



Análise espaço-temporal da influência do relevo nas tendências das chuvas da região central do Estado de São Paulo

Spatiotemporal analysis of the influence of relief on rainfall trends in the central region of the State of São Paulo

Bruno César dos Santos¹ ; Rafael Grecco Sanches¹ ; Vandoir Bourscheidt² ; Paulo Henrique de Souza^{*3}

¹Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

³Instituto de Ciências da Natureza, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, Brasil.

E-mail: bruno-unifal@hotmail.com (BCS); rafagsanches@alumni.usp.br (RGS);

vandoir@ufscar.br (VB);

*Email para correspondência: phsouza31@hotmail.com.

Recebido (Received): 22/12/2021

Aceito (Accepted): 26/03/2024

Resumo: Compreender o comportamento temporal e espacial da precipitação em áreas tropicais é de extrema relevância, considerando o seu impacto na dinâmica urbana e rural, e, logo, no seu planejamento estratégico. Pensando nisso, o estudo objetivou analisar as tendências das chuvas diárias por meio de índices de chuva para a região central do Estado de São Paulo, a fim de compreender sua distribuição espacial, além de avaliar possíveis tendências para essa localidade, que se insere na já conhecida dinâmica tropical (sazonalmente chuvoso/seco). Foram analisados 40 anos de dados diários de chuvas, em 31 postos pluviométricos, utilizando índices de chuva do rclimdex e a detecção de outliers para chuvas extremas (46mm), e o teste de Laplace para as tendências. Os resultados indicam a redução dos acumulados de chuva anuais e o aumento de episódios de chuvas extremas. As chuvas anuais, portanto, tendem a concentração, uma vez que os volumes anuais estão diminuindo e os acumulados diários aumentando. Notou-se, ainda, que nos episódios de chuvas extremas, há presença marcante do efeito orográfico, que influencia nos valores de chuvas, resultando em um comportamento pluviométrico distinto para as áreas montanhosas, em relação a outras áreas onde o relevo é mais plano.

Palavras-chave: RCLimdex; Chuva extrema; Laplace; Efeito orográfico.

Abstract: Understanding the temporal and spatial behavior of precipitation in tropical areas is of extreme relevance, considering its impact on urban and rural dynamics, and, consequently, on strategic planning. With this in mind, the study aimed to analyze the trends of daily rainfall through rainfall indices for the central region of the State of São Paulo, in order to understand its spatial distribution, as well as to evaluate possible trends for this location, which is part of the well-known tropical dynamics (seasonally rainy/dry). Forty years of daily rainfall data were analyzed at 31 rain gauge stations, using rainfall indices from the Rclimdex and the detection of outliers for extreme rainfall events (46mm), and the Laplace test for trends. The results indicate a reduction in annual rainfall accumulations and an increase in episodes of extreme rainfall. Thus, annual rainfall tends to concentrate, as annual volumes are decreasing while daily accumulations are increasing. It was also noted that in episodes of extreme rainfall, there is a marked presence of the orographic effect, which influences rainfall values, resulting in a distinct pluviometric behavior for mountainous areas, compared to other areas where the relief is flatter.

Keywords: RCLimdex; Extreme rain; Laplace; Orographic effect.

1. Introdução

As chuvas na América do Sul são distribuídas de forma heterogêneas e seu entendimento é complexo, devido principalmente a interação dinâmica entre oceano-atmosfera-continente. Diante das características que compõem os climas no continente sul-americano e também no território brasileiro, notam-se inúmeros estudos que reafirmam a complexidade dos seus elementos, bem como a dificuldade da análise temporal dos

seus efeitos no espaço geográfico (CAVALCANTI, 2012; DUFEK e AMBRIZZI, 2008; HAYLOCK *et al.* 2006; REBOITA *et al.* 2012; VÁSQUEZ P. *et al.* 2018; ZILLI *et al.* 2017).

No sudeste brasileiro, tais efeitos podem ser verificados pelo modo que as interações oceano-atmosfera influenciam as tendências para o aumento ou diminuição dos volumes de chuvas nas diferentes paisagens ao longo do território (KAYANO e CAPISTRANO, 2014; PSCHIEDT e GRIMM, 2009; VÁSQUEZ P. *et al.* 2018). As teleconexões, nesse sentido, contribuem para o entendimento da flutuação climática por meio de dados oceânicos do Atlântico e do Pacífico, como a OMA (Oscilação Multidecadal do Atlântico), a ODP (Oscilação Decadal do Pacífico) e suas fases positiva (ENSO – El Niño Oscilação Sul; aumento na temperatura do Pacífico) e negativa (La Niña; resfriamento na temperatura do Pacífico), por exemplo (DRUMOND e AMBRIZZI, 2008; EVANGELISTA *et al.* 2007; KAYANO e CAPISTRANO, 2014; PSCHIEDT e GRIMM, 2009; VÁSQUEZ P. *et al.* 2018).

As características da paisagem também contribuem para a compreensão das especificidades regionais do clima, como por exemplo o relevo do Estado de São Paulo, que apresenta variados domínios geomorfológicos como planaltos, depressões e planícies. Portanto, a topografia, a configuração e a orientação do relevo são aspectos importantes para a compreensão dos padrões de temperatura e precipitação diante da diversidade climática que a região do Estado de São Paulo possui (CAVALCANTI, 2009, ROSS, 2011, NOVAIS e GALVANI, 2022).

Episódios de chuvas intensas e extremas, que expressam elevados volumes de chuvas em curtos períodos (horário ou diário), representam um dos elementos mais estudados e dinâmicos em climatologia, uma vez que se associam às enchentes, escorregamentos, erosão, perda de safras agrícolas, entre outros impactos junto aos espaços rural e urbano. No entanto, vários estudos que analisaram a distribuição temporal e as tendências das chuvas para o Estado de São Paulo, observaram uma tendência de aumento nos volumes pluviométricos, especialmente para os valores extremos de chuva (DUFEK e AMBRIZZI, 2008; LIEBMANN *et al.* 2001; LIMA *et al.* 2010; BARREIRO e TIPPMANN, 2008; SILVA DIAS *et al.* 2013; ZILLI *et al.* 2017; RAFEE *et al.* 2020). A análise da tendência de aumento/diminuição nas chuvas, o aumento no número de episódios extremos de chuvas (acima de 40 mm), o aumento dos valores diários pluviométricos e as mudanças observadas no último século para as chuvas no sudeste brasileiro, foram alguns dos esforços apontados em tais estudos regionais (MARENGO *et al.* 2010; SUGAHARA *et al.* 2009; ZILLI *et al.* 2017). Esses diferentes estudos possibilitam a compreensão dos dados pluviométricos, seu comportamento sazonal na região e as tendências para as chuvas, em seu total ou em eventos extremos chuvosos ou secos (DUFEK e AMBRIZZI, 2008; HAYLOCK *et al.* 2006; OLIVEIRA e GALVANI, 2017; VÁSQUEZ P. *et al.* 2018; ZILLI *et al.* 2017).

Nos diferentes estudos mencionados, observam-se diversos apontamentos para mudanças no padrão regional das chuvas no sudeste brasileiro e, especificamente, no Estado de São Paulo, inclusive associados aos efeitos urbanos e de relevo. Dentre esses, destacam-se a mudança no aumento nos dias chuvosos com baixo volume pluviométrico, a concentração do volume de chuvas em um menor número de dias no Estado de São Paulo, além de mudanças em padrões extremos (enchentes ou secas) (DUFEK e AMBRIZZI, 2008; HAYLOCK *et al.* 2006; VÁSQUEZ P. *et al.* 2018; ZILLI *et al.*, 2017).

