



TENDÊNCIAS TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO SISTEMA COSTEIRO CANANÉIA-IGUAPE, SÃO PAULO

Jakeline Baratto ¹

Valéria Machado Emiliano ²

Paulo Miguel de Bodas Terassi ³

RESUMO

Este estudo analisa as tendências temporais e a variabilidade da precipitação pluvial no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape (SP), uma área de grande relevância ecológica. Utilizando uma série histórica de 42 anos (1981-2022) de dados do produto CHIRPS, a análise foi conduzida por meio dos testes não paramétricos de Mann-Kendall (MK) para detecção de tendências e do Estimador de Inclinação de Sen para quantificar suas magnitudes. A influência do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) foi avaliada pela correlação de Pearson (r) com defasagem temporal, utilizando o Índice de Oscilação Sul (SOI). Os resultados indicam uma precipitação média anual de 2.108,4 mm, com um regime sazonal bem definido de verões chuvosos e invernos secos. Os anos mais chuvosos e secos da série, 1983 e 1985, coincidiram com fortes eventos de El Niño e La Niña, respectivamente. Foi identificada uma tendência estatisticamente significativa de diminuição da precipitação, com uma taxa de -8,123 mm/ano. Conclui-se que, apesar dos elevados volumes pluviométricos, a região enfrenta uma redução gradual das chuvas, com potenciais impactos para os ecossistemas locais, como os manguezais, e para as atividades agrícolas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, Mann-Kendall, CHIRPS, Mata Atlântica, Litoral Sul Paulista

ABSTRACT

This study analyzes the temporal trends and variability of rainfall in the Cananéia-Iguape Coastal System (SP), an area of significant ecological importance. Using a 42-year historical series (1981-2022) of data from the CHIRPS product, the analysis was conducted using the non-parametric Mann-Kendall (MK) test for trend detection and Sen's Slope Estimator to quantify their magnitudes. The influence of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) was assessed using Pearson's correlation (r) with a time lag, based on the Southern Oscillation Index (SOI). The results indicate an average annual precipitation of 2,108.4 mm, with a well-defined seasonal regime of rainy summers and dry winters. The wettest and driest years of the series, 1983 and 1985, coincided with strong El Niño and La Niña events, respectively. A statistically significant decreasing trend in precipitation was identified at a rate of -8.123 mm/year. It is concluded that, despite high rainfall volumes, the region is experiencing a gradual reduction in rainfall, with potential impacts on local ecosystems, such as mangroves, and agricultural activities.

¹ Pós-doutoranda em Geografia, Universidade de São Paulo - USP, jakelinebarattogeo@gmail.com;

² Mestranda do Curso de Geografia Física da Universidade de São Paulo- USP, valeriamachadoemiliano@usp.br;

³ Professor no Curso de Geografia na Universidade Federal da Integração Latino-Americana- UNILA, pmbterassi@gmail.com.



Keywords: Climate change, Mann-Kendall, CHIRPS, Atlantic Forest, São Paulo South Coast.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é um dos atributos climáticos de maior suscetibilidade aos efeitos das mudanças climáticas, e sua variabilidade difere entre as regiões do planeta. Trata-se de um atributo climático cuja variabilidade tem grande importância em escala regional, podendo auxiliar na formulação de políticas de gestão de recursos hídricos (SALEHI et al., 2019). Dessa forma, os estudos sobre a tendência da precipitação pluvial nos últimos anos têm se intensificado em todo o mundo, principalmente na escala regional (PENEREIRO; MESCHIATTI, 2018).

A precipitação pluvial desempenha um papel fundamental no planejamento de práticas agrícolas sustentáveis, que contribuem para a conservação e a proteção ambiental (LIANG et al., 2011). No Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, a chuva desempenha um papel central para as necessidades ecológicas e agrícolas. Como principal curso d'água da região, o Rio Ribeira de Iguape é essencial para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas locais e o suporte às comunidades tradicionais, que dependem dos recursos hídricos para práticas culturais, atividades econômicas e modos de vida (ANTUNIASSI; REISMANN, 2001). As principais atividades agrícolas na área de estudo incluem a bananicultura, o cultivo de chá e a produção de pupunha (ROSS, 2006).

Neste contexto, a análise dos padrões espaço-temporais da precipitação é fundamental para o planejamento e a gestão de ambientes como o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, que abriga ecossistemas vulneráveis às variações pluviométricas, como estuários e manguezais, que podem ser afetados pelas mudanças climáticas. Essa região é uma das áreas mais conservadas do estado de São Paulo, e seu setor sul abriga um dos manguezais mais preservados do Brasil, principalmente devido à presença de unidades de conservação (CUNHA-LIGNON et al., 2011). Além disso, essa região se destaca pela densa cobertura vegetal de Mata Atlântica, sendo a área mais preservada desse bioma no estado de São Paulo, o que lhe confere grande riqueza de fauna e flora (ANTUNIASSI; REISMANN, 2001; ROSS, 2006).

Apesar da relevância da precipitação, são escassos os estudos que analisam, de forma integrada e em séries históricas de longo prazo, os padrões de chuva no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. Observa-se uma lacuna no entendimento sobre como tais padrões afetam ecossistemas sensíveis, especialmente os manguezais, diante das mudanças climáticas. A



ausência de análises detalhadas sobre as tendências e anomalias de precipitação dificulta o planejamento territorial e o manejo adequado dos recursos naturais.

