emissões urbanas em região industrial de São Paulo, Brasil. ***Acta Brasiliensis***, v. 2, n. 2, p. 45-52, 2018.

VALVERDE, M. C.; ROSA, M. B. *Heat waves in São Paulo State, Brazil: Intensity, duration, spatial scope, and atmospheric characteristics.* ***International Journal of Climatology****,* p. 1-17, 2023.

VERDAN, I.; SILVA, M. E. S. Variabilidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul em relação a eventos ENOS de 2000 a 2021. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo, v. 42, p. 1-10, 2022.

WILKS, D. S. ***Statistical Methods in the Atmospheric Sciences****. 2ª ed. Academic Press, San Diego*, 2006. 592 p.

WMO. World Meteorological Organization. Standardized Precipitation Index User Guide. Org.: SVOBODA, M.; HAYES, M.; WOOD, D. (WMO-No. 1090), Geneva, 2012.

WMO. World Meteorological Organization. ***WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals (WMO-No. 1203)****. Geneva. 2017.*

XAVIER, A. C. *et al*. *New improved Brazilian Daily Weather Gridded Data (1961–2020).* ***International Journal of Climatology****, v. 42, n. 16, p. 8390– 8404, 2022.*

YAMAUCHI, G.; TOURINHO, A. O. Indústria e território na região do Grande ABC nos últimos 70 anos: questões sobre a crise de um modelo. ***Brazilian Journal of Development,*** Curitiba, v. 7, n. 9, p. 91234-91256, set. 2021.