Na região central do Estado de São Paulo, notam-se alterações nos regimes de chuvas totais, interanuais e extremos, com a clara influência das anomalias oceânicas nessa área, que reafirmam a necessidade em se observar a evolução temporal das tendências para as chuvas e os impactos provocados no espaço geográfico (BLAIN, 2011, 2013; SANCHES *et al.* 2018; SANCHES *et al.* 2019; SANTOS *et al.* 2012). Parte da região, por exemplo, encontra-se numa área de transição geomorfológica com relativa influência das depressões, serras e cuevas, consideradas de grande fragilidade ambiental, com áreas ocupadas por vegetação remanescente a serem preservadas (CORVALÁN e GARCIA, 2011).

Diante disso, entende-se que adotar uma perspectiva geográfica nas análises climáticas apresenta relevância por contribuir com o entendimento dos fenômenos e dos processos desencadeados pela atmosfera, recobrando, por conseguinte, atenção às particularidades regionais de cada superfície, tal como os aspectos topográficos e geomorfológicos que podem influenciar a distribuição e na tendência de tais eventos pluviométricos por diferentes efeitos orográficos (ROE, 2005; HOUZE, 2012). Esses efeitos podem acontecer de forma direta ou indireta na formação da precipitação, quando uma massa de ar ou sistema convectivo se desloca sobre um terreno irregular. Segundo Houze (2012), três tipos de sistemas convectivos (convecção profunda, sistemas frontais e ciclones tropicais) podem desencadear efeitos orográficos que modificam profundamente a estrutura dos principais sistemas atmosféricos de precipitação por meio da combinação dinâmica com o relevo (formato e tamanho). Nesse sentido, o autor destaca ainda que a combinação da escala de tempo microfísica da formação da nuvem, a dinâmica do fluxo de ar e a

termodinâmica associada com o aumento de ar sobre o relevo, podem afetar o desenvolvimento da precipitação.

Dessa forma, em função das características que a paisagem da região central apresenta, o objetivo desse estudo foi analisar espacialmente a influência do relevo nas tendências das chuvas diárias por meio de índices pluviométricos obtidos por meio do Rclimdex e da análise de tendências utilizando o teste de Laplace.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo situa-se na região Sudeste do Brasil, no centro-leste do estado de São Paulo, que integra um total de 17 municípios paulistas: Analândia, Águas de São Pedro, Brotas, Charqueada, Corumbataí, Descalvado, Dois Córregos, Dourado, Ibaté, Ipeúna, Itirapina, Ribeirão Bonito, Rio Claro, Santa Maria da Serra, São Carlos, São Pedro e Torrinha, totalizando uma área de 9.151,7 km².

Entre as classificações climáticas para a área de estudo, a de Köppen é do tipo Cwb (**Figura 1**), ou seja, clima subtropical de terras altas com invernos secos (ALVARES *et al.* 2013). Monteiro (1973) enquadra os municípios como climas regionais tropicais com períodos de secos (abril a setembro) e úmidos (outubro a março). Novais (2022) classifica o clima da região centro-leste do Estado de São Paulo como Tropical Ameno, caracterizado pelas suas temperaturas médias mais baixas, devido os pontos elevados dos Planaltos residuais e com volumes anuais médios de precipitação decrescentes em direção a Depressão Periférica.

O padrão atmosférico das chuvas (**Figura 2**) do Estado de São Paulo está associado com a interação entre sistemas tropicais e extratropicais, controlados pelo avanço de sistemas frontais polares sobre a porção Centro-Sul do Brasil, que contribuem na configuração de episódios de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e, portanto, gerando condições de instabilidade atmosférica e elevados volumes pluviométricos (CAVALCANTI, 2009; REBOITA *et al.* 2012).

Em termos geomorfológicos (**Figura 3**), a área estudada encontra-se na transição entre duas morfoestruturas: o Planalto Ocidental, formado numa grande zona de relevo suave composta por colinas, morros baixos e serras, com uma altitude média aproximadamente de 900m; e a Depressão Periférica Paulista, apresentando um relevo predominantemente colinoso e suave, além de morros e serras isoladas com níveis de aproximadamente 600m (ROSS e MOROZ, 2011; PENTEADO, 1976; PINHEIRO e QUEIROZ NETO, 2014). Por ser uma região planáltica e, também, na borda das cuevas areníticas da Serra de Itaqueri e de São Carlos, evidencia-se o efeito orográfico nas chuvas, diante da influência que o relevo exerce na circulação do ar na região, devido à orientação das vertentes e à presença da mata natural, principalmente quando sob a influência de tipos de tempos que possam contribuir na formação ou intensificação das chuvas (MONTEIRO, 1973; TAVARES, 1985, SANTOS *et al.* 2018; 2020; 2021).

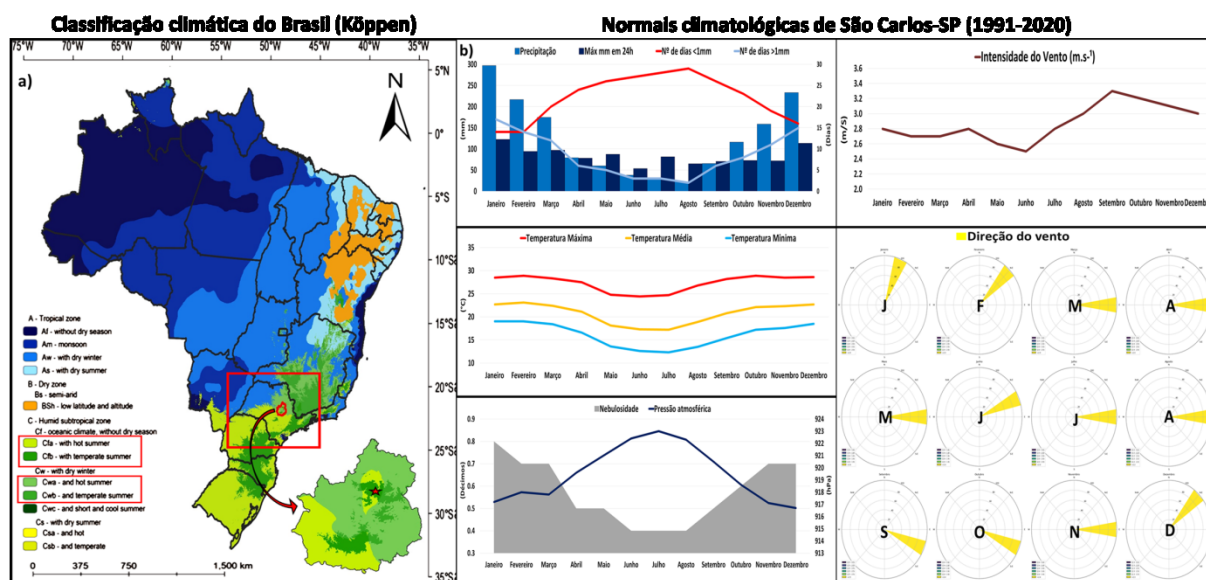


Figura 1: a) Classificação climática de Köppen para o Brasil e área de estudo; (b) Normal climatológica de São Carlos-SP (1991-2020). **Fonte:** Adaptado de Alvares (2013) e INMET (2020).