A investigação das tendências de precipitação é essencial para compreender os impactos das mudanças climáticas, como eventos extremos de chuva e secas, que prejudicam a biodiversidade, a pesca, o turismo e a economia regional. Assim, esta pesquisa contribui para o desenvolvimento de estratégias que visam minimizar os impactos ambientais e sociais das alterações climáticas. Os resultados obtidos poderão auxiliar na gestão sustentável dos recursos hídricos e na preservação dos ecossistemas costeiros. Diante disso, o objetivo desta pesquisa é analisar a precipitação pluvial nas escalas temporal e espacial e identificar suas tendências.

METODOLOGIA

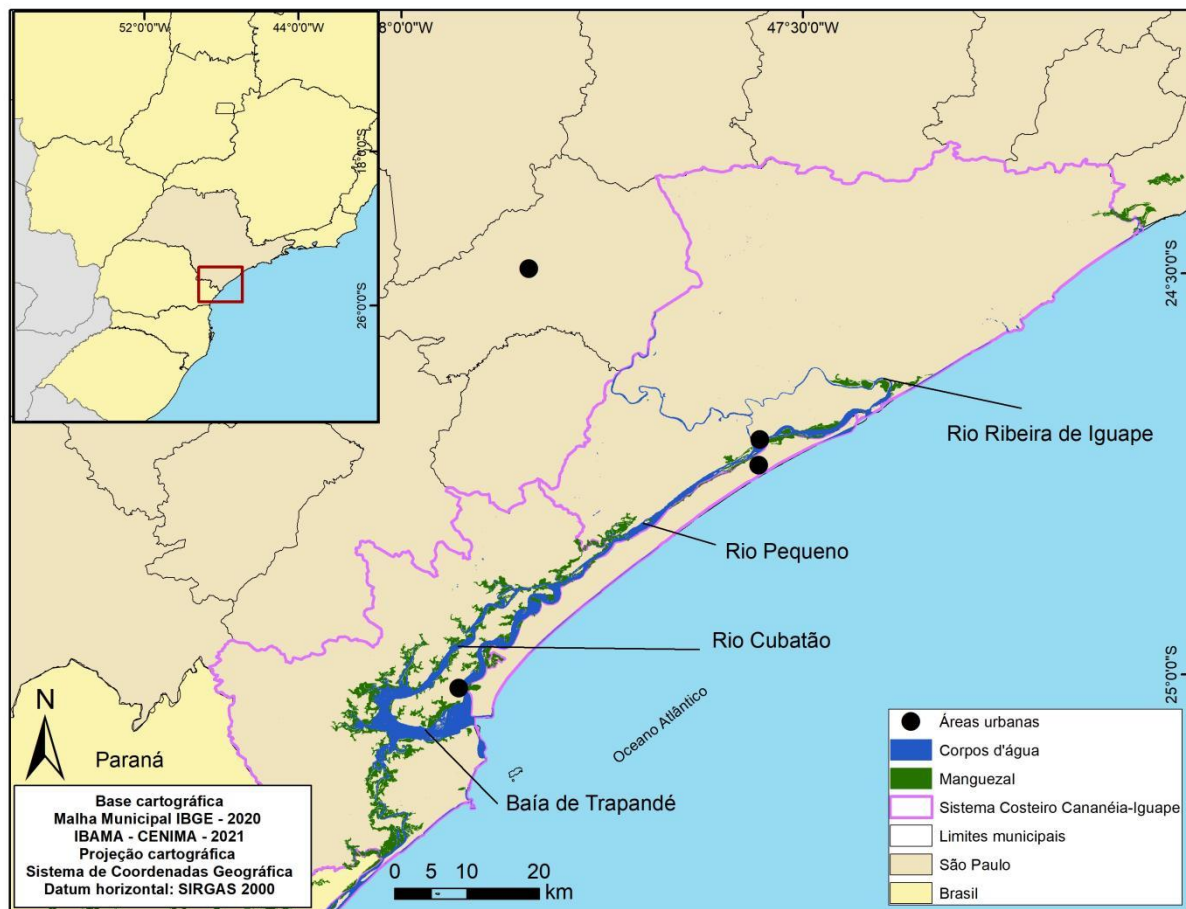
Área de estudo

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape (SCCI), localizado no litoral Sul do estado de São Paulo, é formado pelos municípios de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida (Figura 1). O SCCI situa-se na Planície Costeira Cananéia-Iguape, que apresenta manguezais juntamente com planícies e cordões arenosos marinhos (ROSS, 2002). A altitude varia de 0 m a 915 m, no nordeste da área de estudo; no entanto, predominam as áreas mais baixas, com altitudes inferiores a 100 m.

A área de estudo está inserida no tipo climático Cfa (clima subtropical úmido com verão quente), segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013; BECK et al., 2018). Galvani et al. (2023) estudaram as diferentes classificações climáticas para o litoral sul de São Paulo, em especial a bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, e identificaram que o clima da região tem influência direta do oceano e está inserida no tipo climático Litorâneo Sul, no Domínio Tropical, nas áreas mais baixas e Subtropical Ameno nas áreas mais elevadas (Novais e Galvani, 2022; Galvani et al., 2023).

A temperatura média anual para a região é de aproximadamente 20,0°C (NUNES et al., 2015). A temperatura média do mês mais frio está abaixo de 18,0°C e a do mês mais quente é superior a 22,0°C (ÁLVARES et al., 2013; BECK et al., 2018). As temperaturas mínimas mensais variam de 20,2°C em maio a 17,8°C em julho. Nesse período, as mínimas absolutas podem chegar a 10°C, quando ocorre a atuação do Anticiclone Migratório Polar (TARIFA, 2004).

Figura 1. Localização do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape.



