

Silvia **MIOTO*** 

Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil
silviamiotogo@hotmai.com

Maria Cleide **BALDO*** 

Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil
mcbaldo33@hotmai.com

Hélio **SILVEIRA*** 

Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil
hesilveira70@hotmai.com



TENDÊNCIA DA PLUVIOSIDADE SAZONAL E A OCORRÊNCIA DE EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR

Trend of seasonal rainfall and the occurrence of extreme pluvial events in the Pirapó-PR river basin

Tendencias estacionales de lluvia y ocurrencia de eventos de lluvia extrema en la cuenca del río Pirapó-PR

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o padrão de distribuição e possíveis tendências da precipitação média sazonal e da pluviosidade máxima sazonal em 24 horas na bacia do rio Pirapó-PR. Para a realização da pesquisa foi utilizado os totais pluviométricos diários de precipitação do período de 1980 a 2017 de 10 postos pluviométricos do Instituto Água e Terra (IAT). Foi aplicada a estatística descritiva e o teste não paramétrico de Mann-Kendall Sazonal (1982). Verificaram-se possíveis tendências nas séries históricas da precipitação sazonal, bem como na precipitação máxima em 24 horas. Os resultados mostraram que as estações da primavera e verão concentram os maiores valores médios de precipitação em relação ao outono e inverno já a frequência dos máximos diários de pluviosidade ocorre principalmente nas estações do verão e outono. O teste de tendência não demonstrou valores significativos ao nível de 5%, o que se conclui que não há uma modificação no padrão de distribuição da pluviosidade média e precipitação máxima em 24 horas, mas apenas oscilações decorrentes da variabilidade climática regional e local para a área de estudo.

Palavras-chave: chuvas máximas; Mann-Kendall; precipitação diária.

* Doutora em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá e Professora regente - Secretaria de Educação do Estado do Paraná.

** Doutora em Geografia, área de Produção do Espaço Geográfico, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus de Presidente Prudente SP. Pós-doutorado pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Presidente Prudente-SP. Atualmente é professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão PR, curso de Engenharia Ambiental.

*** Doutor em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2001). Atualmente é professor da graduação e Pós-Graduação (Mestrado e Doutorado) na Universidade Estadual de Maringá.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the distribution pattern and possible trends of average seasonal precipitation and maximum seasonal rainfall in 24 hours in the Pirapó-PR river basin. To carry out the research, daily rainfall totals from 1980 to 2017 from 10 rainfall stations of the Water and Land Institute (IAT) were used. Descriptive statistics and the non-parametric Mann-Kendall Seasonal test (1982) were applied. Possible trends were verified in the historical series of seasonal precipitation, as well as in the maximum precipitation in 24 hours. The results showed that the spring and summer seasons concentrate the highest average precipitation values in relation to autumn and winter, while the frequency of maximum daily rainfall occurs mainly in the summer and autumn seasons. The trend test did not demonstrate significant values at the 5% level, which concludes that there is no change in the distribution pattern of average rainfall and maximum precipitation in 24 hours, but only oscillations resulting from regional and local climate variability for the area of study.

Keywords: maximum rainfall; Mann-kendall; daily precipitation.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar el patrón de distribución y posibles tendencias de la precipitación estacional promedio y la precipitación estacional máxima en 24 horas en la cuenca del río Pirapó-PR. Para realizar la investigación se utilizaron las precipitaciones totales diarias desde 1980 hasta 2017 provenientes de 10 estaciones pluviométricas del Instituto de Aguas y Tierras (IAT). Se aplicó estadística descriptiva y la prueba estacional no paramétrica de Mann-Kendall (1982). Se verificaron posibles tendencias en la serie histórica de precipitación estacional, así como en la precipitación máxima en 24 horas. Los resultados mostraron que las temporadas de primavera y verano concentran los mayores valores promedio de precipitación con relación al otoño e invierno, mientras que la frecuencia de lluvias máximas diarias se presenta principalmente en las temporadas de verano y otoño. La prueba de tendencia no demostró valores significativos al nivel del 5%, lo que concluye que no hay cambios en el patrón de distribución de las precipitaciones promedio y máximas en 24 horas, sino sólo oscilaciones resultantes de la variabilidad climática regional y local para la zona de estudio.

Palabras-clave: precipitaciones máximas; Mann-Kendall; precipitación diaria.

INTRODUÇÃO

Eventos climáticos extremos têm despertado o interesse da sociedade por sua frequência e impactos causados em todos os setores econômicos no Brasil e no mundo. No Brasil estes extremos ocorridos em várias regiões são muitas vezes verificados a partir de secas severas e chuvas intensas.

As projeções do (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change (2023) sobre a ocorrência de eventos extremos como consequências das mudanças climáticas globais indicam que não apenas o solo e o oceano sofrerão consequências negativas, mas os diversos setores econômicos, bem como a infraestrutura urbana, a saúde e agricultura. Neste sentido, a vulnerabilidade econômica e social de muitos países é explícita, exigindo ações climáticas institucionais locais e global.

Segundo estudos como o de Marengo (2007), Ambrizzi *et al.* (2007) e Guimarães *et al.* (2016) o aumento na frequência de eventos climáticos extremos, sejam secas prolongadas ou aumento na intensidade das precipitações, impactam especialmente regiões consideradas as mais vulneráveis do Brasil, ou seja, a Amazônia e a região Nordeste.

O sexto relatório do IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2023) com base em dados diários de precipitação, aponta que o sudeste da América do Sul possui tendência de mudança na frequência e intensidade das chuvas desde 1950 até o presente. Além disso, as projeções indicam mudanças de aumento na precipitação sazonal, bem como maiores eventos intensos entre as estações do ano.

Atualmente, a aplicação do teste Mann-Kendall vem sendo amplamente utilizado nas pesquisas sobre tendências de mudança no padrão de distribuição da pluviosidade, bem como na ocorrência de eventos pluviiais extremos. Mendonça (2006), ao analisar dados de temperatura e precipitação total anual do período de 1961 a 2004 para os três estados do Sul do Brasil, verificou tendências de aumento da pluviosidade no norte do estado do Paraná em relação à Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Para este autor, as mudanças expressivas no regime das chuvas intensificam os processos erosivos no solo, principalmente no noroeste do Paraná.

Back (2001) pesquisou a precipitação da cidade de Urussanga-SC para a série histórica de 1924 a 1998. Segundo este autor, observou-se um aumento na tendência de precipitação anual no período analisado, principalmente a partir de 1991. Os resultados de Back, Della Bruna e Vieira (2012) confirmaram os resultados obtidos por Back (2001) para a mesma região e evidenciaram,

ainda, tendências positivas na precipitação pluvial total anual, bem como aumento do número de dias com chuva igual ou superior a 20 mm.

Considerando a influência do clima nos diversos setores econômicos e principalmente a influência na produção agrária, característica predominante no estado do Paraná, o presente trabalho objetiva analisar o padrão de distribuição e possíveis tendências da precipitação média sazonal, bem como a pluviosidade máxima sazonal em 24 horas na bacia do rio Pirapó-PR.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Localização da área de estudo

