

## TENDÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO ANUAL E A OCORRÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ-PR ENTRE 1980 A 2017

**Silvia Miotto**

Universidade Estadual de Maringá – UEM  
Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Maringá, PR, Brasil  
[silvinhageo@gmail.com](mailto:silvinhageo@gmail.com)

**Hélio Silveira**

Universidade Estadual de Maringá – UEM  
Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Maringá, PR, Brasil  
[hesilveira70@hotmail.com](mailto:hesilveira70@hotmail.com)

### RESUMO

A presente pesquisa objetivou analisar o padrão de distribuição e possíveis tendências da precipitação anual média e da pluviosidade máxima em 24 horas na bacia do rio Pirapó-PR. Essa bacia está localizada no Terceiro Planalto Paranaense, entre as latitudes de 22° 30' e 23° 30' Sul e longitudes de 51°15' e 52°15' Oeste. Para a realização da pesquisa foram utilizados os totais pluviométricos diários de precipitação do período de 1980 a 2017 de 10 postos pluviométricos do Instituto das Águas do Paraná – SIH. Foi aplicada a estatística descritiva para os dados de pluviosidade dos 10 postos pluviométricos, utilizando-se os respectivos parâmetros: média, desvio padrão e coeficiente de variação. Por meio do teste não paramétrico de Mann-Kendall (1975), verificou-se possíveis tendências nas séries anuais da precipitação média anual e da precipitação máxima em 24 horas. Os resultados mostraram que há um aumento na distribuição da precipitação média anual do baixo para o alto curso da bacia, não sendo observado o mesmo padrão para a pluviosidade máxima diária semelhante. O teste de tendência demonstrou indícios de mudança no comportamento dos valores médios anuais de pluviosidade e máximos diários, porém não significativas. Com isso, as oscilações encontradas podem estar relacionadas não apenas a dinâmica climática regional e ao microclima na área de estudo, mas a variabilidade pluviométrica associada às falhas nos equipamentos e registro dos dados. Sendo assim, o comprometimento da qualidade dos resultados dificulta a associação com os eventos que podem influenciar a variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Pirapó.

**Palavras-chave:** Eventos extremos. Precipitação diária. Tendência.

### ANNUAL PRECIPITATION TREND AND THE OCCURRENCE OF EXTREME EVENTS IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF RIO PIRAPÓ-PR BETWEEN 1980 TO 2017

### ABSTRACT

This research aimed to analyze the distribution pattern and possible trends of average annual precipitation and maximum rainfall in 24 hours in the Pirapó-PR river basin. This basin is in the Third Planalto Paranaense, between latitudes of 22° 30' and 23° 30' South and longitudes of 51°15' and 52°15' West. To carry out the research, the daily rainfall totals from 1980 to 2017 from 10 rainfall stations of the Instituto das Águas do Paraná - SIH were used. Descriptive statistics was applied to the rainfall data of the 10 pluviometric stations, using the respective parameters: mean, standard deviation and coefficient of variation. Using the Mann-Kendall non-parametric test (1975), possible trends were verified in the annual series of average annual precipitation and maximum precipitation in 24 hours. The results showed that there is an increase in the distribution of the average annual precipitation from the low to the high course of the basin, with the same pattern not being observed for the similar daily maximum rainfall. The trend test showed signs of change in the behavior of the annual average values of rain and daily maximum, but not significant. As a result, the oscillations found may be related not only to the regional climatic dynamics and to the microclimate in the study area, but to the rainfall variability associated with equipment failures and data recording. Thus, compromising the quality of the results makes it difficult to associate with events that may influence rainfall variability in the Pirapó River hydrographic basin.