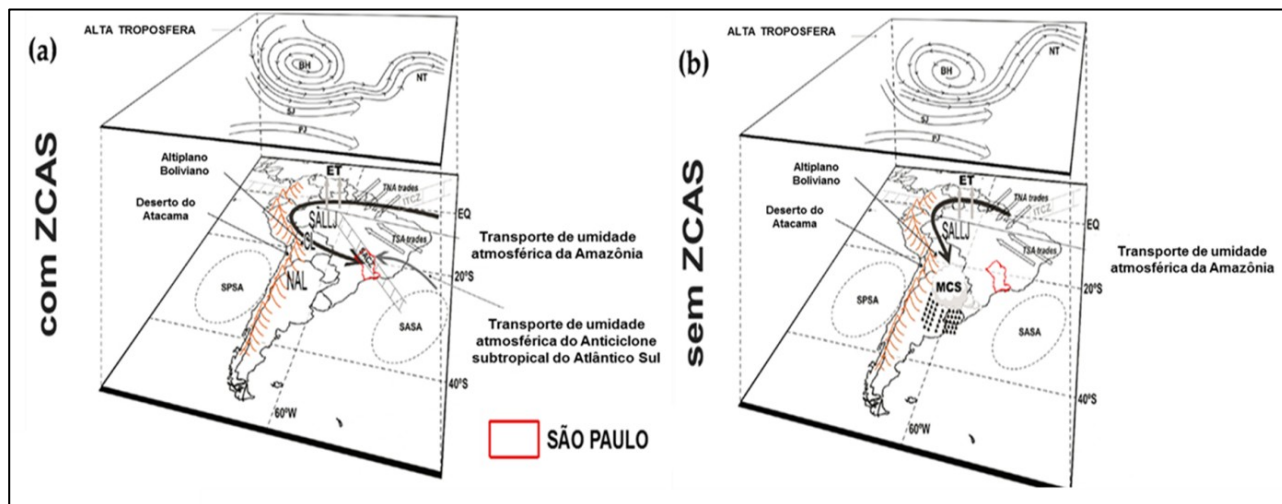


Figura 2. Esquema de importantes feições de circulação atmosférica sobre a região sul-americana, considerando eventos com (a) e sem (b) ZCAS. **Fonte:** Adaptado Ferreira & Reboita (2022).

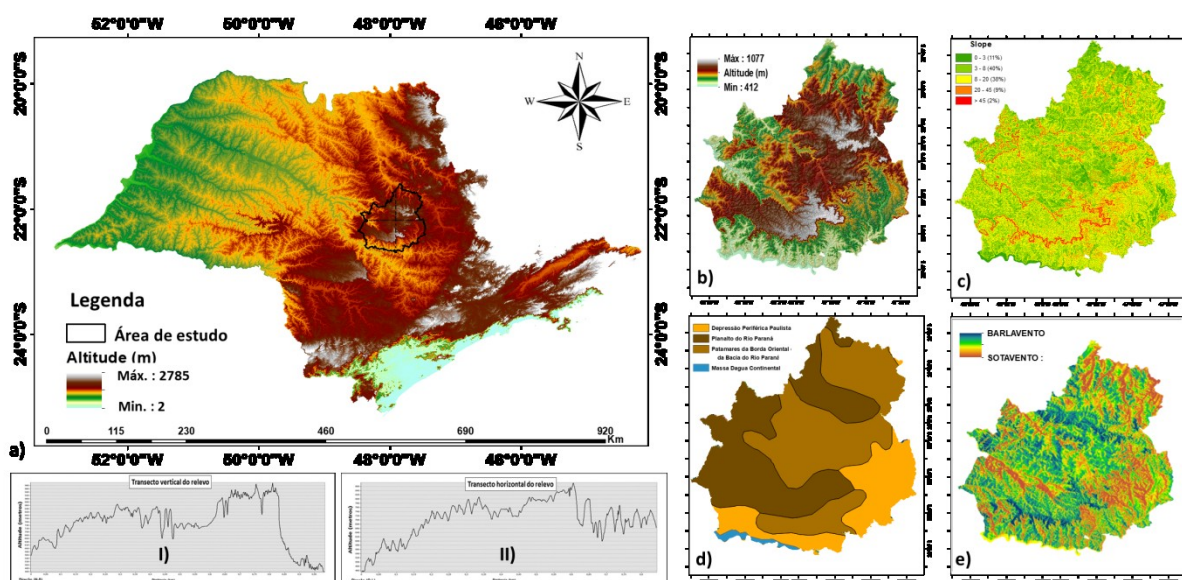


Figura 3. (a) Localização da área de estudo sobre o mapa hipsométrico de São Paulo e os transectos (I e II) do relevo, representados pelas linhas tracejadas em branco, do perfil vertical no sentido N-S e do perfil horizontal na direção O-L. (b) Modelo digital de elevação; (c) Declividade do terreno; (d) Tipologia do relevo; (e) Orientação das vertentes a barlavento (úmido) e sotavento (seco). **Fonte:** Elaborado pelos autores.

2.2. Seleção e tratamento dos dados pluviométricos

Para a realização do estudo, foram utilizados dados diários de 31 postos pluviométricos, com séries históricas de até 39 anos (1979-2019) e com o mínimo possível de falhas. Para o acesso aos dados de chuva, foram consultadas: a plataforma online *hidroweb*, pertencente a Agência Nacional de Águas (ANA) e o site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Após aquisição dos dados, foi realizada a seleção das informações obtidas e o tratamento quantitativo dos dados diários de precipitação, que foram organizados na forma de tabelas e gráficos através do *software Microsoft Excel 2017*, na escala temporal diária, de maneira a otimizar a análise regional das chuvas para o presente estudo.

2.3. Análise das chuvas por meio de índices climáticos

A observação temporal das chuvas é de grande interesse, havendo diferentes técnicas para sua análise, e a observação de tendências em estações pluviométricas é a principal forma para seu entendimento e suas vinculações em termos de frequência, picos de variância, significância, entre outros aspectos estatísticos.

Vale ressaltar aqui a importância da observação das tendências temporais e espaciais das chuvas por meio de índices climáticos, em termos de acumulados diários (HAYLOCK, *et al.* 2006; DUFEK e AMBRIZZI, 2008), da correlação entre as chuvas e anomalias oceânicas (HAYLOCK *et al.* 2006; SUGAHARA *et al.* 2009; SANTOS *et al.* 2012; ZILLI *et al.* 2017; VÁSQUEZ P. *et al.* 2018) e, até, pela interpolação de dados espaciais, seja com dados de satélites ou superfície (RAO *et al.* 2016).

Atualmente, destacam-se as observações de índices climáticos para observação dos dados pluviométricos, como os disponíveis no pacote RClindex (ZHANG e YANG, 2004; HAYLOCK *et al.* 2006; STEPHENSON *et al.* 2014; SANTOS e RAMOS, 2018; SANCHES *et al.* 2018). Este pacote possibilita a análise de diferentes índices, com ênfase, no caso do presente artigo, para os índices de pluviometria (Tabela 1).

Tabela 1: Metodologias Utilizadas para Análise dos Dados de Precipitação.