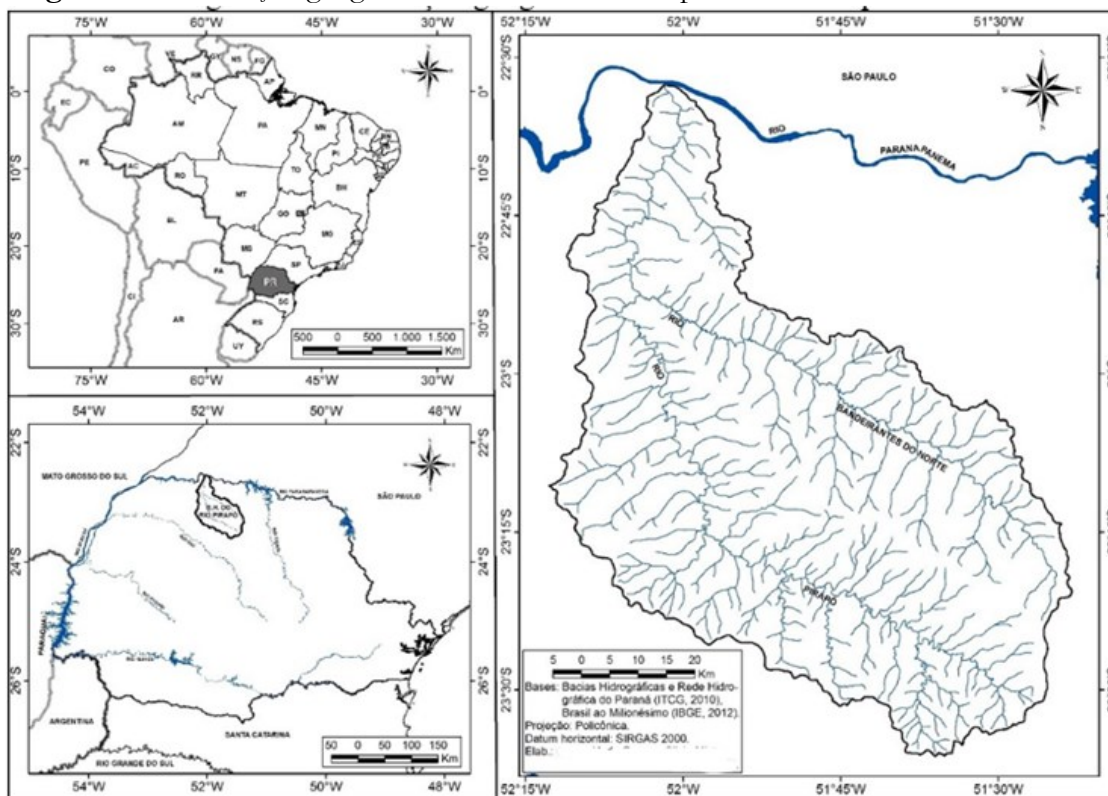
Com uma área total de 5.098,10 km², a bacia hidrográfica do rio Pirapó (Figura 1) encontra-se localizada na região norte do estado do Paraná, entre as latitudes de 22° 30' e 23°30' Sul e longitudes de 51°15' e 52°15' Oeste. De acordo com a Secretaria do Meio Ambiente (Paraná, 2013), o rio Pirapó possui sua nascente nas intermediações do município de Apucarana, a cerca de 1.000 metros de altitude e tem sua foz no rio Paranapanema, a 300 metros de altitude, no município de Jardim Olinda, percorrendo uma extensão de 168 km.

De acordo com a nova classificação da Embrapa (2008), com a atualização do levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná (Embrapa, 1974), os tipos de solos encontrados na área estudada são: os Latossolos Vermelhos; os Nitossolos Vermelhos e os Neossolos Litólicos, que apresentam textura argilosa e/ou muito argilosa, provenientes da alteração das rochas basálticas das Formações geológicas Pitanga e Paranapanema que pertencem ao Grupo Serra Geral, Subgrupo Serra Geral Centro-Norte (Bresser; Brumatti; Spisila, 2021). Os Latossolos Vermelhos e os Argissolos Vermelhos, ambos de textura média, são provenientes das alterações de várias formações areníticas pertencentes ao Grupo Caiuá, tais como as Formações Rio Paraná, Goio Êre, Santo Anastácio e a Formação Vale do Rio do Peixe, pertencente ao Grupo Bauru, conforme o novo mapa geológico do Paraná (Bresser; Brumatti; Spisila, 2021).

Segundo a classificação de Köppen (1918), a bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta o clima Cfa subtropical úmido mesotérmico, de forma que os meses mais quentes apresentam temperatura superior a 22 °C e os meses mais frios, temperatura inferior a 18 °C. A precipitação deste tipo climático apresenta-se bem distribuída, não havendo uma estação seca bem definida. Contudo, concentração da precipitação ocorre principalmente no verão com médias entre 500,1 mm e 600,0 mm (Caviglione *et al.*, 2000).

A vegetação natural predominante da área de estudo é caracterizada por Troppmair (1990) e Roderjan *et al.* (2002) como Floresta Estacional Semidecidual, cuja semidecidualidade é a principal característica fisionômica, que permite a perda em parte das folhas de sua vegetação no período do inverno, onde evidencia-se as menores médias pluviométricas de 100,1 a 300,0 mm sazonais.

Figura 1 - Localização geográfica da bacia do rio Pirapó-PR



Fonte: Os autores.

Obtenção de dados, preenchimento de falhas e tratamento estatístico

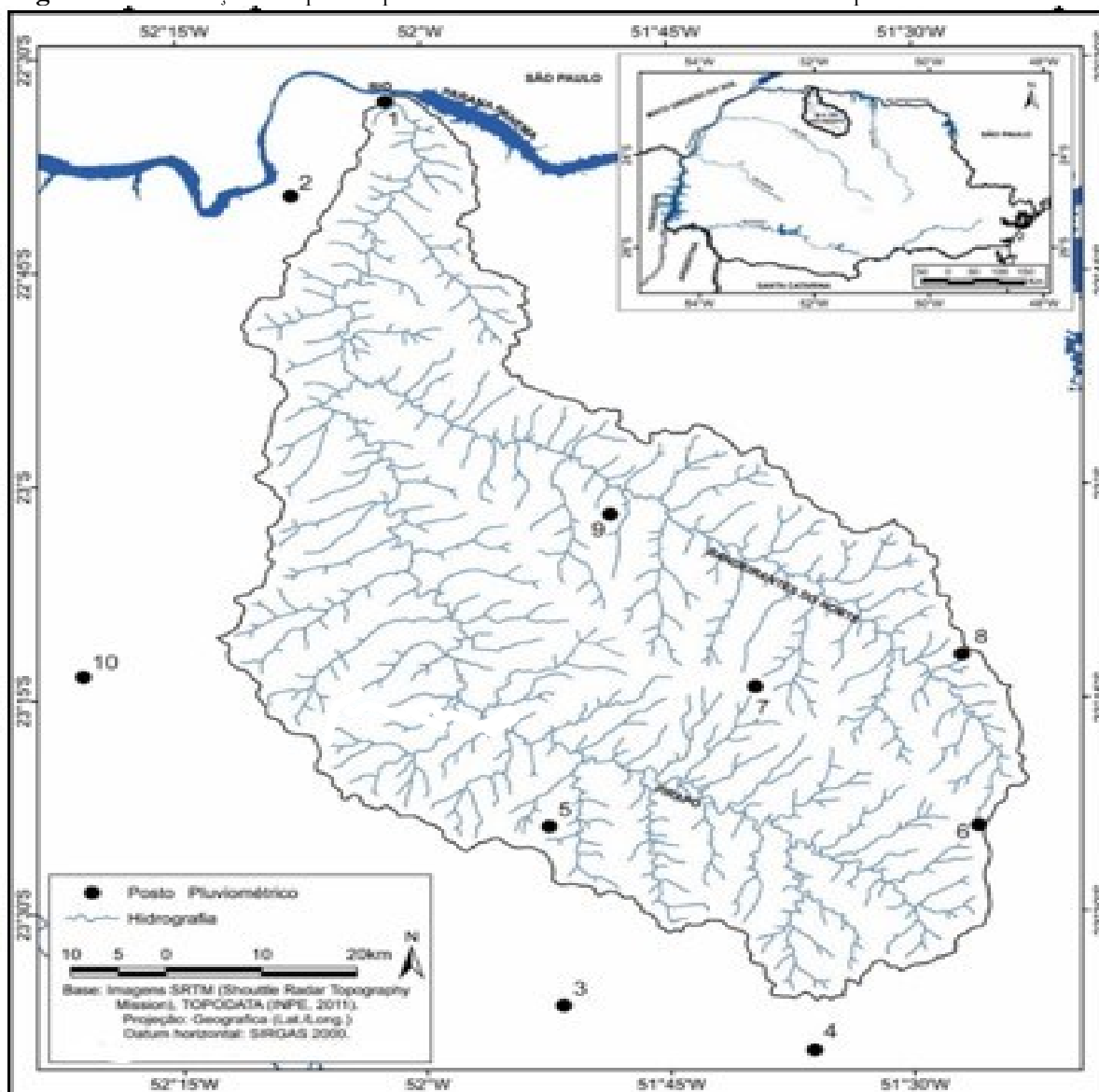
Foram utilizados dados diários de pluviosidade de 10 postos pluviométricos instalados na bacia hidrográfica do rio Pirapó (Figura 2), bem como em seu entorno, com segmento temporal de 1980 a 2017, obtidos junto ao Instituto Água e Terra - IAT (Tabela 1). Os dados dos postos localizados no entorno da bacia hidrográfica foram utilizados com o intuito de uma melhor distribuição espacial da precipitação pluviométrica, além da sua importância para o preenchimento de falhas.