**Keywords:** Extreme events. Daily rainfall. Trend.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a investigação a respeito das mudanças no clima e a ocorrência de eventos extremos são assuntos cada vez mais frequentes nos meios de informação, seja nas pesquisas acadêmicas, instituições ambientais e órgãos de pesquisas nacionais e mundiais. Em grande parte, as informações oriundas são conflituosas, preocupantes e questionadoras, visto que apresentam consequências negativamente severas nos setores ambientais, econômicos e sociais.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2012) e o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014) argumentam que no contexto das mudanças climáticas globais, as projeções indicam mudanças alarmantes no comportamento da precipitação, pois preveem um aumento na precipitação de 5% a 10% até 2040, além do aumento na frequência das chuvas intensas. Diante disto, uma das preocupações sobre as consequências das mudanças climáticas são as modificações nas características da pluviosidade, o que tem impulsionado cada vez mais a comunidade científica buscar o entendimento deste elemento climático, sua gênese, variabilidade, bem como seu padrão de distribuição espacial, frequência e intensidade.

As chuvas intensas além de acarretar impactos negativos em áreas agricultáveis e grandes cidades, podem afetar a sociedade, a economia e o ambiente como um todo, por meio de inundações, perdas agrícolas, enchentes e alagamentos, comprometimento da infraestrutura urbana e rural, entre outros. Observa-se a partir desta perspectiva, que a aplicabilidade acerca do conhecimento acerca da variabilidade pluviométrica e as chuvas intensas cada vez mais frequentes não envolve somente estudos climatológicos e geográficos, mas diversas áreas como engenharia e agronomia por exemplo, porque fornecem subsídios para o planejamento ambiental e urbano, processos erosivos, gestão de recursos hídricos entre outros.

Entender e analisar a distribuição, frequência e tendência da pluviosidade em uma bacia hidrográfica neste caso é de suma importância, pois é imprescindível no contexto atual a gestão de recursos hídricos e a busca por soluções para a minimização de impactos, como processos erosivos em áreas agrícolas desencadeados por eventos de chuvas intensas associados as características pedológicas e do relevo (MIOTTO, 2017).

As mudanças climáticas globais, suas causas e consequências têm ganhado cada vez mais importância no cenário mundial, uma vez que prevê a mudança no padrão da precipitação para várias áreas do planeta. Desta forma, a identificação de tendências tem sido amplamente utilizada nos estudos climatológicos, principalmente para a compreensão da precipitação e na ocorrência de eventos extremos e seus respectivos impactos na sociedade.

Considerando as inúmeras discussões a respeito das repercussões das mudanças climáticas globais no clima regional e local, o objetivo do presente estudo consiste em analisar o padrão de distribuição da pluviosidade média anual e da pluviosidade máxima em 24 horas e verificar a tendência de aumento ou diminuição na área correspondente a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Com uma área total de 5.098,10 Km<sup>2</sup>, 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 SEMA (2010), 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, à 300 metros de altitude, no município de Jardim Olinda, percorrendo uma extensão de 168 Km.

Geologicamente a área de estudo é composta pelas unidades litológicas: basaltos provenientes da Formação Serra Geral, os arenitos das Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá, além de sedimentos inconsolidados de deposição fluvial (MINEROPAR, 2001). Os basaltos do Grupo São Bento são predominantes no alto e médio curso da bacia, enquanto as rochas sedimentares das demais formações encontram-se no médio e baixo curso (THOMAZ, 1984).