Procedimentos

Para esta pesquisa foram utilizados os dados estimados pelo Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations (CHIRPS), que são desenvolvidos pelo United States Geological Survey (USGS) e pelo Climate Hazards Group at the University of California, Santa Barbara (UCSB). Os dados do produto CHIRPS estão disponíveis diariamente com resolução espacial de $0,05^\circ$ (5km), desde 1981 até o presente (Funk, 2015). Esses dados já foram validados para a área de estudo por Baratto et al. (2024). Os dados históricos do CHIRPS foram adquiridos pelo Google Earth Engine (GEE), para o período de 1981 até 2022. Os dados diários foram agregados em totais anuais.

Para averiguar as tendências, foram aplicados os testes de Mann-Kendall (MK) e o Estimador de Inclinação de Sen. O teste de MK é utilizado para verificar a existência de tendências significativas em uma série temporal (SANSIGOLO; KAYANO, 2010). Trata-se de um teste não paramétrico que parte da hipótese nula de que não há tendência na série, com valores ocorrendo de forma independente e com a mesma distribuição de probabilidade (SNEYERS, 1975). Para um nível de significância de 10%, o valor de Z encontra-se no



intervalo de -1,645 a +1,645. O estimador de inclinação de Sen foi utilizado para estimar a magnitude da tendência em uma série temporal (SEN, 1968). Os cálculos desses testes para os dados temporais foram realizados no software RStudio (R Development Core Team, 2024) para o período de 1981 até 2022.

A relação entre as anomalias do El Niño–Oscilação Sul (ENOS) e seus reflexos na precipitação foi analisada por meio da correlação de Pearson (r) e do coeficiente de regressão (B), com o objetivo de quantificar a magnitude da influência do indicador ENOS sobre os dados médios da bacia hidrográfica, considerando diferentes defasagens temporais (lags). A defasagem correspondente à correlação com maior significância estatística (menor valor- p) foi selecionada para representar a relação predominante. Para quantificar o ENOS, foram utilizados os dados do Índice de Oscilação Sul (SOI), disponibilizados pelo National Climate Centre da Austrália. Cada mês foi classificado como El Niño (fase negativa), La Niña (fase positiva) ou neutro, conforme os limites estabelecidos pela metodologia Troup SOI, empregada oficialmente pelo Bureau of Meteorology (BOM, 2025; POWER; KOCIUBA, 2011).

REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo da precipitação pluvial é indispensável para enfrentar os desafios ambientais e sociais contemporâneos. Em escala regional, sua variabilidade influencia diretamente a gestão de recursos hídricos (SALEHI et al., 2019) e o planejamento da agricultura sustentável, que contribui para a proteção ambiental (LIANG et al., 2011). A análise de suas tendências permite avaliar variações climáticas futuras (PENEREIRO MESCHIATTI, 2017) e compreender a influência do clima no meio ambiente (HUSSAIN et al., 2021). Nesse contexto, as alterações nos padrões climáticos e seus impactos sobre os recursos hídricos se apresentam como desafios significativos para a sociedade (KLIENGCHUAY et al., 2024).

Guan et al. (2016) destacam a importância de identificar e quantificar as tendências e a variabilidade dos extremos de precipitação em uma escala regional ou local. Dessa forma, os estudos sobre a tendência da precipitação pluvial nos últimos anos têm se intensificado em todo o mundo, principalmente na escala regional (PENEREIRO; MESCHIATTI, 2017). Buda et al., (2024), por exemplo, investigaram a tendências de extremos de precipitação de curta duração ao longo de 55 anos (1968–2022) em Mahantango Creek, Pensilvânia. Na bacia hidrográfica de Menna, no noroeste da Etiópia, Enyew e Wassie (2024) analisaram a tendências da precipitação anual, sendo que os resultados indicaram tendência de aumento das



chuvas, apesar de eventos de seca nos anos 2009, 2014 e 2015. A pesquisa de Msigwa et al., 2024 investigou a tendências de precipitação na África Oriental, na bacia hidrográfica do Pangani. No Brasil, Terassi et al. (2024) aplicaram o teste de Mann-Kendall (MK) para análise de tendências e eventos extremos de precipitação em bacias hidrográficas localizadas no leste do estado do Paraná.

Diante disso, os testes estatísticos estão sendo amplamente aplicados para a análise em diferentes áreas do mundo para avaliar as tendências dos atributos climáticos. Os estudos vêm utilizando dados estimados por produtos orbitais para estimar espacialmente a tendência da precipitação pluvial (BANERJEE et al., 2020). Para a precipitação pluvial, nas regiões semiúmidas e semiáridas no nordeste da China, Liang et al. (2011) avaliaram a variação temporal e a distribuição espacial da precipitação (1961 a 2008) e aplicaram o teste de Mann-Kendall. No estudo de Banerjee et al. (2020), a tendências espaço-temporais e a variabilidade na precipitação foram avaliados na bacia hidrográfica do rio Bhilangana, Uttarakhand Himalaya, por meio dos dados do CHIRPS e PERSIANN. Zeng et al (2019) analisaram a variação espaço-temporal de padrões de precipitação na Bacia do Rio Zambeze (África Austral). Paca et al. (2020) avaliaram as tendências anuais de precipitação espacialmente distribuídas foram estudadas na Bacia hidrográfica do Rio Amazonas. Mais recentemente, Polasky et al. (2025), utilizando conjuntos de dados de diversas fontes, realizaram análises espaciais e temporais da precipitação na Bacia Amazônica no período de 1980 a 2022. Para a região da Lombardia, na Itália, Faquseh e Grossi (2024) aplicaram o teste de Mann-Kendall (MK) aos dados de reanálise ERA5, entre 1990 e 2020. Para a área de estudo desta pesquisa, embora com enfoque em análises pontuais, Baratto et al. (2024) também utilizaram dados do CHIRPS para aplicação do teste de MK. Dessa forma, Salviano (2015) mencionam que a análise espacial de tendências permite observar as mudanças no comportamento e determinar em quais regiões uma determinada variável vem sofrendo mudanças significativas ao longo do tempo.