Tabela 1 - Postos pluviométricos utilizados, com número, código, município, latitude, longitude e altitude na bacia do rio Pirapó-PR

Número no mapa de localização	Código	Posto Pluviométrico	Latitude	Longitude	Altitude
			(S)	(W)	(m)
1	2252013	Jardim Olinda	22°33'03"	52°02'11"	318
2	2252019	Paranapoema (Fazenda Guanabara)	22°39'39"	52°07'59"	299
3	2351029	Marialva (São Miguel do Cambuí)	23°36'35"	51°51'36"	372
4	2351043	Cambira (Cruzeiro)	23°39'46"	51°36'09"	601
5	2351045	Maringá (Guaiaopó)	23° 24' 00"	51°52'26"	584
6	2351048	Arapongas	23° 24'00"	51°25'59"	793
7	2351051	Astorga	23°14'14"	51°39'41"	678
8	2351053	Rolândia (São Martinho)	23°12'00"	51°27'00"	653
9	2351054	Santa Fé (Bairro bom Jesus)	23°06'00"	51°52'00"	538
10	2352039	Nova Esperança (Ivaitinga)	23°13'19"	52°20'59"	497

Fonte: Instituto Água e Terra - IAT (2017).

Figura 2 - Localização dos postos pluviométricos inseridos na bacia do rio Pirapó-PR e no seu entorno



Fonte: Os autores (2018).

Após o tratamento estatístico dos dados, foi realizado o preenchimento de falha dos dados faltantes dos postos pluviométricos seguindo o método de ponderação regional apresentado por Villela e Mattos (1975). Segundo os autores, a precipitação do posto faltante é determinada pela média ponderada do registro das três estações vizinhas, onde os pesos são as razões entre as precipitações normais anuais (Equação 1):

$$P_x = \frac{\overline{P_x}}{3} \left(\frac{P_A}{\overline{P_A}} + \frac{P_B}{\overline{P_B}} + \frac{P_C}{\overline{P_C}} \right) \quad (1)$$

Onde: P_x : precipitação do posto pluviométrico com dados pluviométricos faltantes; $\overline{P_x}$: precipitação média mensal do posto X; P_A, P_B, P_C : são as precipitações mensais dos postos mais próximos utilizados para o preenchimento; $\overline{P_A}, \overline{P_B}, \overline{P_C}$: são as precipitações médias mensais destes mesmos postos.

Após a etapa de preenchimento de falhas, foram empregadas técnicas da estatística descritiva para organizar, sintetizar e descrever as características dos dados pluviométricos, como o cálculo da média, e medidas de variabilidade como desvio padrão, coeficiente de variação e valores máximos para a pluviosidade média e pluviosidade máxima em 24 horas. Posteriormente foram elaborados gráficos e tabelas na escala sazonal por meio do *Software Excel* 2016®.

Para a elaboração dos mapas de distribuição da precipitação média e pluviosidade máxima diária foi utilizado o *software Arcgis* (ArcMap) versão 10.4.1 (*Environmental Systems Research Institute*) e editado no sistema de Projeção geográfica e Datum horizontal SIRGAS 2000 (Carvalho; Assad, 2005).

O ano civil foi utilizado para a determinação e análise da precipitação do período sazonal da pluviosidade média e pluviosidade máxima em 24 horas, onde os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) correspondem a estação do verão, março, abril e maio (MAM) ao outono, junho, julho e agosto (JJA) abrangem o inverno e os meses de setembro, outubro e novembro (SON) a primavera. Posteriormente, foi elaborado os gráficos e mapas sazonais.

Para a elaboração dos mapas foi utilizado o software Arcgis (ArcMap) 10.4.1 *free trial* (ESRI - *Environmental Systems Research Institute*). O material gerado foi editado no sistema de projeção Geográfica e Datum horizontal SIRGAS 2000. Para a espacialização e interpolação da pluviosidade na bacia, foi utilizado método Kriging (Ordinary-spherical), muito aplicado para a espacialização

de fenômenos geográficos, mais especificamente, os climáticos (Carvalho; Assad, 2005; Montebeller *et al.*, 2007; Silva; Sousa; Kayano, 2010).

Análise de tendência

Com o intuito de caracterizar o padrão das séries sazonais da pluviosidade média, número de dias com chuva e pluviosidade máxima em 24 horas, foi realizada a princípio uma análise descritiva dos dados diários de pluviosidade para posteriormente elaborar tabelas dos valores médios e realizar o teste de tendência monotônica sazonal de Mann-Kendall Sazonal (1982). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do ambiente estatístico (R (Development Core Team, 2019), versão 3.3.1).

O teste de tendência monotônica de Mann-Kendall Sazonal, que avalia a presença de tendência em uma série considerando a presença de sazonalidade, foi proposto por Hirsch, Slack e Smith (1982), sendo que a estatística S_i ($i=1, \dots, 12$) é calculada similarmente a estatística S da versão original do teste para cada mês. Assim, a estatística S' da versão sazonal é dada pela Equação 6:

$$S' = \sum_{i=1}^{12} S_i. \quad (6)$$

Levando em conta a independência entre os meses, a variância de S' também é dada pelo somatório das variâncias calculadas para cada mês, isto é, $var(S') = \sum_{i=1}^{12} var(S_i)$, enquanto a estatística do teste é obtida do mesmo modo, considerando os valores de S' e $var(S')$. Já a estatística τ' de Mann-Kendall referente ao teste sazonal é dada pela média dos valores de τ_i , calculados para cada mês, conforme apresenta a Equação 7:

$$\tau' = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \tau_i. \quad (7)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da pluviosidade sazonal

Devido à sua localização mais ao norte da região Sul, o estado do Paraná possui um regime de pluviosidade controlado pelas incursões de frentes frias do sul e pelas linhas de instabilidade do

norte do Brasil ao longo das estações do ano (Nimer, 1989). Esta interação desses sistemas resulta em diferenças expressivas na pluviosidade sazonal, mesmo que os valores médios anuais oscilem entre 1.200 mm e 1.800 mm (Nitsche *et al.*, 2019).

A estação do verão se destacou em relação às demais estações com média pluviométrica de 524,9 mm (Figura 3 à esquerda). Os maiores valores de pluviosidade em relação à média concentraram-se nos postos localizados ao sul da bacia hidrográfica, sendo o maior valor registrado pelo posto 6 (Arapongas) com 570,7 mm, seguido pelo posto 4 (Cambira) com 554,1 mm, posto 8 (Rolândia) com 545,4 mm, posto 7 (Astorga) com 542,6 mm, posto 5 (Maringá) com 540,9 mm e o posto 3 (Marialva) com 531,8 mm (Figura 3 à esquerda).