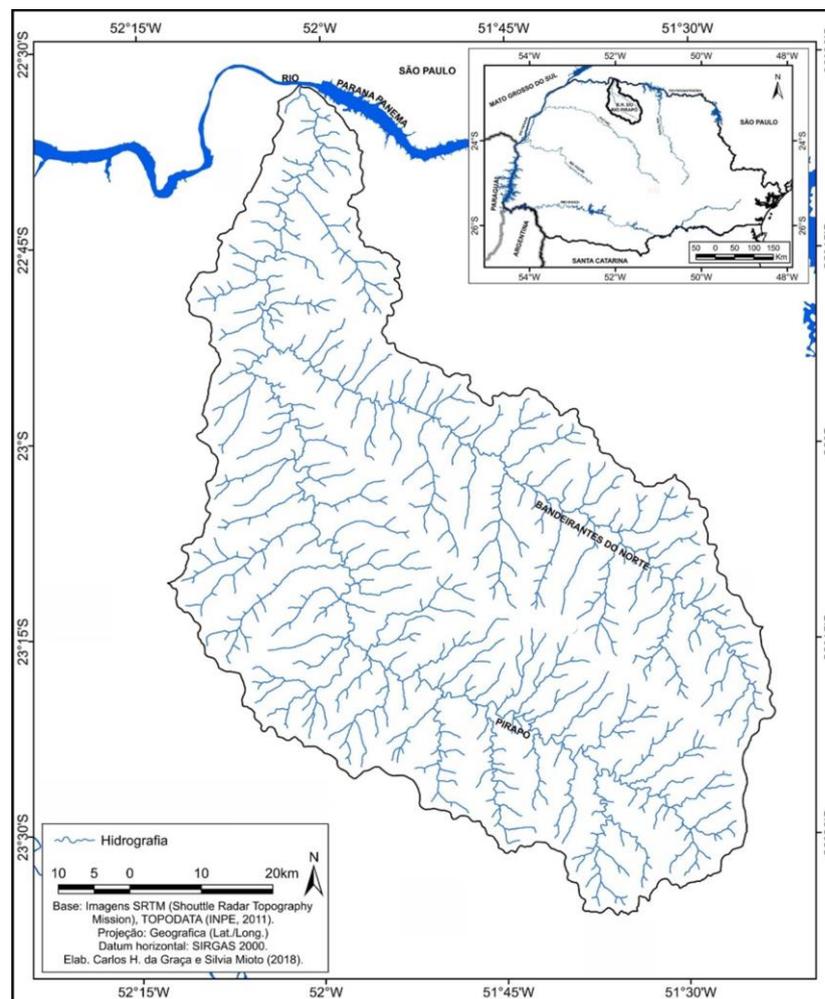
Os tipos de solos encontrados são o resultado das formações litológicas e da influência do relevo. De acordo com a nova classificação da Embrapa (2007), com a atualização do levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1974), os tipos de solos encontrados na área estudada são: os Latossolos Vermelhos de textura argilosa; os Nitossolos Vermelhos e os Neossolos Litólicos, do qual apresentam textura argilosa e/ou muito argilosa, provenientes da alteração das rochas

basálticas da Formação Serra Geral. Os Latossolos e os Argissolos Vermelho de textura média são provenientes das alterações dos arenitos das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina.

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 (CAVIGLIONE et al., 2000). Álvares et al. (2013), baseados na classificação climática de Köppen argumentam que a área de estudo apresenta a característica de transição climática, nos quais predominam os tipos climáticos “Cfa” e “Cfb”. Característica também apontada por Fritzsos et al. (2011) e IAPAR (2018).

A vegetação natural predominante da área de estudo é caracterizada por Troppmaier (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 de baixa precipitação pluviométrica.

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



Fonte - Carlos H. da Graça e Silvia Miotto (2018).

## METODOLOGIA

### Obtenção de dados, preenchimento de falhas e tratamento estatístico

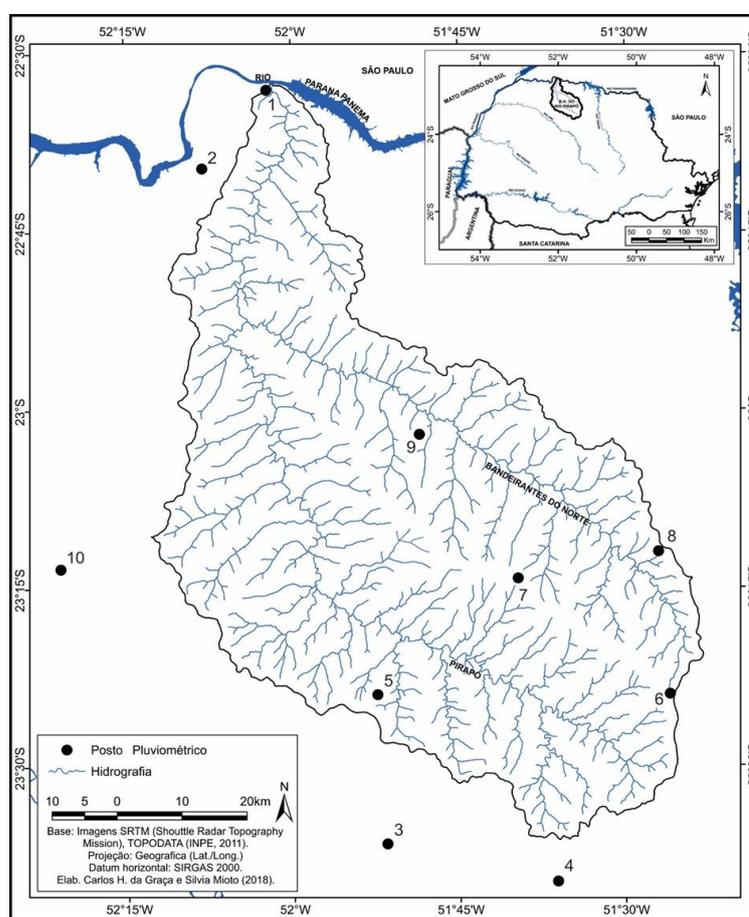
Foram utilizados dados diários de pluviosidade de 10 postos pluviométricos instalados na bacia hidrográfica do rio Pirapó, bem como em seu entorno, com segmento temporal de 1980 a 2017, obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná – Sistema de Informações Hidrológicas - SIH (Tabela 1). Os dados dos 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. Os postos pluviométricos estão espacializados na Figura 2.