Índice (Identificação)	Nome do índice	Definição	Unidade Observada
PRCPTOT	Total de chuvas acumuladas em um ano	Valor total anual de chuvas acumuladas nos dias úmidos (dias ≥ 1 mm)	mm
RX1dia	Máximo de chuva acumulado em 1 dia	Máximo de chuva acumulada em um único dia	mm
RX 5 dias	Máximo de chuva acumulada em 5 dias	Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos	mm
DCS	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias em que as chuvas < 1 mm	Dias
DCU	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias em que as chuvas ≥ 1 mm	Dias
Rnn*	Dias chuvosos acima de nn milímetros	Número de dias acima de nn milímetros de chuva	Dias

Admite-se RR_{ij} como a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Assim, nn^ representa qualquer valor razoável de precipitação diária, onde soma-se o número de dias, sendo: $RR_{ij} \geq nnmm$. Fonte: Adaptado de Zhang e Yang (2004).

Diversos trabalhos já utilizaram a ferramenta a fim de analisar a evolução temporal e espacial das características climáticas em diferentes locais do planeta, assim como em diferentes regiões do Brasil (DRUMOND e AMBRIZZI, 2008; DUFEK e AMBRIZZI, 2008; HAYLOCK *et al.* 2006; MEKIS e VINCENT, 2011; SANTOS *et al.* 2012; SANTOS e RAMOS, 2018; STEPHENSON *et al.* 2014).

Os índices são calculados com base nos dados pluviométricos, incluindo, entre outros parâmetros, o valor máximo acumulado em um único dia de chuva (RX1 dia), o valor máximo acumulado em 5 dias consecutivos de chuva (RX5 dias), o número máximo de dias consecutivos secos (DCS), o número máximo de dias consecutivos úmidos (DCU) e o número de dias acima de valores pré-estabelecidos a partir da detecção de *outliers* (Rnn*).

Entre os índices utilizados, o Rnn se destaca por representar o número de dias acima de um valor definido, o que permite atribuir um valor referencial para eventos intensos ou extremos aos valores de precipitação. Dessa forma, a determinação do valor de nn^* para chuvas de comportamento anômalo foi realizada por meio de *outliers*. Segundo Chrun, Cukier e Sneeringer (2008), a determinação do *outlier* pode ser entendida por uma avaliação da evolução e da identificação de comportamentos excepcionais em séries históricas dos dados, identificando-os a partir da média e utilizando três ou quatro desvios padrões como limite (Eq.1).

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} + t * \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n}} = \text{Outlier (Observação Anormal)} \quad \text{Eq. (1)}$$

em que: x_i representa o volume de chuvas (mm) em um dia i e n denota a quantidade de dias. A constante t pode assumir os seguintes valores: 3 para identificação de chuvas intensas e 4 para chuvas extremas.

Para o presente estudo, foram considerados *outliers* dias com mais de 46mm de chuva (RX46mm), que configuram valores extremos para a região estudada. Segundo Sanches (2018), o cálculo do índice utilizando RX46mm expressa as chuvas atípicas em relação à precipitação diária, ou seja, os *outliers* diários encontrados dentro do recorte histórico (1979-2019) dos postos pluviométricos selecionados.

2.4. Análise da tendência anual das chuvas

O teste de Laplace (*Laplace trend factor*) é comumente utilizado na literatura para identificar tendências em diferentes situações, tais como: falhas de *software* de modelagem (SUKHWANI *et al.* 2016), identificação de tendências em vulnerabilidades de segurança computacional (MIANI *et al.* 2015), etc. O método foi aplicado no conjunto de dados da área estudada para observar as tendências dos valores de precipitação diária. Dado um conjunto de dados baseado em um valor $u(t)$, considerando um determinado período $[0, t]$, a tendência pode ser obtida pela Eq. 2 (KANOUN *et al.* 1991):

$$u(t) = \frac{\frac{\sum_{i=1}^t ((i-1)n_i)}{N(t)} - \frac{(t-1)}{2}}{\sqrt{\frac{t^2-1}{12(N(t))}}} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que: t representa o número de dias e n_i , é a variável analisada no tempo i (valor da precipitação anual dos postos) e $N(t)$, indica o número cumulativo em relação à variável analisada.

O teste consiste em examinar os valores de tendência dos dados pluviométricos em um determinado período e identificar as tendências de aumento ou diminuição da precipitação global ao longo desse período e, quando apropriado, analisar as tendências localmente. Para avaliar a significância das tendências, costuma-se utilizar intervalos baseados no desvio padrão. Ao considerar 2 desvios, o intervalo inclui aproximadamente 97% dos valores, o que é um pouco superior ao intervalo de confiança de 95% (desvio de 1,96), comumente utilizado quando a distribuição normal é considerada como critério de decisão (CHRUN, 2011; CHRUN *et al.* 2008).

2.5. Interpolação dos resultados e produção dos mapas

Os mapas foram produzidos utilizando uma plataforma SIG (Sistema de Informação Geográfica), onde o método de interpolação geostatística IDW (Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância) foi utilizado para espacializar os valores de tendências dos índices de chuvas calculados. Trata-se de um método para estimar espacialmente um valor para um determinado local que não apresenta informações, por meio do cálculo da média das amostras vizinhas ponderadas pelo inverso da distância entre estas e o ponto a ser interpolado (FARIAS *et al.* 2017). Segundo Farias *et al.*, (2017), esse interpolador costuma mostrar melhor desempenho na espacialização dos dados, apresentando erros menores nos valores estimados na sua interpolação.

Para análise dos mapas, levou-se em conta também a elevação da área de estudo. Nesse sentido, o Modelo Digital de Elevação (MDE) global ALOS DSM, com 30 metros de resolução espacial, foi utilizado como base, sendo este adquirido a partir da plataforma de processamento em nuvem Google Earth Engine (TADONO *et al.* 2016).

3. Resultados e discussão

A **Figura 4** resume, especialmente, as tendências pluviométricas para os seis índices pluviométricos (PRCTOT, DCS, DCU, RX1, RX5 e RX46) aplicados na região central do estado de São Paulo. No mapa, é possível observar que alguns postos demonstraram tendências dentro da normalidade e, outros, no aumento ou redução nos dias e no volume de chuvas.

Na **Figura 4** (a), a tendência para o índice PRCTOT (Precipitação Total Anual), indicam um predomínio negativo para cerca de 87% dos postos pluviométricos, ou seja, o total pluviométrico das chuvas anuais está diminuindo na região central do Estado de São Paulo. Para o caso das chuvas dentro da normalidade, estas foram encontradas em 10% dos postos de superfície, e em apenas 3% dos postos foram evidenciadas tendências no aumento das chuvas. Esse padrão também foi observado na região de São Carlos/SP por Sanches *et al.*, (2020), onde, conforme os autores, as influências oceânicas, por meio de teleconexões, resultaram na redução das chuvas distribuídas ao longo do ano.

Na **Figura 4** (b), as tendências para o índice DCS (Dias Consecutivos Secos) demonstraram um predomínio dentro da normalidade para 59% dos postos pluviométricos, ou seja, os dias consecutivos secos estão dentro do padrão atmosférico na região central do Estado de São Paulo. Porém, cerca de 25% dos postos demonstraram tendências na redução e 16% dos postos apresentaram tendências no aumento dos dias consecutivos secos. Diante disso, é possível notar que algumas áreas no mapa apontam transições que configuram na redução ou aumento do período de estiagem durante o período seco (abril a setembro) do

clima Tropical. Durante esse período, a atuação mais duradora dos bloqueios atmosféricos (ASAS), associada às características geográficas da paisagem presente na região de estudo e ao uso e ocupação do solo, podem influenciar no aumento do período de estiagem em certas áreas do mapa (em azul). Por outro lado, vale destacar que outras localidades (em vermelho) exibiram uma diminuição do período de estiagem, ou seja, voltando para dentro dos padrões habituais.