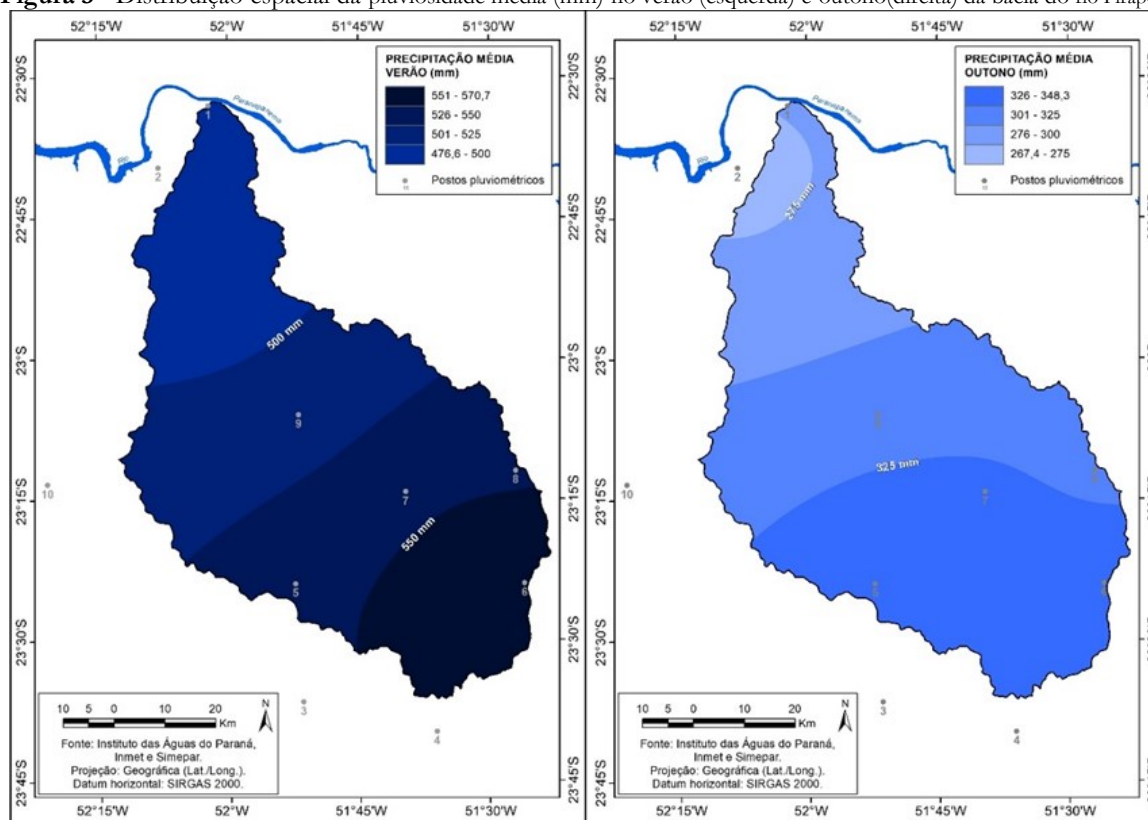
Os postos que apresentaram valores inferiores à média nesta estação na porção central da área de estudo foram o posto 9 (Santa Fé) e 10 (Nova Esperança) com 511,0 mm e 494,5 mm, respectivamente. Já os postos 1 (Jardim Olinda) e no 2 (Paranapoema), inseridos ao norte da bacia, obtiveram 482,7 mm e 475,0 mm (Figura 2 A). Segundo Nitsche *et al.* (2019) a média pluviométrica durante o verão é de 500 a 600 mm para a área de estudo, o que está em conformidade com os resultados apresentados na presente pesquisa.

Apesar de vários autores apontarem um contraste pluviométrico entre o verão e inverno, definido como o regime de monção na região Sul (Gan *et al.*, 2016; Garcia, 2006; Grimm, 2009; Nimer, 1989), verifica-se que nas estações de transição, primavera e outono, há a ocorrência de sistemas atmosféricos importantes, como os complexos convectivos de mesoescala (CCM) (Reboita *et al.*, 2012).

O período referente ao outono apresenta valores de pluviosidade média sazonal inferiores em relação ao verão e a primavera e mais elevado do que o inverno, porém com a mesmo padrão de distribuição dos postos. Com média pluviométrica de 326,9 mm, observa-se que os postos ao sul da bacia se destacaram com valores mais representativos, como se observa no posto 3 (Marialva) que obteve média de 370,1 mm, o posto 4 (Cambira) 379,2 mm, o posto 5 (Maringá) com 344,2 mm, o posto 6 (Arapongas) 348,4 mm e 7 (Astorga) com 332,5 mm (Figura 3 à direita).

Os postos 9 (Santa Fé) e 10 (Nova Esperança), localizados na porção central, apresentaram valores abaixo da média com 314,5 mm e 324,1 mm, respectivamente. Os postos 1 (jardim Olinda) e 2 (Paranapoema) ao norte da área de estudo também demonstraram valores inferiores com 277,1 mm e 264,3 mm (Figura 3 à direita). Destaca-se que os valores médios para o outono variam entre 300 e 400 mm (Nitsche *et al.* 2019).

Figura 3 - Distribuição espacial da pluviosidade média (mm) no verão (esquerda) e outono(direita) da bacia do rio Pirapó-PR



Fonte: Os autores.

De acordo com Nimer (1989), a estação do inverno no norte do Paraná é fortemente marcado pela seca decorrente da diminuição da atuação das correntes perturbadas de oeste e das invasões da frente polar. Andrade (2005), ao analisar a frequência das frentes frias na região sul da América do Sul através do Boletim Climanalise entre 1992 e 2002, verificou que há maior concentração destes sistemas na latitude 30° S do que em relação a 20° S durante o inverno.

Grimm (2009) aponta que durante o inverno a maior convergência de umidade se desloca mais para o sul, implicando elevados máximos de precipitação sobre o estado do Rio Grande do Sul pela atuação incisiva dos sistemas frontais e a formação de ciclogênese. Para a autora, a ciclogênese influencia na geração de chuvas na região Sul e pode atuar de forma significativa tanto no inverno quanto na primavera.

O inverno configura-se como a estação mais seca para a área de estudo (Figura 4 à esquerda). Esta estação obteve a média de 238,0 mm, a menor em relação às demais estações. Os postos que se destacaram com valores superiores à média foram o posto 3 (Marialva) com 264,1 mm, 4 (Cambira) com 278,2 mm, 5 (Maringá) 243,5 mm, 6 (Arapongas) 257,2 mm, 7 (Astorga) com 248,8 mm, todos inseridos na porção sul, e 10 (Nova Esperança) com 243,2 mm, localizado na porção central da área de estudo.

O posto 9 (Santa Fé), na porção central, obteve média de 225,9 mm e os postos 1 (Jardim Olinda) e 2 (Paranapoema), ao norte da bacia, apresentaram os menores valores da média histórica em relação aos demais postos pluviométricos para esta estação, com 194,8 mm e 202,1 mm, respectivamente (Figura 4 à esquerda). Os resultados confirmam os apontamentos de Nitsche *et al.* (2019), onde indicam que na porção ao norte do Paraná a média da pluviosidade sazonal é de até 200 mm e a porção mais ao sul de até 300 mm.