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

Número mapa localização	no de	Código	Postos Pluviométricos	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (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 (Guaiapó)	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 - Elaborado pela autora (2020). \* Postos pluviométricos localizados fora da área de influência da bacia.

Figura 2 - Localização dos postos pluviométricos analisados.



Fonte - Carlos H. da Graça e Silveira Miotto (2018).

Para a realização do tratamento estatístico das séries históricas de precipitação dos dez postos pluviométricos, primeiramente foi verificada a consistência dos dados de cada planilha, sendo conferida e uniformizada, para posteriormente, empregar o preenchimento das falhas existentes para a escala mensal através da utilização de planilha eletrônica do Software Excel 2016®.

O preenchimento de falha dos dados faltantes foi realizado seguindo o método de ponderação regional apresentado por Villela e Mattos (1975). Segundo os autores, este método é muito utilizado para realizar estimativas onde se utiliza os registros pluviométricos de três estações localizadas o mais próximo possível da estação ou posto que apresenta falha nos dados de precipitação.

Desta forma 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):

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

Onde:  $P_X$  é a precipitação do posto pluviométrico com dados pluviométricos faltantes (mm);  $\overline{P}_X$  é a precipitação média mensal do posto X (mm);  $P_A, P_B, P_C$  são as precipitações mensais (mm); e,  $\overline{P}_A, \overline{P}_B, \overline{P}_C$  são as precipitações médias mensais destes mesmos postos (mm).

Após a etapa de preenchimento de falhas, foram empregadas técnicas da estatística descritiva, como o cálculo da média da pluviosidade, número de dias de chuva e pluviosidade máxima em 24 horas, para posterior elaboração de mapas, gráficos e tabelas na escala anual. Nesta escala os dados foram analisados com a ocorrência dos eventos El Niño e La Niña, conforme foi estabelecido por Golden Gate Weather Service (2020), como pode ser observado no Quadro 1.

A representação espacial da pluviosidade média anual e pluviosidade máxima em 24 horas foi realizada por meio do programa *Arcgis (Arcmap)* versão 10.4.1 (Environmental Systems Research Institute) e editado no sistema de Projeção geográfica e Datum horizontal (SIRGAS 2000). A espacialização da pluviosidade foi realizada por meio da geração de um banco de dados e interpolação pelo método Kriging Ordinária, considerado adequado para a espacialização dos fenômenos geográficos, especialmente os climáticos (CARVALHO; ASSAD, 2005; MONTEBELLER et al., 2007; SILVA, SOUSA e KAYANO, 2010).

Quadro 1 - Anos e intensidades do El Niño e La Niña baseado no índice de Niño oceânico (ONI).