Na **Figura 4 (c)**, as tendências para o índice DCU (Dias Consecutivos Úmidos) demonstraram um predomínio dentro da normalidade para cerca de 65% dos postos pluviométricos, ou seja, os dias consecutivos úmidos estão dentro do padrão atmosférico na região central do Estado de São Paulo. Porém, cerca de 32% dos postos apresentaram tendências na redução do número de dias, e apenas 3% dos postos, apresentaram tendências no aumento dos dias consecutivos úmidos. Diante disso, nota-se que algumas áreas no mapa apontam transições que configuram na redução do período de chuvas consecutivas durante o período úmido (outubro a março) do clima Tropical.

Vale ressaltar que a passagem de sistemas atmosféricos produtores de chuvas, como complexos convectivos de mesoescala, sistemas frontais e zonas de convergências, atuam sobre a região durante essa época do ano. Portanto, essa diminuição pode estar associada à redução de eventos de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) mais duradouros sobre região. Já o índice RX1, na **Figura 4 (d)**, demonstrou um predomínio dentro da normalidade para cerca de 55% dos postos pluviométricos, ou seja, quando o máximo de chuva acumulado em um dia está dentro do padrão atmosférico, para a região central do Estado de São Paulo.

Porém, cerca de 29% dos postos demonstraram tendências no aumento no volume de chuva acumulado em 24 horas, e os outros 16% apresentaram tendências na redução no volume de chuva acumulado em um único dia. Diante disso, é possível notar que algumas áreas no mapa apontam transições que configuram no aumento ou na redução das chuvas acumuladas ao longo de um dia.

Essas diferenças podem estar associadas aos efeitos do relevo, que pode contribuir para o volume das chuvas (aumento ou redução) durante o período úmido (outubro a março) do clima Tropical. Neste período, os sistemas atmosféricos atuantes, como os jatos de baixos níveis, transportam o fluxo de umidade da região Amazônica para a região Centro-Sul do Brasil e, quando somados as características fisiográficas locais (orografia), contribuem no desencadeamento do processo de formação de núcleos de convecção profundas, como por exemplo os CCM's – Complexo Convectivo de Mesoescala (CAVALCANTI, 2009). Segundo Houze (2012), a convecção profunda pode ser afetada pela orografia de diferentes formas:

- Gatilho: Fluxo potencialmente instável, em que até mesmo uma pequena elevação no terreno pode permitir o processo de convecção, de outra forma limitada por uma camada estável;
- Canalização e Limitação: O fluxo de nível médio descendo de um terreno mais alto pode limitar a convecção e, assim, permitir o aumento da instabilidade;
- Aumento da Precipitação Estratiforme de Mesoescalas: O movimento ascendente de mesoescala nas regiões estratiformes, quase neutro em termos de umidade, é facilmente aumentado pela elevação sobre o terreno quando os sistemas convectivos de mesoescala se movem sobre cadeias de montanhas.
- Variabilidade Diurna: o aquecimento diurno e o resfriamento noturno em terrenos elevados produzem convergência sobre o topo da montanha durante o dia e divergência durante a noite.

Além disso, tais efeitos normalmente contribuem para a geração combinada de mais de um efeito orográfico nas chuvas diárias para a região, conforme descrito por Roe (2005) e apresentado mais adiante na **Figura 5**.

Ainda na **Figura 4 (e)**, as tendências para o índice RX5 (Máximo de chuva acumulada em cinco dias) demonstraram um predomínio negativo para cerca de 45% dos postos pluviométricos. Ou seja, a ocorrência de chuvas acumuladas em cinco dias está diminuindo para a região central do Estado de São Paulo. Porém, cerca de 39% dos postos demonstraram tendências dentro da normalidade, e 16% dos postos apresentaram tendências no aumento da ocorrência de chuvas acumuladas em cinco dias. É possível notar que algumas áreas no mapa apontam transições que configuram no aumento ou na redução no volume das chuvas acumuladas em cinco dias. Essas diferenças podem novamente estar associadas a orografia, que pode contribuir com o aumento (ou redução) do volume das chuvas durante episódios de ZCAS na região.

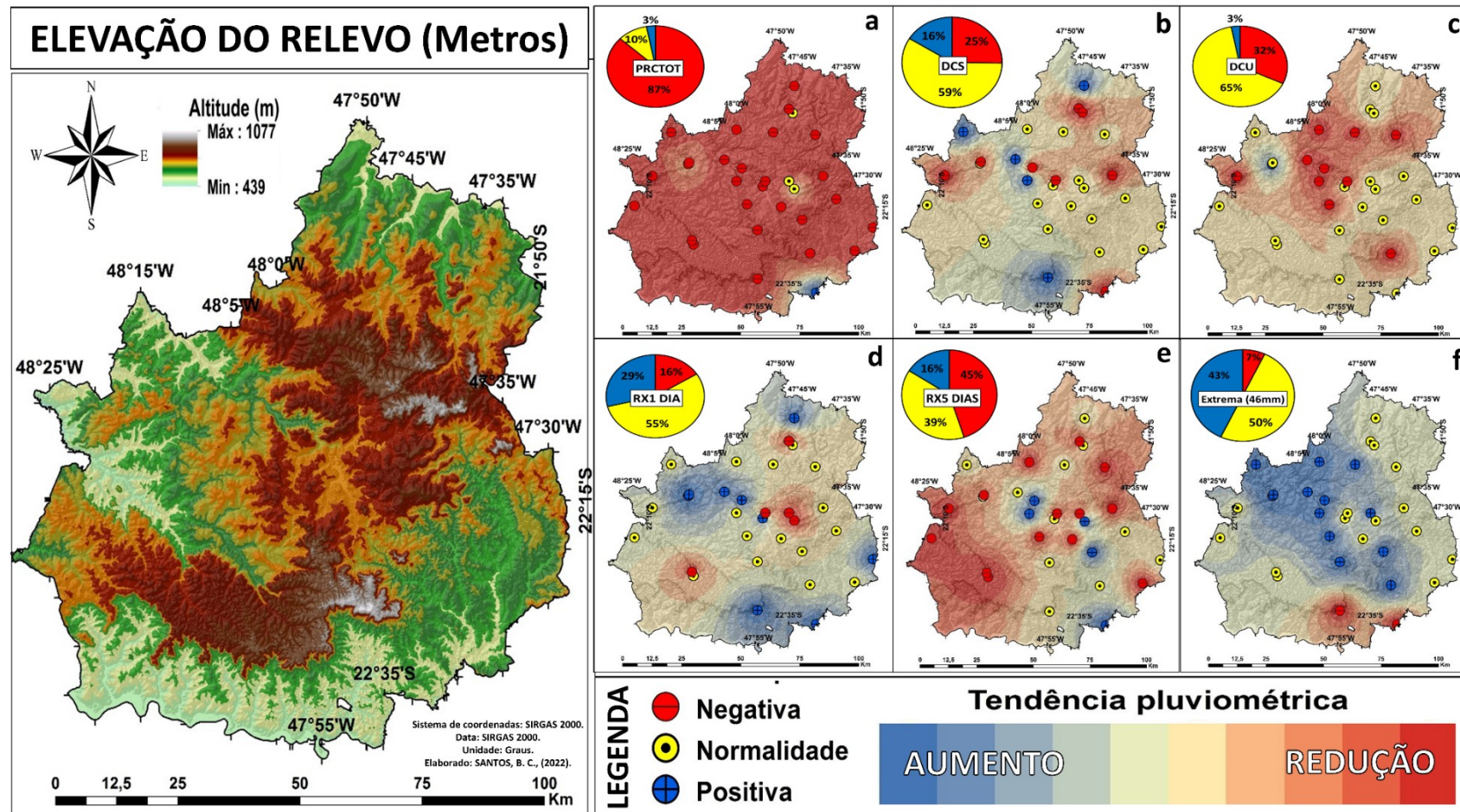


Figura 4: Distribuição espacial das tendências pluviométricas na área de estudo: (a) PRCTOT - Precipitação Total Anual (mm), (b) DCS – Dias Consecutivos Secos (nº de dia), (c) DCU – Dias Consecutivos Úmidos (nº de dia), (d) RX1 – Máximo de precipitação em um dia (mm), (e) RX5 – Máximo de precipitação em cinco dias (mm) e (f) RX46 – Chuvas Extremas de 46mm (nº de dia).