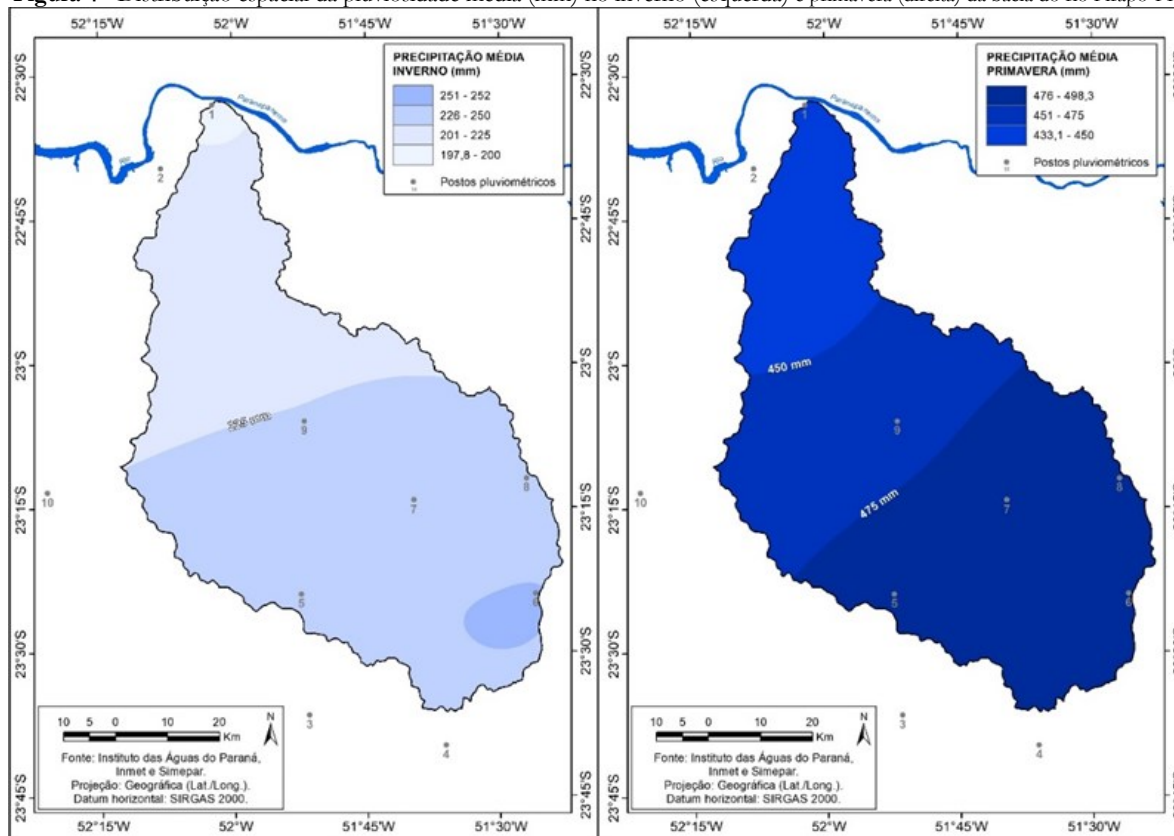
A primavera (Figura 4 à direita) apresentou valores de pluviosidade aproximados ao do verão, com média de 474,3 mm. Os dados coletados no sul da bacia demonstraram valores superiores, onde o posto 3 (Marialva) apresentou 483,3 mm, 4 (Cambira) 479,3 mm, 5 (Maringá) 488,1 mm, 6 (Arapongas) 496,3 mm, 7 (Astorga) 495,6 mm, 8 (Rolândia) 496,8 mm e 10 (Nova Esperança) com 474,4 mm.

Os postos 1 (Jardim Olinda), 2 (Paranapoema) e 9 (Santa Fé), na porção central e norte, apresentam valores médios de 437,3 mm, 431,5 mm e 460,6 mm respectivamente para esta estação. Nitsche *et al.* (2019) observou que os valores médios nestas porções da bacia oscilaram entre 300 e 400 mm, já na porção mais ao sul as médias estão acima de 400 mm.

Barbieri (2007), por meio de dados diários de precipitação entre 1981 e 1996, observou que a primavera é a estação que apresenta mais valores significativos de pluviosidade depois do verão na região Sul do Brasil. Segundo o autor, tais valores podem estar relacionados às passagens de frentes frias e com a atuação dos CCMs que se formam nesta época do ano.

Grimm (2009) e Sakamoto (2009) ressaltam que os CCM são responsáveis por grande parte da precipitação total na primavera e no outono e a sua intensidade está ligada à mudança sazonal dos jatos de altos níveis (JAN) e dos jatos de baixos níveis (JBN) a leste dos Andes.

Figura 4 - Distribuição espacial da pluviosidade média (mm) no inverno (esquerda) e primavera (direita) da bacia do rio Pirapó-PR



Fonte: Os autores (2018).

Percebe-se a partir dos resultados expostos que a dinâmica atmosférica da área de estudo, marcada pela localização e a variação da intensidade da precipitação, configura contrastes marcantes nos valores médios de precipitação entre as estações do verão e inverno. No regime típico de monção, a estação chuvosa se inicia na primavera e termina no início do outono, contribuindo para que haja a diferença de pluviosidade entre estas duas estações (Gan *et al.*, 2016; Grimm, 2009; Lima, 2015; Pogorzelski, 2015).

Segundo Gan *et al.* (2016), o sistema de monção na América do Sul (SMAS) caracteriza-se por transporte de umidade em baixos níveis oriundos da Amazônia, redução da pressão sobre a região do Chaco argentino e influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul no escoamento continental. Para Grimm (2009), o sistema de monção é mais evidente durante os meses de verão, quando ocorre o aquecimento da baixa troposfera e o deslocamento de umidade no interior do continente. No inverno, entretanto, esta dinâmica concentra-se mais ao sul da região Sul, configurando, desta forma, menores valores de precipitação média no inverno para a área de estudo.

Contudo, no que confere a distribuição espacial da precipitação, observa-se que a média sazonal apresenta o mesmo padrão de distribuição em relação à média anual, ou seja, os valores

médios superiores em todas as estações encontram-se nos postos com cotas altimétricas mais elevadas em relação aos postos de menor altitude.

Análise da pluviosidade máxima sazonal

Alguns fenômenos atmosféricos são essenciais na determinação da precipitação da região Sul ao longo do ano, como os sistemas frontais, os complexos convectivos de mesoescala (CCM) e o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (Reboita *et al.*, 2010). De acordo com Teixeira (2010), a interação de tais fenômenos atmosféricos estão associados a geração de chuvas intensas na região Sul do Brasil.

Severo (2008) destaca que as diferenças de regime de precipitação no Sul do Brasil ao longo do ano são mais perceptíveis entre as porções oeste do Paraná e Santa Catarina e o norte do Paraná. Segundo o autor, há uma amplitude de pluviosidade significativa entre as estações do ano nestas áreas.

A estação do verão e do outono apresentaram as maiores médias de pluviosidade máxima em 24 horas para a área de estudo, diferentemente das características apresentadas anteriormente, onde o verão e a primavera se destacaram. A média no verão foi de 122,7 mm e o outono 129,2 mm, respectivamente (Figura 5).

Observa-se que a distribuição espacial da pluviosidade máxima em 24 horas caracteriza-se pelo aumento gradativo do baixo para o alto curso da bacia do rio Pirapó. Os postos 1 (Jardim Olinda) e 2 (Paranapoema) inseridos no baixo curso obtiveram as menores médias de 101,3 mm e 108,7 mm e os postos 4 (Cambira) e 6 (Arapongas) localizados no alto curso demonstraram os maiores valores médios com 123,5 mm e 160,0 mm, respectivamente (Figura 5 à esquerda).

No outono, pode-se perceber um aumento significativo nos valores médios de pluviosidade máxima em 24 horas. Com média de 129,2 mm em 24 horas, observa-se de maneira bem clara a concentração de maiores valores médios no médio e alto curso da bacia (Figura 5 à direita).