El Niño				La Niña		
Fraco	Moderado	Forte	Muito Forte	Fraco	Moderado	Forte
1952-53	1951-52	1957-58	1982-83	1954-55	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1997-98	1964-65	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	2015-16	1971-72	1995-96	1988-89
1969-70	1986-87	1987-88		1974-75	2011-12	1998-99
1976-77	1994-95	1991-92		1983-84		1999-00
1977-78	2002-03			1984-85		2007-08
1979-80	2009-10			2000-01		2010-11
2004-05				2005-06		
2006-07				2008-09		
2014-15				2016-17		
2018-19				2017-18		

Fonte - Golden Gate Weather Service (2020).

### Análise de tendência

A princípio, foi realizada uma análise descritiva dos resultados para a obtenção de gráficos de linhas, com o intuito de caracterizar o comportamento das séries anuais da pluviosidade média e pluviosidade máxima em 24 horas. O gráfico de linhas de uma série temporal apresenta os valores da variável em questão para cada mês ou ano do período avaliado, em ordem, ligados por uma única linha. Ainda, foi acrescentado ao gráfico uma linha de tendência, obtida por meio do ajuste de um modelo de regressão linear simples entre a variável de interesse e o tempo.

Para verificar a existência de tendência nas séries anuais da precipitação média e da pluviosidade máxima em 24 horas, foi utilizado o teste de Mann-Kendall (1945). O teste avalia a presença de tendência em uma série temporal, seja linear ou não linear (Machiwal, 2012). Seja a série  $x_t$ , com  $t = 1, \dots, n$ , a variável estatística  $S$  para uma série de  $n$  dados do teste de Mann-Kendall é calculada a partir da somatória dos sinais ( $sgn$ ) da diferença, par a par, de todos valores da série ( $x_i$ ) em relação aos valores que a eles são futuros ( $x_j$ ), sendo expressa pela equação 2:

$$S = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=j+1}^n sgn(x_j - x_k), \quad (2)$$

Onde: cada observação  $sgn(x_j - x_k)$  é definido da seguinte forma:

$sgn(x_j - x_i) = +1$ ; se  $x_j > x_i$

$sgn(x_j - x_i) = 0$ ; se  $x_j = x_i$

$sgn(x_j - x_i) = -1$ ; se  $x_j < x_i$

A sua respectiva variância, sendo  $g$  o número de empates e  $e_i$  o número de observações no  $i$ -ésimo grupo empatado, é dada pela equação 3: sugestão: Quando  $n \geq 10$ , a variável  $S$  pode ser comparada com uma distribuição normal, na qual a sua variância,  $Var(S)$ , pode ser obtida através da Equação (3), na qual  $e_i$  representa a quantidade de repetições de uma extensão  $i$ .....

$$var(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^g e_i(e_i-1)(2e_i+5) \right] \quad (3)$$

Para  $n \rightarrow \infty$ ,  $S$  é normalmente distribuída. Assim, a estatística do teste  $Z$  (índice  $Z_{MK}$ ) pode ser escrita pela equação 4:

$$Z = \frac{S + m}{\sqrt{var(S)}} \quad (4)$$

Onde:  $m = 1$  se  $S < 0$  ou  $m = -1$  se  $S > 0$ .

Se o valor de  $S$  é igual a zero, a estatística  $Z$  também é tomada como zero. Os valores absolutos obtidos para  $Z$  são comparados com os valores críticos obtidos da distribuição normal padrão. A estatística  $\tau$  de Mann-Kendall, cujo sinal indica se a tendência é crescente ( $\tau > 0$ ) ou decrescente ( $\tau < 0$ ), foi obtida pela equação 5:

$$\tau = \frac{2S}{n(n-1)} \quad (5)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da pluviosidade média anual