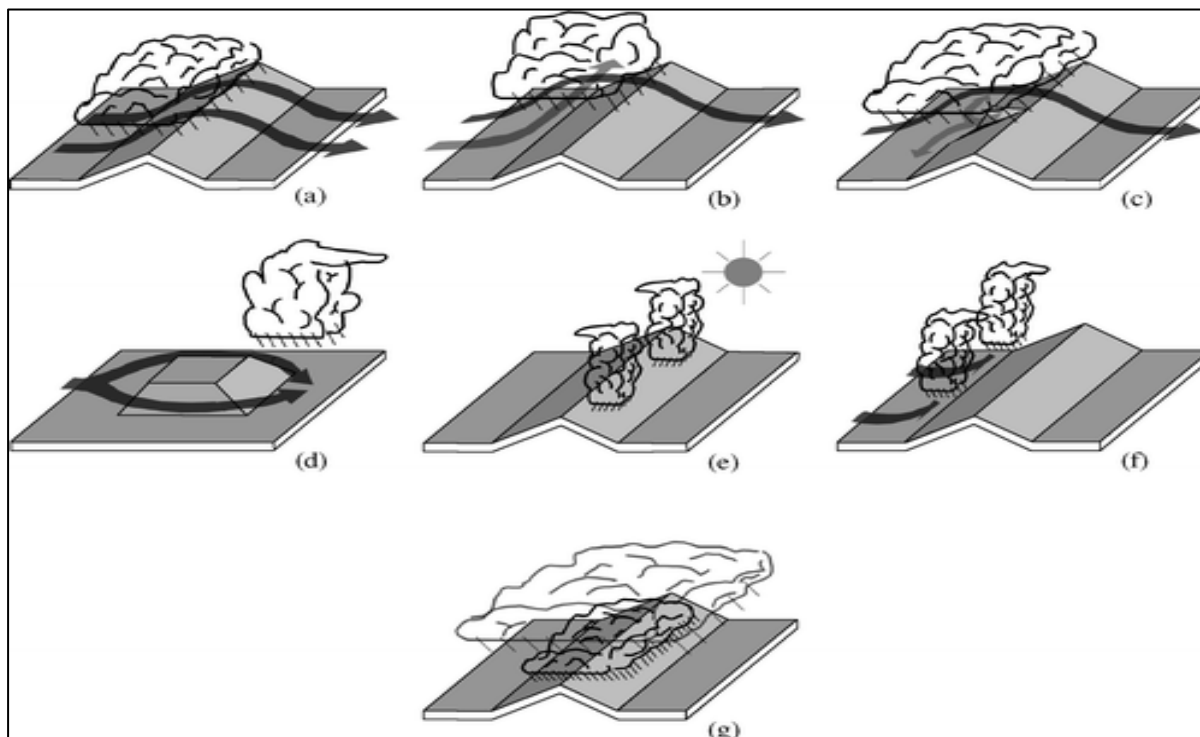


Figura 5: Mecanismos pelos quais os tipos de relevo afetam as nuvens precipitantes: (a) ascensão forçada, (b) efeito de bloqueio, (c) efeito do fluxo de ar forte no vale, (d) efeito do fluxo do ar dividido em torno do relevo, (e) convecção disparada, (f) autoconversão, e (g) efeito “alimentador-semeador” ou seed-feeder. **Fonte:** maiores detalhes em Roe (2005).

Ressalta-se que fenômenos atmosféricos frontogenéticos também contribuem na configuração de episódios de ZCAS, podendo atuar durante vários dias e, assim, interagem com a orografia local na intensificação do tipo *seed-feeder* (**Figura 5**). Segundo Houze (2012) e Roe (2005), o efeito acontece quando nuvens de grande escala preexistentes em níveis mais elevados “semeiam” ao passar sobre o relevo com mais precipitação, “alimentando” o desenvolvimento de nova cobertura de nuvem em níveis mais baixos do terreno. Portanto, a precipitação produzida da nuvem semeadora acrescenta umidade adicional quando ela cai por meio da nuvem alimentadora, seja por coalescência ou por borda, e assim a precipitação é aumentada sobre o relevo.

Por último, a **Figura 4** (f) mostra as tendências regionais para os dados de chuvas extremas (RX46mm), indicando que 50% das estações apresentam valores dentro da estabilidade. No entanto, as chuvas extremas indicam 43% das tendências positivas para algumas áreas no mapa, ou seja, sugerem o aumento dos episódios de chuvas extremas na região central do Estado de São Paulo. Já as tendências negativas totalizam apenas 7% das estações, isto é, apenas dois postos pluviométricos tiveram uma diminuição para as chuvas extremas. Segundo o estudo de Sanches *et al.*, (2022), esse cenário de tendência indica que a ocorrência de chuvas extremas é frequente e esse padrão vem aumentando em grande parte da área de estudo.

A ocorrência das chuvas intensas, mesmo sob influência do relevo, tende a se concentrar durante o período primavera-verão (outubro-março), onde a passagem de sistemas atmosféricos desencadeia a formação de instabilidade e contribui para a ocorrência de eventos extremos de precipitação em escalas de tempo mais curtas.

Ressalta-se, ainda, que eventos de precipitação intensos e longos são comuns na divisão topográfica. Segundo Houze (2012), a precipitação orográfica é intrinsecamente um fenômeno transitório e tende a ocorrer durante a passagem de um distúrbio meteorológico preexistente, e as taxas de precipitação podem variar substancialmente durante o curso de uma única tempestade, conforme as mudanças das condições sinóticas atuantes ao longo do dia.

Em estudos anteriores para a região, verificaram-se mudanças no padrão de precipitação e sua correlação com o ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) (TEIXEIRA e SATYAMURTY, 2011; YOULTON *et al.* 2012), com a flutuação de *outliers* e seu aumento nos últimos anos (SANCHES, 2015; SANCHES *et al.* 2018), com o aumento da variabilidade das chuvas extrema (BLAIN, 2013) e com chuvas extremas mais frequentes próximo à região de estudo (SANTOS *et al.* 2012), o que corrobora com os resultados obtidos. No entanto, a presença marcante de regiões orográficas, também pode influenciar nos valores de chuvas (DINKU *et al.*

2011; 2018; RAHMAN *et al.* 2009; TOTÉ *et al.* 2015) e, com isso, resultar em um comportamento pluviométrico distinto por efeito orográfico em áreas mais irregulares do relevo (SANTOS *et al.* 2018; 2020; 2021) em relação a outras áreas onde o relevo é mais plano.