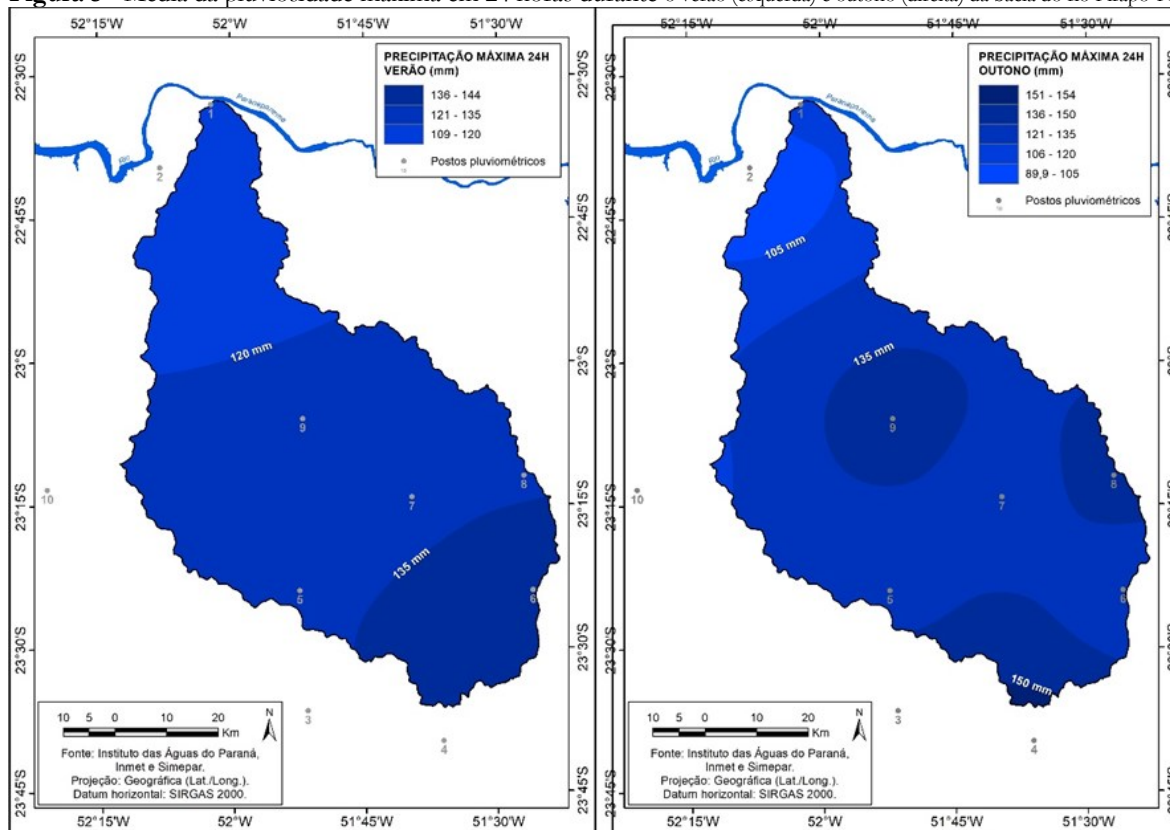
Ressalta-se que a distribuição espacial da pluviosidade nesta estação apresenta alguns postos com maiores médias de precipitação. O posto 9 (Santa Fé) na porção central, posto 8 (Rolândia) no setor sudeste da bacia e os postos 3 (Marialva) e 4 (Cambira) ao sul da área. Os postos 1 (Jardim Olinda) e 2 (Paranapoema) localizados ao norte, demonstraram os menores valores médios de precipitação máxima em 24 horas (Figura 5 à direita).

Teixeira e Satyamurty (2006) identificaram que durante o verão e o outono de 1991 e 2001 ocorreram 37 e 41 casos de chuvas intensas na região Sul do Brasil. Para os autores, fatores como

o fluxo de umidade, a pressão ao nível médio do mar (PNMM) estão associados a formação de chuvas intensas nestas estações do ano na região.

No Paraná, Pinheiro (2016) ao analisar a sazonalidade dos eventos intensos de precipitação na bacia do alto rio Iguçu-PR verificou que o verão é a estação com maior ocorrência destes eventos entre 1980 e 2010. Segundo a autora, a frequência pode estar associada ao fenômeno ENOS.

Figura 5 - Média da pluviosidade máxima em 24 horas durante o verão (esquerda) e outono (direita) da bacia do rio Pirapó-PR



Fonte: Os autores (2018).

A literatura aponta que durante os meses do inverno há uma expressiva redução da pluviosidade no norte do Paraná (Grimm, 2009; Nimer, 1989; Nitsche *et al.*, 2019; Terassi, 2015). Ao analisar a média da precipitação máxima em 24 horas para a estação do inverno (Figura 6 A) percebe-se que houve também uma redução nos valores em toda a área da bacia. Contudo, as porções onde os valores foram superiores à média de 90,9 mm concentraram-se no Norte, onde se localizam os postos 1 (Jardim Olinda) e 2 (Paranapoema) e ao sul nos postos 3 (Marialva), 4 (Cambira), 6 (Arapongas) e 7 (Astorga).

A redução da pluviosidade máxima em 24 horas para a estação do inverno está em consonância com os resultados obtidos por Deffune, Klosowski e Silva (1995) e Terassi, Silveira e

Graça (2016). Os autores ressaltam que nesta estação há maior incursões de sistemas frontais e consequentemente chuvas menos intensas.

Escobar, Seluchi e Andrade (2016) estudaram as chuvas intensas no leste do estado de Santa Catarina entre 1979 e 2010 e Concluíram que, embora as frentes frias tenham um máximo de ocorrência no inverno, é durante a primavera que intensificam as precipitações acima de 20 mm em 24 horas.

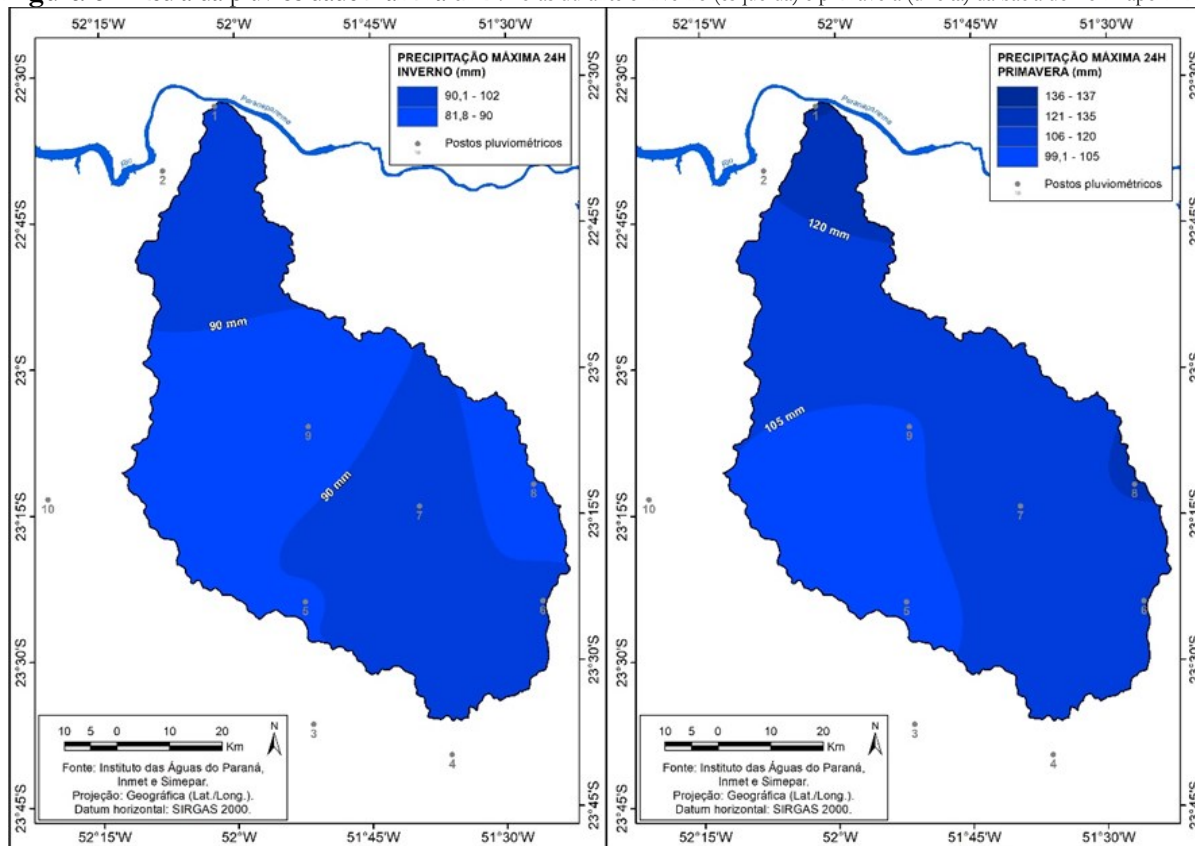
A média da pluviosidade máxima em 24 horas para a primavera (Figura 6 à direita) é semelhante à observada no verão e outono, com 112,5 mm. Observa-se que na porção mais ao norte, onde se encontra o posto 1 (Jardim Olinda), e porção sudeste no posto 8 (Rolândia), os valores são superiores à média, com 136,7 mm e 120,6 mm, respectivamente.