Em relação ao manguezal, as mudanças climáticas, especialmente a variação nos padrões de precipitação, podem interferir na distribuição, abundância e riqueza de espécies de florestas de mangue (OSLAND et al., 2016). A ocorrência de eventos extremos de precipitação pode afetar negativamente o manguezal como a destruição da floresta de mangue (LIMA et al., 2023). A diminuição da precipitação pluvial pode aumentar a salinidade nas áreas dos manguezais e afetar as espécies menos tolerantes à alta salinidade. Por outro lado, o aumento da precipitação pluvial influencia na expansão desse ecossistema. As oscilações na



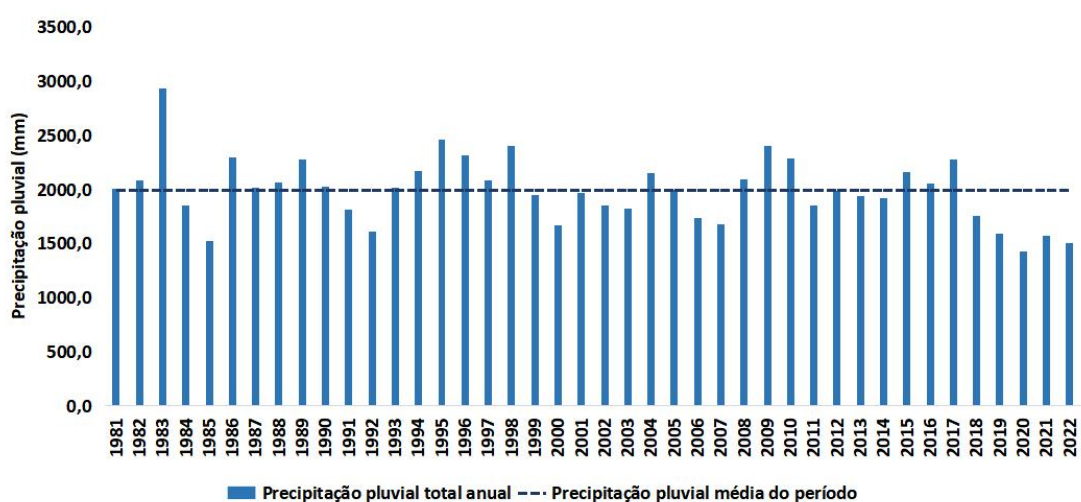
chuva podem ocasionar alteração nos seus limites até mesmo a abundância ou perda de espécies (ASBRIDGE et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade da precipitação pluvial

A precipitação pluvial média anual para o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape foi de 2.108,4 mm. Esse valor corrobora os resultados apresentados por Sant'Anna Neto (1990), entre 2.000 e 2.500 mm (1971-1993), e Galvani et al. (2013), em que a precipitação varia entre 1.956,0 mm e 2.868,8 mm. Para os dados apresentados, o ano de 1983 foi o mais chuvoso com média de 3.068,7 mm. O ano menos chuvoso foi 1985, com média de 1.454,9 mm.

Figura 2. Variação temporal da média da precipitação pluvial total anual (1981-2022) para o SCCI, utilizando dados do CHIRPS.



O fenômeno ENOS, com suas fases El Niño (EN) e La Niña (LN), tem consequências em diferentes partes do mundo. Em geral, nos eventos de EN ocorrem grandes volumes de precipitação sobre o sudeste da América do Sul, enquanto durante a La Niña ocorre uma diminuição da precipitação (REBOITA et al., 2012; TERASSI et al., 2023). Emiliano et al. (2024) ressaltam que em anos de EN ocorrem excedentes hídricos, enquanto em anos de influência de La Niña verificou-se maior variabilidade nas chuvas para a região de estudo. Em



consonância com esta pesquisa, os autores identificaram que o ano de 1983 foi um dos anos superúmido e o ano de 1985, um ano superseco.

O ano de 1983 foi influenciado pela atuação do fenômeno EN (NOAA, 2023), sendo o ano mais chuvoso da série histórica, fato também identificado por Sant'Anna Neto (1994) e Emiliano et al. (2024). Dessa forma, quando ocorre a atuação desse fenômeno ocorre um volume pluvial mais elevado no estado de São Paulo (SIQUEIRA; NERY, 2017) e no estado do Paraná (Terassi et al., 2018). O ano de 1985 foi identificado como o de menor precipitação para o SCCI, sendo caracterizado pela atuação da La Niña (NOAA, 2023) Emiliano et al. (2024). identificou que ocorreu uma redução nos volumes de precipitação pluvial, principalmente nos meses de junho, julho, agosto, outubro e dezembro.

A distribuição mensal da precipitação não é uniforme ao longo do ano (Figura 3). A região está abaixo do trópico de capricórnio, mas a precipitação pluvial respeita o regime tropical. Os meses de inverno registram os menores volumes pluviais, ainda que as chuvas sejam provocadas por sistemas frontais (MONTEIRO, 1973; REBOITA et al., 2010). No inverno, os menores valores pluviométricos estão associados à atuação do Anticiclone Tropical do Atlântico que tem sua abrangência mais sobre o continente (REBOITA et al., 2010). No entanto, no verão, as chuvas são resultantes da incidência dos raios solares de maior nessa época do ano. Dessa forma, o maior aquecimento favorece a convecção do ar que resulta na formação de nuvens e na precipitação (REBOITA et al., 2012).