4. Considerações finais

Nesse artigo foram espacializadas as tendências para 6 índices (PRCTOT, DCS, DCU, EX1, RX5 e RX46) de precipitação obtidos com o Rclimdex, buscando compreender a influência que o relevo exerce na distribuição e comportamento das chuvas na região Central do Estado de São Paulo.

Os resultados obtidos com o teste de tendência de Laplace para a chuva nas 31 estações de superfície localizadas na área estudada, sugerem diferentes comportamentos entre os índices aplicados. Os índices de PRCTOT e RX5, demonstraram uma prevalência na redução 87% das chuvas anuais (PRCTOT) e 45% para o máximo de chuva acumulado em cinco dias, porém algumas áreas foram encontradas tendências opostas, ou seja, de aumento das chuvas. Os índices DCS, DCU, RX1 e RX46mm apresentaram tendências dentro do padrão habitual para a maioria das estações na área de estudo. Entretanto, notou-se nos mapas algumas áreas que evidenciaram tendências no aumento de chuvas extremas, e em outros lugares, a redução da ocorrência de dias consecutivos úmidos. Essa diferença pode estar associada aos efeitos orográficos, dada a complexidade do terreno que algumas áreas apresentam, bem como relacionada a redução das chuvas com a influências oceânicas em determinado período do recorte temporal analisado nesse estudo.

Diante desse cenário, as chuvas na região central do estado de São Paulo vêm demonstrando tendência de redução no volume anual de chuvas. Porém, notou-se uma tendência no aumento de extremos de chuva diária. Sendo assim, as chuvas estão apresentando redução do volume anual acumulado (mm), e se concentrando em menos dias, com episódios diários extremos (>46mm) mais abundantes na área de estudo de modo geral. Dessa forma, torna-se necessário implementar políticas que possam mitigar os possíveis impactos que o aumento desses eventos extremos venha causar no espaço geográfico.

Por fim, a compreensão das tendências das chuvas em seu volume diário (mm) e dos episódios diários de chuvas extremas usando a ferramenta do teste de Laplace e o Rclimdex, permitiram projetar esse tipo de avaliação em função da precipitação, reafirmando, portanto, o potencial dessa ferramenta para esses estudos em série histórica de dados.

Notas

Este artigo faz parte da tese de doutorado do primeiro autor.

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* 711–728. 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BARREIRO, M.; TIPPMANN, A. Atlantic modulation of El Niño influence on summertime rainfall over southeastern South America. *Geophysical Research Letters*, v. 35, n. 16, 2008. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2008GL035019>>. Acesso em: 23/2/2016.

BLAIN, G. C. Totais decendiais de precipitação pluvial em Campinas, SP: persistência temporal, periodicidades e tendências climáticas. *Ciência Rural*, v. 41, n. 5, p. 789–795, 2011.

BLAIN, G. C. Seasonal variability of maximum daily rainfall in Campinas, state of Sao Paulo, Brazil: trends, periodicities, and associated probabilities/ Variabilidade inter-sazonal da precipitacao pluvial maxima diaria em Campinas, estado de Sao Paulo: tendencias, periodicidades e probabilidades associadas. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 35, n. 3, p. 557-, 2013.

CAVALCANTI, I. F. A. Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: A review and case studies for the first decade of the 21st century. *Atmospheric Research*, v. 118, p. 27–40, 2012.

- CAVALCANTI, I. R. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A.; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.) **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CORVALAN, S. B.; GARCIA, G. J.; Avaliação ambiental da APA Corumbataí segundo critérios de erodibilidade do solo e cobertura vegetal. **Geociências**, v. 30, n. 2, p. 269-283, 2011.
- CHRUN, D. Model-Based Support for Information Technology Security Decision Making. , 2011. Disponível em: <<http://drum.lib.umd.edu/handle/1903/11555>>. Acesso em: 17/10/2018.
- CHRUN, D.; SNEERINGER, G.; CUKIER, M. On the Use of Security Metrics Based on Intrusion Prevention System Event Data: An Empirical Analysis. 2008 11th IEEE High Assurance Systems Engineering Symposium(HASE). **Anais**. p.49-58, 2008. Disponível em: <doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/HASE.2008.52>.
- DINKU, T.; CECCATO, P.; CONNOR, S. J. Challenges of satellite rainfall estimation over mountainous and arid parts of east Africa. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 21, p. 5965-5979, 2011. Taylor & Francis.
- DINKU, T.; FUNK, C.; PETERSON, P.; et al. Validation of the CHIRPS satellite rainfall estimates over eastern Africa. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 144, n. S1, p. 292-312, 2018.
- DRUMOND, A. R. DE M.; AMBRIZZI, T. The role of the South Indian and Pacific oceans in South American monsoon variability. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 94, n. 3/Abr, p. 125-137, 2008.
- DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 3, p. 167-178, 2008.
- EVANGELISTA, H.; GODIVA, D.; SIFEDDINE, A.; et al. Evidences linking ENSO and coral growth in the Southwestern-South Atlantic. **Climate Dynamics**, v. 29, n. 7-8, p. 869-880, 2007.
- FARIAS, O.G.; FRANCISCO, C.N.; SENNA, M.C.A. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p.172-185, 2017.
- HOUZE, R. A. Orographic effects on precipitating clouds. **Reviews Geophysics**, 50, RG1001, 2012.
- HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; et al. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960-2000 and Links with Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**, v. 19, n. 8, p. 1490-1512, 2006.
- KANOUN, K., MARTINI, M. R. B., & SOUZA, J. M.: A Method for Software Reliability Analysis and Prediction Application to the TROPICO-R Switching System. **IEEE Transactions on Software Engineering**, 17, 334-344, 1991. <https://doi.org/10.1109/32.90433>
- KAYANO, M. T.; CAPISTRANO, V. B. How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall: AMO MODIFIES ENSO INFLUENCE. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 1, p. 162-178, 2014.
- LIEBMANN, B.; JONES, C.; DE CARVALHO, L. M. V. Interannual Variability of Daily Extreme Precipitation Events in the State of São Paulo, Brazil. **Journal of Climate**, v. 14, n. 2, p. 208-218, 2001.
- LIMA, K. C., SATYAMURY, P., & FERNÁNDEZ, J. P. R.: Large-Scale Atmospheric Conditions Associated with Heavy Rainfall Episodes in Southeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, 101, 121-135, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0207-9>
- MARENGO, J. A. et al.: An Intercomparison of Observed and Simulated Extreme Rainfall and Temperature Events during the Last Half of the Twentieth Century: Part 2: Historical Trends. **Climatic Change**, 98, 509-529, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9743-7>