Teixeira (2010) ao analisar o comportamento da precipitação e dos eventos intensos na região Sul do Brasil entre 1960 e 2004 verificou que as chuvas podem ter máximos diários entre 100,0 mm e 150,0 mm durante as estações do outono e primavera. Segundo o autor, nestas estações as chuvas intensas podem estar associadas à formação dos CCMs como aponta Grimm (2009) e Ferreira e Anabor (2015).

Nota-se que diferentemente do inverno, a primavera se destaca com médias da pluviosidade máxima em 24 horas semelhantes à estação do verão, confirmando a característica da área de estudo com um clima de transição (Nimer, 1989). A estação do outono é que se sobressaiu em relação às demais e em relação ao número de dias de chuva e a pluviosidade média, confirmando a hipótese de que as chuvas máximas em 24 horas não obedecem a um padrão de distribuição uniforme e esperado (Baldo, 2018).

Segundo Nimer (1989) e Terassi (2015), as estações do verão e primavera se caracterizam por uma atuação associada dos sistemas atmosféricos intertropicais e os sistemas extratropicais, condição que favorece o aumento da pluviosidade.

Figura 6 - Média da pluviosidade máxima em 24 horas durante o inverno (esquerda) e primavera (direita) da bacia do rio Pirapó-PR



Fonte: Os autores (2018).

Análise da tendência mensal da pluviosidade total e pluviosidade máxima em 24 horas

Além do cálculo das variáveis realizado na escala anual, também foi aplicada a versão do teste Mann-Kendall sazonal para avaliar as séries mensais da precipitação total e precipitação máxima em 24 horas. O teste Mann-Kendall sazonal identifica a existência de tendência por justamente considerar o efeito da sazonalidade no comportamento da precipitação.

Em relação ao total pluviométrico sazonal, observa-se por meio da Tabela 6 que não há evidências suficientes de uma tendência significativa, seja de aumento ou decréscimo da pluviosidade para todos os postos avaliados. Ressalta-se que não se identifica o período com tendência positiva ou negativa, mas somente o posto pluviométrico.

Observa-se através do valor (tau) que os postos 3 (Marialva), 4 (Cambira), 6 (Arapongas) e 7 (Astorga) localizados na porção ao sul da bacia demonstram tendência negativa da pluviosidade, porém, ao analisar o valor (p) percebe-se que esta tendência não é significativa, o mesmo ocorre para os demais postos. Sendo assim, afirma-se que os totais pluviométricos não apresentam

tendência positiva ou negativa ao nível de 5% de significância no período de 1980 a 2017 (Tabela 2).

Sansigolo e Kayano (2010) identificaram tendência positiva de 2,26 na pluviosidade durante os meses de dezembro-janeiro-fevereiro no período de 93 anos (1913 a 2006) para o Rio Grande do Sul. Concluíram que a dinâmica climática durante o verão é responsável pelo aumento de chuvas no estado.

Salviano, Groppo e Pellegrino (2016) evidenciaram tendência negativa significativa das chuvas no Paraná somente nos meses de março e junho no período de 1961 a 2011. Os demais meses apresentaram tendência não significativa tanto para o aumento quanto para a diminuição da precipitação.

Os resultados de Leite (2022) para a região de Londrina, no norte do estado, apontam tendências positivas não significativas ao longo dos meses. Contudo, o mês de fevereiro, apresentou um nível de significância estatística de 90% para R20 mm para a área de estudo no período de 1950 a 2019.

Luiz Silva *et al.* (2015), com base nos indicadores de extremos climáticos (RClimdex) definidos por Frich *et al.* (2002), evidenciaram que as estações meteorológicas do norte do Paraná apresentaram tendências negativas significativas de precipitação nos meses de janeiro e julho, no período de 1976 a 2010, contrastando com os resultados da presente pesquisa.

Tabela 2 - Resultado do teste de Mann-Kendall Sazonal da precipitação total nos postos da bacia do rio Pirapó – PR

Número	Código	Posto	Z	tau	p	Spearman	Kendall
1	2252013	Jardim Olinda	0,904	0,030	0,366	0,028	0,018
2	2252019	Paranapoema	0,089	0,003	0,929	-0,008	-0,005
3	2351029	Marialva	-0,087	-0,003	0,930	-0,002	-0,001
4	2351043	Cambira	-0,343	-0,011	0,732	-0,011	-0,007
5	2351045	Maringá	1,114	0,036	0,265	0,037	0,026
6	2351048	Arapongas	-0,633	-0,021	0,527	-0,032	-0,022
7	2351051	Astorga	-0,178	-0,006	0,859	-0,017	-0,011
8	2351053	Rolândia	1,569	0,052	0,117	0,039	0,026
9	2351065	Santa Fé	1,774	0,058	0,076	0,066	0,044
10	2352039	Nova Esperança	1,118	0,037	0,264	0,047	0,031

* Valores em negrito indicam tendência significativa (valor $p < 0,05$).

Fonte: Os autores.

A Tabela 3 demonstra os resultados do teste de tendência para as precipitações máximas em 24 horas para a área de estudo. Considerando o efeito da sazonalidade nas séries diárias verificase tendência de aumento da pluviosidade máxima, ou seja, os valores de (tau) positivos indicam um

possível aumento destas precipitações, porém, por meio do valor (p) estes resultados não demonstram significância ao nível de 5%.

Os postos 2 (Paranapoema) e 9 (Santa Fé) apresentam os valores de (τ) mais elevados, com 0,072 e 0,070 (Tabela 3. Através desta característica, pode-se inferir a concentração da pluviosidade máxima diária nestas localidades.

Ressalta-se que diante do padrão de distribuição da precipitação, que a ocorrência de chuvas significativas e com um período menor de duração estão associadas ao clima regional e local, conforme apontam Minuzzi e Caramori (2011) e Pinheiro e Martin-Vide (2017).

Tabela 3 - Resultado do teste sazonal de Mann-Kendall Sazonal da precipitação máxima em 24 horas nos postos da bacia do rio Pirapó – PR

Número	Código	Posto	Z	tau	p	Spearman	Kendall
1	2252013	Jardim Olinda	1,169	0,038	0,242	0,050	0,033
2	2252019	Paranapoema	2,171	0,072	0,030	0,075	0,050
3	2351029	Marialva	0,357	0,012	0,721	0,019	0,012
4	2351043	Cambira	0,171	0,006	0,864	0,013	0,009
5	2351045	Maringá	1,078	0,035	0,281	0,039	0,027
6	2351048	Arapongas	0,374	0,012	0,709	0,005	0,004
7	2351051	Astorga	1,086	0,036	0,278	0,030	0,021
8	2351053	Rolândia	1,774	0,058	0,076	0,075	0,051
9	2351065	Santa Fé	2,149	0,070	0,032	0,094	0,063
10	2352039	Nova Esperança	0,022	0,001	0,983	0,011	0,007

* Valores em negrito indicam tendência significativa (valor $p < 0,05$).

Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise da escala sazonal foi possível observar que as estações da primavera e verão concentram os maiores valores médios de precipitação, apresentando valores inferiores no baixo curso e valores mais elevados no médio e alto curso da bacia, o que está em consonância com a dinâmica atmosférica regional para a área de estudo.

Quanto a concentração dos valores médios sazonais da pluviosidade máxima diária, a sua distribuição espacial ocorre no sentido do baixo para o alto curso da área, estando de acordo com as características obtidas para a precipitação média. Entretanto, observa-se que a maior frequência destes máximos ocorre principalmente nas estações do verão e outono, sendo distinto da maior frequência no verão e primavera da pluviosidade média e dos dias com chuva.

Em relação ao teste de tendência conclui-se que mesmo a pluviosidade total demonstrando valores negativos em alguns postos, tais valores não foram significativos. Já a precipitação máxima

em 24 horas demonstra uma possível tendência de aumento, porém não significativa, o que se relacionam com a dinâmica climática regional e local para a área de estudo.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, Tércio; ROCHA, Rosméri Porfírio da; MARENGO, José A.; PISNITCHENCO, Igor; NUNES, Lincoln alves; FERNANDEZ, Júlio P. R. F. **Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade**. Sub projeto: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Relatório 3: cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

ANDRADE, Kelen Martins. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**. 2005. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Meteorologia, São José dos Campos, SP, 2005.