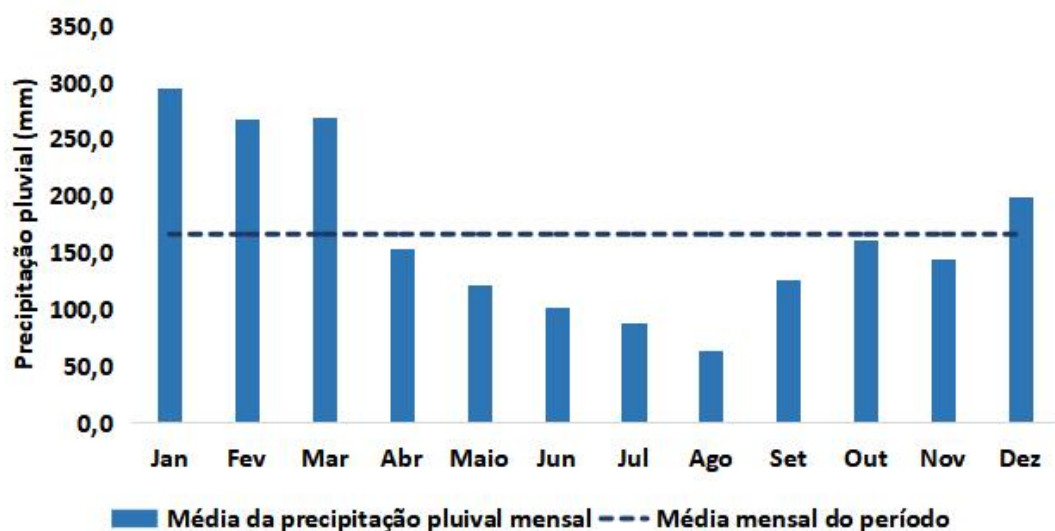
A média mensal da precipitação pluvial é de 166,0 mm. Os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e março, e os menos chuvosos são junho, julho e agosto. Agosto (64,4 mm) é o mês com o menor volume pluviométrico, e janeiro (294,5 mm) é o mês com o maior volume (Figura 3). Esses resultados comprovam os encontrados por Galvani et al. (2013) no litoral sul de São Paulo. Segundo os autores, os maiores volumes de precipitação concentram-se entre os meses de dezembro até março, com valores variando entre 250 mm até 380 mm. Os meses de junho, julho e agosto correspondem aos menos chuvosos, com precipitações entre 70 mm e 150 mm mensais.

Nunes et al. (2015) mencionam que a área de estudo é a mais chuvosa da região sudeste, onde as médias anuais são superiores a 2.000 mm. As chuvas convectivas são registradas em todo o ano, mas principalmente na primavera e verão, essas chuvas são influenciadas pela maritimidade que contribui para a permanente umidade e as altas temperaturas. Além disso, as chuvas frontais ocorrem nesta região todos os meses.

Assim, cerca de 40% da precipitação total anual ocorre no período de janeiro, fevereiro e março. Entretanto, no período invernal, ocorre o volume de apenas 14% do total

anual. Esses resultados corroboram estudos realizados em outras regiões do mundo. Na bacia hidrográfica do rio Zambeze, localizada na África Austral, Zeng et al. (2019) observaram que a precipitação pluvial também apresenta uma distribuição irregular ao longo dos meses. Segundo os autores, durante a estação chuvosa (de novembro a abril) ocorre aproximadamente 96% do volume anual de precipitação, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com média de 227,0 mm. Já na estação seca (de maio a outubro), que concentra os 4% restantes do total anual, agosto é o mês com menor precipitação, registrando apenas 2,0 mm

Figura 3. Variação temporal da precipitação pluvial média mensal (1981-2022) para o SCCI.



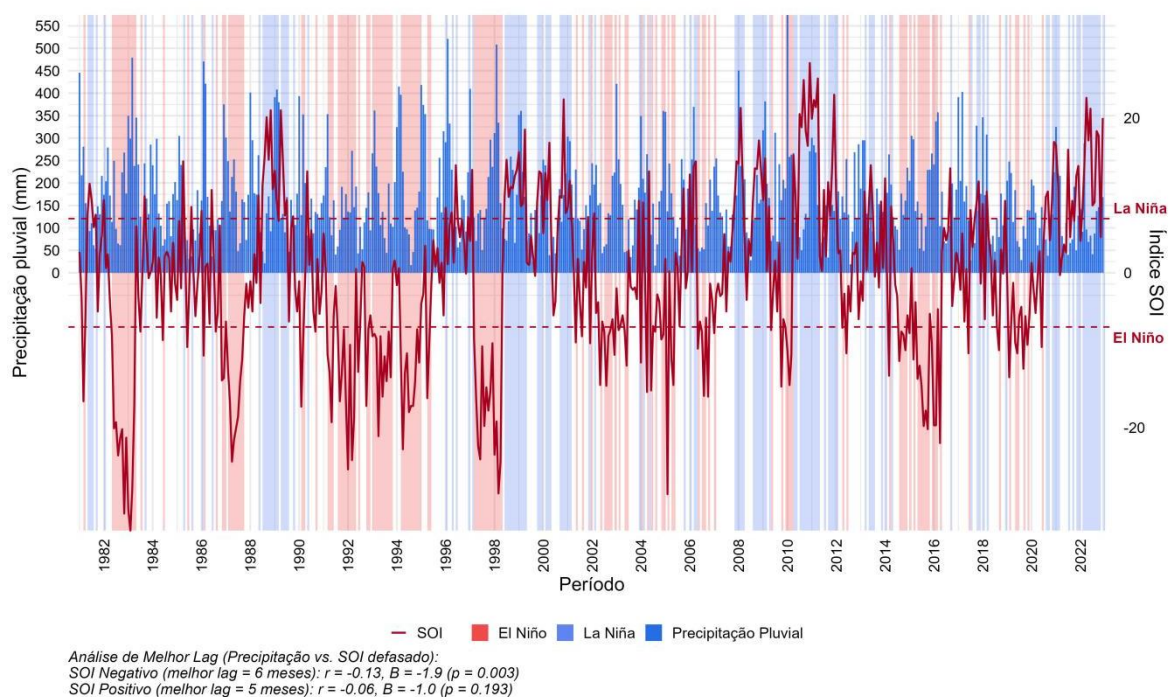
Para o SCCI, esses volumes pluviais no verão são oriundos da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que aumenta os totais pluviais onde se desenvolve. Conforme o inverno se aproxima, a atuação da ZCAS enfraquece e os sistemas frontais começam a atuar, diminuindo assim os volumes de chuvas (MONTEIRO, 1973; REBOITA et al., 2012). Na área de estudo, as passagens frontais, os ciclones, linhas de instabilidade tropicais e pré-frontais e a circulação de brisa também causam precipitações ao longo de todo o ano (REBOITA et al., 2012). No litoral de São Paulo, a brisa marítima também ocasiona a instabilidade do ar e propicia a formação de chuviscos (REBOITA et al., 2010).