- MEKIS, É.; VINCENT, L. A. An Overview of the Second Generation Adjusted Daily Precipitation Dataset for Trend Analysis in Canada. **Atmosphere-Ocean**, v. 49, n. 2, p. 163–177, 1 jun. 2011. `
- MIANI, R. S.; ZARPELAO, B. B.; SOBESTO, B.; CUKIER, M. A Practical Experience on Evaluating Intrusion Prevention System Event Data as Indicators of Security Issues. 2015 IEEE 34th Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS). **Anais...** . p.296–305, 2015.
- MONTEIRO, C.A.F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. São Paulo: USP/IG, 1973.
- MORUZZI, R.B.; OLIVEIRA, S.C. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 13, p. 59-68, 2009.
- NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista Do Departamento De Geografia**, 42, e184630, 2022.
- PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista** (Tese de Doutorado). São Paulo: Instituto de Geografia-USP, 1976.
- PINHEIRO, M.R.; QUEIROZ NETO, J.P. Reflexões sobre a gênese da Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista: O exemplo da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba, SP. **Revista do Instituto Geológico**, v. 35, n. 1, p. 47-59, 2014.
- OLIVEIRA, M. R. P. DE; GALVANI, E. Eventos Extremos de Precipitação no Perfil Longitudinal Paraty (RJ) - Campos do Jordão (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 0, n. spe, p. 58–66, 2017.
- PSCHIEDT, I.; GRIMM, A. M. Frequency of extreme rainfall events in Southern Brazil modulated by interannual and interdecadal variability. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 13, p. 1988–2011, 2009.
- RAFEE, S. A. A.; FREITAS, E. D.; MARTINS, J. A.; et al. Spatial Trends of Extreme Precipitation Events in the Paraná River Basin. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 59, n. 3, p. 443–454, 2020. American Meteorological Society.
- RAHMAN, S. H.; SENGUPTA, D.; RAVICHANDRAN, M. Variability of Indian summer monsoon rainfall in daily data from gauge and satellite. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 114, n. D17, 2009. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2008JD011694>>. Acesso em: 12/8/2021.
- RAO, V. B.; FRANCHITO, S. H.; SANTO, C. M. E.; GAN, M. A. An update on the rainfall characteristics of Brazil: seasonal variations and trends in 1979–2011. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 1, p. 291–302, 2016.
- REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. DA. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terrae Didactica**, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012.
- ROE, G.H. Orographic precipitation. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 33, p. 645-671, 2005.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 2011.
- SANCHES, R. G. **As chuvas na região de São Carlos/SP: estudo do comportamento pluviométrico a partir de dados de estações climatológicas, 1993-2014**, 24. set. 2015. text, Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-16112015-100925/>>. Acesso em: 5/12/2018.

- SANCHES, R. G.; NEVES, G. Z. DE F.; SANTOS, B. C. DOS; et al. Intense Rainfall in São Carlos/SP: Determination of Threshold Values Using Climate Indices and Their Spatio-Temporal Repercussion. *American Journal of Climate Change*, v. 07, p. 388, 2018.
- SANCHES, R. G. ; SANTOS, B. C. ; NEVES, G. Z. F. ; SILVA, M. S. D. ; SOUZA, P. H. ; TECH, A. R. B. . A influência da variabilidade climática na produção canavieira na microrregião de São Carlos/SP no período de 1994 a 2014. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 25, p. 495-514, 2019.
- SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C. D.; MIANI, R. S.; et al. Analysis of Daily Rainfall in São Carlos/SP, Brazil over 1979-2017 Using Laplace Trend Test. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, v. 8, n. 7, p. 104–125, 2020. Scientific Research Publishing.
- SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C.; NEVES, G. Z. F.; SILVA, M. S. D.; SOUZA, P. H. Análise da Tendência Pluviométrica na Região Central do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 30, p. 777-797, 2022
- SANTOS, C. A. C. DOS; SATYAMURTY, P.; GOMES, O. M.; SILVA, L. E. M. G. DA. Variability of extreme climate indices at Rio claro, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 4, p. 395–400, 2012.
- SANTOS, B. C. DOS; SOUZA, P. H. DE; VECCHIA, F. A. DA S. A caracterização da precipitação do ano hidrológico de 2013-2014 na região de São Carlos/SP e sua repercussão no espaço geográfico. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, n. 0, 15 set. 2017.
- SANTOS, B.C.; SANCHES, R.G.; SILVA, M.S.D.; KAYANO, T.Y.K.; SOUZA, P.H.; TECH, A.R.B. Análise do efeito orográfico por meio da interpolação de índices climáticos. *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF*, v. 8, n. 2, p. 114-132, 2018.
- SANTOS, B. C. dos, FONTÃO, P. A. B., & SOUZA, P. H.: O efeito do relevo nas chuvas na porção central do Estado de São Paulo em anos padrão extremos. *Revista Do Departamento De Geografia*, 40, 132-147, 2020.
- SANTOS, B. C.; SOUZA, P. H.; SANCHES, R. G.; BOLLELI, T. M.; TECH, A. R. B.: O efeito do Planalto Ocidental Paulista na Variabilidade e nos Anos Extremos das Chuvas no período de 1979-2019. *Caderno de geografia*, v. 31, Número Especial 2, p. 168-186, 2021.
- SANTOS, C. A. C. DOS; RAMOS, A. R. D. Avaliação dos eventos extremos de precipitação no estado do Piauí. *Agrometeoros*, v. 25, n. 1, 21 mar. 2018.
- SILVA DIAS, M. A. F.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; SILVA DIAS, P. L. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*, v. 116, n. 3, p. 705–722, 2013.
- SUGAHARA, S.; ROCHA, R. P. DA; SILVEIRA, R. Non-stationary frequency analysis of extreme daily rainfall in Sao Paulo, Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 29, n. 9, p. 1339–1349, 2009.
- SUKHWANI, H.; ALONSO, J.; TRIVEDI, K. S.; MCGINNIS, I. Software Reliability Analysis of NASA Space Flight Software: A Practical Experience. 2016 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS). *Anais...* . p.386–397, 2016.
- STEPHENSON, T. S.; VINCENT, L. A.; ALLEN, T.; VAN MEERBEECK, C. J.; MCLEAN, N.; PETERSON, T. C.; TROTMAN, A. R. Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961-2010. *International Journal of Climatology*, 2014.
- TADONO, H. NAGAI, H. ISHIDA, F. ODA, S. NAITO, K. MINAKAWA, H. IWAMOTO: Initial Validation of the 30 m-mesh Global Digital Surface Model Generated by ALOS PRISM, The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, ISPRS, Vol. XLI-B4, pp.157-162, 2016.

TAVARES, A.C.; REYNALDO, N.A.; DONATTO, M.C.B.D.C.; CRUZ, M. P. O Uso da Análise Episódica na Caracterização de Aspectos Topoclimáticos da Serra de Itaqueri-SP. **Boletim de Geografia - UEM**, v. 3, n. 3, p. 84-108, 1985.

TEIXEIRA, M. DA S.; SATYAMURTY, P. Trends in the Frequency of Intense Precipitation Events in Southern and Southeastern Brazil during 1960–2004. **Journal of Climate**, v. 24, n. 7, p. 1913–1921, 2011.

TOTÉ, C.; PATRICIO, D.; BOOGAARD, H.; et al. Evaluation of Satellite Rainfall Estimates for Drought and Flood Monitoring in Mozambique. **Remote Sensing**, v. 7, n. 2, p. 1758–1776, 2015. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

VÁSQUEZ P., I. L.; DE ARAUJO, L. M. N.; MOLION, L. C. B.; et al. Historical analysis of interannual rainfall variability and trends in southeastern Brazil based on observational and remotely sensed data. **Climate Dynamics**, v. 50, n. 3, p. 801–824, 2018.

YOULTON, C.; SHIRATSUBAKI, T.; OLIVEIRA, P. T. S. DE; WENDLAND, E. Influencia del fenómeno El Niño-La Niña y cambio climático en el patrón de lluvias en São Carlos-SP, Brasil. **Estudios Geográficos**, v. 73, n. 272, p. 325–331, 2012.

ZHANG, X.; YANG, F. RCLimDex (1.0) User Guide. Climate Research Branch Environment Canada: Downsview, Ontario, Canada, 2004.

ZILLI, M. T.; CARVALHO, L. M. V.; LIEBMANN, B.; SILVA DIAS, M. A. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 5, p. 2269–2279, 2017.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição- NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).