BACK, Álvaro José. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.

BACK, Álvaro José; DELLA BRUNA, Emílio; VIEIRA, Hamilton Justino. Tendências climáticas e produção de uva na região dos Vales da Uva Goethe. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 497-504, 2012.

BALDO, Maria Cleide. **Análise da pluviosidade diária na bacia do rio Piquiri – PR**. 2018. Relatório (Pós-Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual “Júlio Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2018.

BARBIERI, Paulo Ricardo Bardou. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões Sul e Sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica**. 2007. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2007.

BRESSER, Marcell Leonard; BRUMATTI, Mariane; SPISILA, André Luís. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Paraná**. Curitiba: SBG-CPRM, 2021. 1 mapa. Escala 1:600.000. Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral.

CARVALHO, José Ruy Porto de; ASSAD, Eduardo Delgado. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 2, p. 377- 384, 2005.

CAVIGLIONE, João Henrique; KIIHL, Laura Regina Bernardes; CARAMORI, Paulo Henrique; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.

DEFFUNE, Gláucia; KLOSOWSKI, Elcio S.; SILVA, Sônia M. Concentração e intensidade pluviométrica de Maringá, 1976-1994. **Revista UNIMAR**, Maringá, v. 17, n. 3, p. 489-499, 1995.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina-PR: EMBRAPA, 1974. 1 mapa geológico. Escala 1:300.000.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos e Florestas, 2008.

ESCOBAR, Gustavo C. J.; SELUCHI, Marcelo E.; ANDRADE, Kelen. Classificação sinótica de frentes frias associadas a chuvas extremas no leste de Santa Catarina - SC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, SP, v. 31, p. 649-661, 2016.

FERREIRA, Vanessa; ANABOR, Vagner. Climatologia de sistemas convectivos de mesoescala ocorridos sobre a América do Sul no período de 2005 a 2006. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, n. 37, p. 17-21, 2015.

GAN, Manoel Alonso; SANTOS, Luiz Fernando; LIMA, Jeane Rafael Araújo; SILVA, Aline B. Monção da América do Sul. **Revista Climanalise**, São José dos Campos, SP, v. 1, p. 1-6, 2016.

GARCIA, Sâmia R. **Variabilidade do sistema de monção da América do Sul**: relações com a Oscilação Decadal do Pacífico. 2006. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2006.

GRIMM, Alice M. Clima da região sul do Brasil. *In*: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson J.; SILVA, Maria G. A. Justi da; DIAS, Maria A. Faus da Silva (org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 259-274.

GUIMARÃES, Sullyandro Oliveira; COSTA, Alexandre A.; VASCONCELOS JÚNIOR, Francisco das Chagas; SILVA, Emerson Mariano da; SALES, Domingo C.; ARAÚJO JÚNIOR, Luiz Martins de Araújo; SOUZA, Samuel Galvão de. Projeções de mudanças climáticas sobre o nordeste brasileiro dos modelos do CMIP5 e do CORDEX. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, SP, v. 31, n. 3, p. 337-365, 2016.

HIRSCH, Robert M.; SLACK, James R.; SMITH, Richard A. Techniques for trend assessment for monthly water quality data. **Water Resources Research**, Washington, US, v. 18, n. 1, p. 107-121, 1982.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Alterações climáticas 2014**: relatório de síntese. Genebra: IPCC, 2023.

KÖPPEN, Wladimir. Klassifikation der klimare nach temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, Glasgow, v. 64, p. 193-203, 1918.

LEITE, Luiza Teodoro. **Eventos extremos de precipitação em Londrina (PR)**: uma análise multidisciplinar. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina. 2022.

LIMA, Jeane Rafael Araújo. **Variabilidade interanual da circulação de Monção da América do Sul**. 2015. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2015.

LUIZ SILVA, Wanderson Luiz; DEREZYNSKI, Claudine; CHANG, Manyu; FREITAS, Marcos; MACHADO, Bruno Justen; TRISTÃO, Leonardo; RUGGERI, Janaina. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no Estado do

Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 2, p. 181 - 194, 2015.

MARENGO, José A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MENDONÇA, Francisco. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, p. 71-86, 2006.

MINUZZI, Rosandro Boligon; CARAMORI, Paulo Henrique. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no estado do Paraná. **Revista Ceres**, São Paulo, v. 58, n. 5, p. 593-602, 2011.

MONTEBELLER, Claudinei A.; CEDDIA Marcos, CARVALHO, Daniel F. de; VIEIRA, Sidney R.; FRANCO, Elenilson M. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 426-435, 2007.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989.

NITSCHKE, Pablo R.; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Wilian S.; PINTO, Larissa F. D. **Atlas climático do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica**. Curitiba: SEMA, 2013.

PINHEIRO, Gabriela Marques. **Variabilidade temporo-espacial da pluviosidade na bacia do alto Iguaçu**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PINHEIRO, Gabriela Marques; MARTIN-VIDE, Javier. A análise das tendências pluviométricas no Município de Irati/PR. *In: SIMPOSIUM BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*, 17., 2017, Campinas, SP. **Anais** [...]. Campinas: Unicamp, 2017. p. 1599-1609.

POGORZELSKI, Vanúcia S. **Índices de monção de verão para o hemisfério sul simulados pelos modelos do CMIP**. 2015. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Viçosa, MG, Viçosa, 2015.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing: Vienna. 2015. Disponível em: <http://www.Rproject.org>. Acesso em: 12 out. 2019.

REBOITA, Michelle Simões; GAN, Manoel Alonso; ROCHA, Rosmeri Porfírio da; AMBRIZZI, Tercio. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REBOITA, Michelle Simões; GAN, Manoel Alonso; ROCHA, Rosmeri Porfírio da; AMBRIZZI, Tercio. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Revista Terra e Didática**, Campinas, SP, v. 8, p. 34-50, 2012.

RODERJAN, Carlos Vellozzo; GALVÃO, Franklin; KUNIYOSHI, Yoshiko Saito; HATSCHBACH, Gert Günther. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, RS, v. 24, n. 1, p. 75 -92, 2002.

SAKAMOTO, Meiry Sayuri. **Sistemas convectivos de mesoescala observados na região subtropical da América do Sul durante o SALLJEX**. 2009. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

SALVIANO, Marcos Figueiredo; GROppo, Juliano D.; PELLEGRINO, Giampaolo Queiróz. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, SP, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.

SANSIGOLO, Clóvis Angeli; KAYANO, Mary Toshie. Tendências nas temperaturas máximas e mínimas e nas precipitações sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17., 2010, Belém, PR. Anais [...]. Belém: SBMET, 2010. 1 CD-ROM.

SEVERO, Dirceu Luís. **Padrões de circulação anômala associados a episódios úmidos e secos no sul do Brasil**. 2008. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2008.

SILVA, Djane Fonseca da; SOUSA, Francisco de Assis Salviano de; KAYANO, Mary Toshie. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mundaú. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, SP, v. 25, n. 3, p. 324-332, 2010.

TEIXEIRA, Mateus da Silva. **Caracterização física e dinâmica de episódios de chuvas intensas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil**. 2010. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2010.

TEIXEIRA, Mateus da Silva; SATYAMURTY, Prakki. Eventos extremos de precipitação na Região da Serra do Mar: parte II: condições meteorológicas de grande escala. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis, SC. Florianópolis: SBMET, 2006. 1 CD-ROM.

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas. **Variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV-PR**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, PR, Maringá, 2015.

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas; SILVEIRA, Hélio; GRAÇA, Carlos Henrique da. Intensidade pluviométrica diária e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, Estado do Paraná. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 17, p. 84-102, 2016.

TROPpMAIR, Helmut. Perfil fitoecológico do Estado do Paraná. **Revista Boletim de Geografia**, Maringá, PR, v. 8, n. 1, p. 67-80, 1990.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.