Apesar dos dados anuais corresponderem aos efeitos do EN e LN, os dados mensais apresentaram pouca correlação estatística. Desse modo, o El Niño, marcado pelo gráfico como SOI negativo, apresentou maior correlação comparado a La Niña (SOI positivo) e com uma defasagem de 6 meses, em resposta a ocorrência do fenômeno (Figura 4).

Desta forma, destaca-se que a fase El Niño tem um impacto significativo, causando um aumento nas chuvas com um atraso de aproximadamente seis meses, o que indica que a região

tende a apresentar condições mais chuvosas após a ocorrência do fenômeno. A fase La Niña, por outro lado, não apresentou uma influência estatisticamente significativa no volume de chuvas. Embora possam ocorrer eventos de chuva intensa durante a La Niña, o fenômeno por si só não se mostrou um indicador confiável de um período mais úmido.

Figura 4. Variação mensal da precipitação pluvial e do Índice de Oscilação do Sul (SOI) para o SCCI.



Análise de tendência da precipitação pluvial

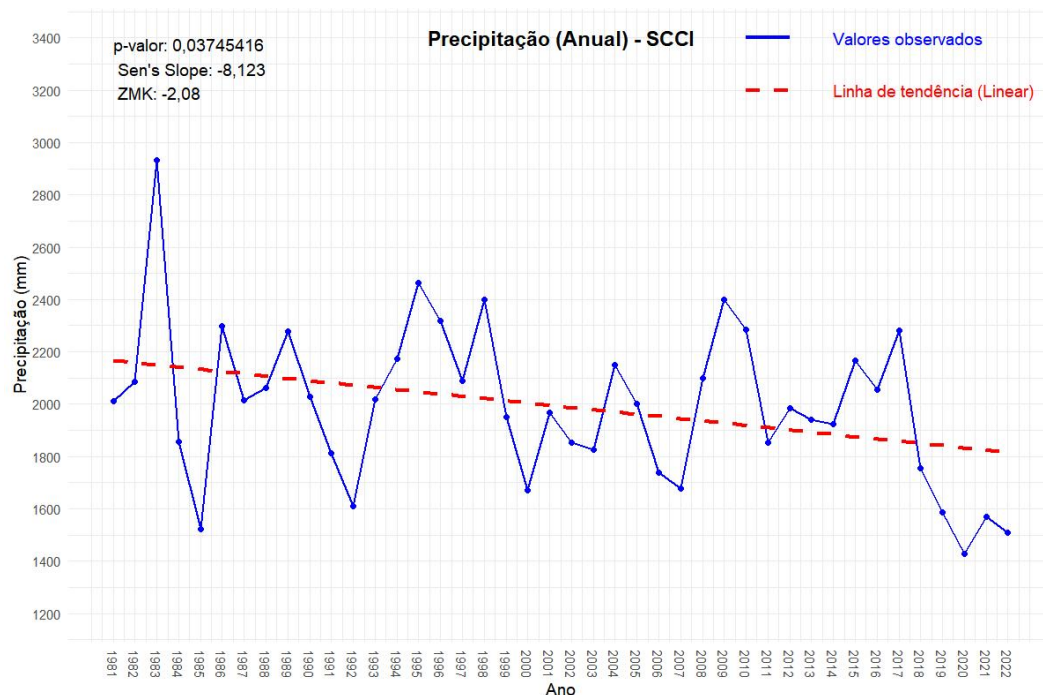
Os dados de precipitação para o SCCI indicaram a ocorrência de uma tendência significativa ($p < 0,05$) de diminuição da precipitação ($ZMK = -2,8$). A magnitude da tendência é de $-8,123$ mm/ano, o que resulta em uma redução de $81,23$ mm por década e $341,17$ mm ao longo de 42 anos (Figura 5). A tendência na diminuição das chuvas para os produtos do CHIRPS também foi observada por Santos et al. (2022) para a região central do estado de São Paulo. No litoral sul de São Paulo, segundo Galvani et al. (2013), os dados de precipitação encontraram-se estacionário para a série histórica de 1972 até 2003, ou seja, não observaram mudanças de tendência de acréscimo ou redução.

Em uma análise recente para o mesmo local, Baratto et al. (2024) também encontraram tendência de diminuição na precipitação, considerando a mesma série histórica (1981-2022), o que corrobora os resultados obtidos nesta pesquisa. Diferentemente de Galvani



et al. (2013), a série histórica de Baratto et al. (2024) é mais recente e corrobora com os resultados obtidos nesta pesquisa. Para Penereiro e Meschiatti (2018), na região de estudo há uma tendência positiva de precipitação para apenas uma estação próxima a região de estudo, as demais (2 pontos) não apresentaram tendência significativa.

Figura 5. Tendência da precipitação pluvial anual do período de 1981 a 2022 para o SCCI.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise temporal da precipitação pluvial no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape evidenciou totais anuais elevados, com média de 2.108,4 mm no período de 1981 a 2022, refletindo um regime sazonal típico de verões chuvosos e invernos mais secos. A variabilidade interanual mostrou-se fortemente associada ao fenômeno El Niño–Oscilação Sul (ENOS), com os anos de maior e menor pluviosidade coincidindo, respectivamente, com eventos de El Niño e La Niña. A aplicação dos testes estatísticos de Mann-Kendall e Sen indicou uma tendência significativa de diminuição da precipitação ao longo dos últimos 42 anos, evidenciando uma redução gradual dos totais anuais na região.

Embora os volumes pluviométricos ainda sejam expressivos, a redução observada pode gerar impactos ambientais e socioeconômicos relevantes. A diminuição da precipitação tende a afetar o equilíbrio hídrico de ecossistemas sensíveis, como os manguezais, e comprometer atividades agrícolas que sustentam a economia local, como a bananicultura e o



cultivo do palmito pupunha. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de monitoramento contínuo e de estudos complementares sobre a frequência e a intensidade dos eventos extremos de chuva, a fim de subsidiar estratégias de adaptação e manejo sustentável no litoral sul paulista.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da Bolsa de Pós-Doutorado (PD) - (Número do Processo: 2022/02383-3). A segunda autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa do Programa de Bolsas de Demanda Social (DS-CAPES). O terceiro autor agradece à Bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo: 165450/2020-7).

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ANTUNIASSI, M. H. R.; REISMANN, L. Características sociambientais da Bacia Hidrográfica do Rio de Iguape. *Cadernos CERU*, v. 12, p. 171-186, 2001.

ARIKAN, B. B.; KAHYA, E. Homogeneity revisited: Analysis of updated precipitation series in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 135, n. 1-2, p. 211-220, 2019.

ASBRIDGE, E.; LUCAS, R.; ACCAD, A.; DOWLING, R. Mangrove Response to Environmental Changes Predicted under Varying Climates: Case Studies from Australia. *Current Forestry Reports*, v. 1, p. 178-194, 2015. DOI: 10.1007/s40725-015-0018-4.

BANERJEE, A.; et al. An Analysis of Long-Term Rainfall Trends and Variability in the Uttarakhand Himalaya Using Google Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 4, p. 709, 2020.

BARATTO, J.; TERASSI, P. M. B.; LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Precipitation anomalies and trends estimated via satellite rainfall products in the Cananeia-Iguape coastal system, southeast region of Brazil. *Climate*, v. 12, p. 22, 2024.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, v. 5, p. 180214, 2018.

BOM. BUREAU OF METEOROLOGY. Southern Oscillation Index (SOI). [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://www.bom.gov.au/climate/enso/soi>. Acesso em: 9 out. 2025.



BUDA, A. R.; et al. Trends in sub-hourly, hourly, and daily precipitation extremes over 55 years in a humid continental climate. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 1202, 2024.

CUNHA-LIGNON, M.; KAMPEL, M.; MENGHINI, R. P.; CINTRON, G.; SCHAFFER-NOVELLI, Y.; DAHDOUNH-GUEBAS, F. Mangrove forests submitted to depositional processes and salinity variation investigated using satellite images and vegetation structure surveys. *Journal of Coastal Research*, v. 1, p. 344–348, 2011.

EMILIANO, V. M.; LIMA, N. G. B.; BARATTO, J.; GALVANI, E. Variabilidade pluviométrica na área paulista da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (Brasil) e a influência do ENOS, a partir da técnica Box-Plot. *Terra Plural*, v. 18, p. 1–21, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.5212/terraplural.v.18.2423128.012>.

ENYEW, B. D.; WASSIE, S. B. Spatial and temporal analysis of meteorological drought in the Menna watershed, Ethiopia. *Heliyon*, v. 10, n. 4, p. e29501, 2024.

FAQUSEH, H.; GROSSI, G. Trend analysis of precipitation, temperature and snow water equivalent in Lombardy region, northern Italy. *Sustainable Water Resources Management*, v. 10, p. 18, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40899-023-00992-2>.

FUNK, C. et al. The climate hazards infrared precipitation with stations: a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, v. 2, p. 150066, 2015. DOI: [10.1038/sdata.2015.66](https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66).

GALVANI, E.; EMILIANO, V. M.; BARATO, J. Comparação dos principais sistemas de classificação climática aplicados à bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape. In: *Climas dos Brasil: classificação climática e aplicações*. Porto Alegre: Total Book, 2023. p. 266 - 274.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; ROZOLEN ALVES, R. Variabilidade e tendência das precipitações no litoral sul de São Paulo. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 8, p. 1163–2012, 2013.

GUAN, Y.; ZHENG, F.; ZHANG, X.; WANG, B. Trends and variability of daily precipitation and extremes during 1960–2012 in the Yangtze River Basin, China. *International Journal Of Climatology*, v. 37, n. 3, p. 1282-1298, 2016.

HUSSAIN, A.; et al. Observed Trends and Variability of Temperature and Precipitation and Their Global Teleconnections in the Upper Indus Basin, Hindukush-Karakoram-Himalaya. *Atmosphere*, v. 12, p. 973, 2021.

KLIENGCHUAY, W.; MINGKHWAN, R.; KIANGKOO, N. et al. Analyzing temperature, humidity, and precipitation trends in six regions of Thailand using innovative trend analysis. *Scientific Reports*, v. 14, p. 7800, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57980-5>.

LIANG, L.; LI, L.; LIU, Q. Precipitation variability in Northeast China from 1961 to 2008. *Journal of Hydrology*, v. 404, n. 1–2, p. 67–76, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.04.020>.

LIMA, N.; CUNHA-LIGNON, M.; MARTINS, A.; ARMANI, G.; GALVANI, E. Impacts of Extreme Weather Event in Southeast Brazilian Mangrove Forest. *Atmosphere*, v. 14, n. 8, p. 1195, 2023.



MONTEIRO, C. A. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de Atlas. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973. 130 p.

MSIGWA, A.; MUL, M. L.; NOTENBAERT, A. M.; ZWART, S. J. Spatiotemporal analysis of precipitation trends and variability in the Pangani Basin, East Africa. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 52, p. 101538, 2024.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. El Niño – Southern Oscillation (ENOS). 2023. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 20 jun. 2023.

NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, v. 42, p. 2-21, 2022.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da Região Sudeste do Brasil. In: *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Texto, 2015. Cap. 16. p. 243-255.

OSLAND, M. J.; et al. Climatic controls on the global distribution, abundance, and species richness of mangrove forests. *Ecological Monographs*, v. 87, p. 341–359, 2016.

PACA, V. H. M. et al. Variability of Trends in Precipitation across the Amazon River Basin Determined from the CHIRPS Precipitation Product and from Station Records. *Water*, v. 12, n. 5, p. 1244, 2020.

PENEREIRO, J. C.; MESCHIATTI, M. C. Tendências em séries anuais de precipitação e temperaturas no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 893–901, 2018. DOI: 10.1590/S1413-41522018168763.

POLASKY, A.; SAPKOTA, V.; FOREST, C. E. et al. Discrepancies in precipitation trends between observational and reanalysis datasets in the Amazon Basin. *Scientific Reports*, v. 15, p. 7268, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87418-5>.

POWER, S. B.; KOCIUBA, G. The impact of global warming on the Southern Oscillation Index. *Climate Dynamics*, v. 37, p. 1745–1754, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, p. 185–204, 2010.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. *Terra e Didática*, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012.

ROSS, J. L. S. The Morphogenesis of the Ribeira Do Iguape Basin and Environmental Systems. *GEOUSP—Espaço E Tempo*, v. 12, p. 21–46, 2002.



ROSS, J. L. S. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SALEHI, S. et al. Trend analysis and change point detection of seasonal and annual precipitation in Iran. *International Journal of Climatology*, v. 40, n. 1, p. 308–323, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.6211>.

SALVIANO, M. F.; et al. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, p. 64-73, 2016.

SANSIGOLO, C. A.; KAYANO, M. T. Trends of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation in Southern Brazil for the 1913–2006 period. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 101, p. 209–216, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0270-2>.

SANT'ANNA NETO, J. L. *Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista*. 1990. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990. Acesso em: 10 fev. 2025.

SANT'ANNA NETO, J. L. Dinâmica atmosférica e o caráter transicional do clima na Zona Costeira Paulista. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, v. 8, n. 1, p. 35–49, 1994. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0004>.

SANTOS, B. C.; SANCHES, R. G.; MOREIRA, R. M.; BOURSCHEIDT, V.; SOUZA, P. H. Análise espaço-temporal da precipitação na região central do estado de São Paulo utilizando dados CHIRPS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 5, p. 2582–2600, 2022. DOI: [10.26848/rbgf.v15.5.p2582-2600](https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2582-2600).

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, v. 63, n. 324, p. 1379–1389, 1968. DOI: <https://doi.org/10.2307/2285891>.

SIQUEIRA, B.; NERY, J.T. Analysis of the Standardized Precipitation Index for the State of São Paulo. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, p. 1775-1783, 2017.

SNEYERS, R. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. Genève: Organisation Météorologique Mondiale, 1975. 192 p.

TARIFA, J.R. Unidades climáticas dos maciços litorâneos da Juréia-Itatins. In: Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente Físico, Flora e Fauna. Org. Otavio A.V. Marques; Wânia Duleba. São Paulo: Holos. 2004. p. 42 a 50.

TERASSI, P. M. B.; GALVANI, E. Identification of Homogeneous Rainfall Regions in the Eastern Watersheds of the State of Paraná, Brazil. *Climate*, v. 5, p. 53, 2017.

TERASSI, P. M. B.; GALVANI, E.; BARATTO, J.; SILVA OSCAR-JÚNIOR, A. C. Atmospheric patterns of extreme rainfall events in the eastern region of the state of Paraná. *Raega – O Espaço Geográfico em Análise*, v. 58, p. 93–117, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v58i0.93345>.



ENANPEGE
XVI Encontro Nacional de Pós-Graduação e
Pesquisa em Geografia

TERASSI, P.M.B.; et al. Trends and shifts of climate extremes in Eastern Paraná State, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 155, p. 6863–6886, 2024.

ZENG, H.; et al. Spatiotemporal Analysis of Precipitation in the Sparsely Gauged Zambezi River Basin Using Remote Sensing and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 11, p. 2977, 2019.