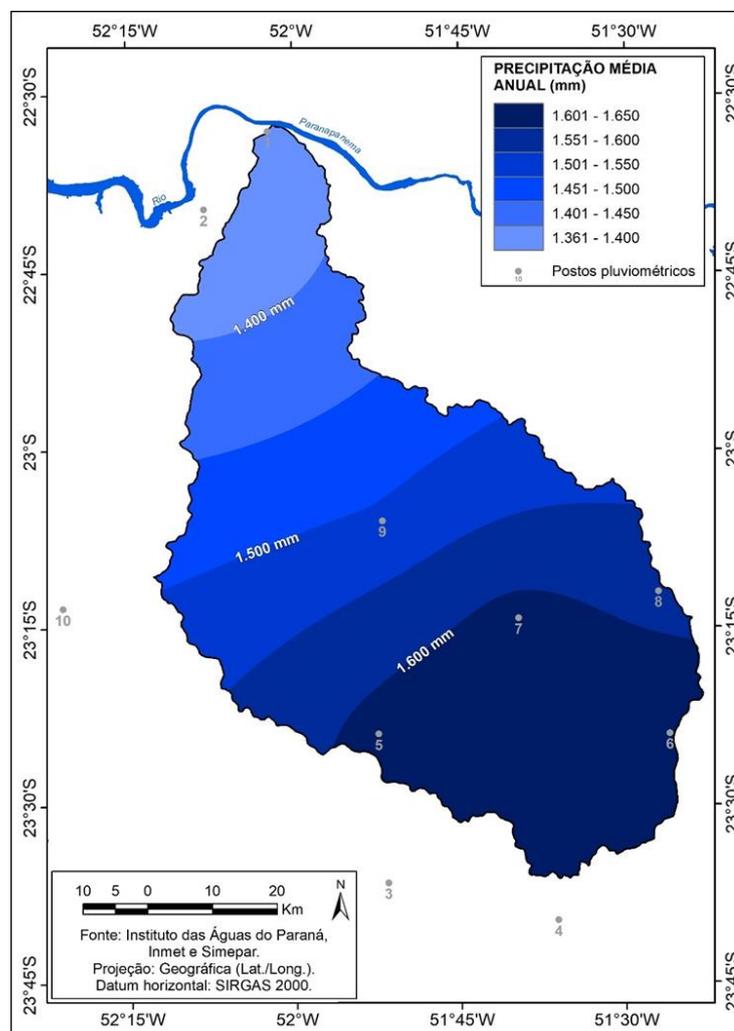
Embora Nimer (1989), destacar que a pluviometria da região Sul do Brasil é caracterizada pela sua homogeneidade, ao analisar este elemento anualmente constatou que os valores anuais decrescem sensivelmente na porção que compreende o norte do estado do Paraná.

Reboita et al. (2012), aponta vários sistemas meteorológicos que atuam na variação da precipitação da região Sul do Brasil, destacando-se os sistemas frontais, as linhas de instabilidade, os complexos convectivos de mesoescala, ciclones, sistemas convectivos alongados persistentes, vórtices ciclônicos em altos níveis e circulações de brisa.

De acordo com Nitsche et al. (2019) a precipitação média anual no estado do Paraná possui valores superiores a 1.800 mm na sua porção mais ao sul, enquanto ao norte as médias anuais oscilam entre 1.200 mm a 1.800 mm.

A média anual da precipitação pluviométrica para a bacia do rio Pirapó, localizada na região norte do estado é de 1.555,8 mm, com padrão de distribuição caracterizado pelo aumento gradativo dos valores médios do baixo para o alto curso da bacia (Figura 3).

Figura 3 - Precipitação média anual para a bacia do rio Pirapó-PR.



Fonte - Elaborado pela autora (2020).

Os postos 1 (jardim Olinda) com 318 metros e 2 (Paranapoema) com 299 metros localizados ao norte da bacia apresentaram valores inferiores à média, com 1.391,9 mm e 1.351,1 mm, respectivamente. Os postos 9 (Santa Fé) com 538 metros e 10 (Nova Esperança) com 497 metros inseridos na porção central

da área de estudo demonstraram valores médios anuais próximos a média histórica, com 1.508,9 mm e 1.536,1 mm, respectivamente (Quadro 2).

Em contrapartida, os postos situados ao sul da bacia, onde as cotas altimétricas são superiores 580 metros, apresentam valores médios anuais superiores à média histórica, como o posto 3 (Marialva), posto 4 (Cambira), 5 (Maringá), 6 (Arapongas), 7 (Astorga) e 8 (Rolândia). Entre estes, apenas o posto 3 (Marialva) possui a menor altitude, cerca de 372 metros (Quadro 2).

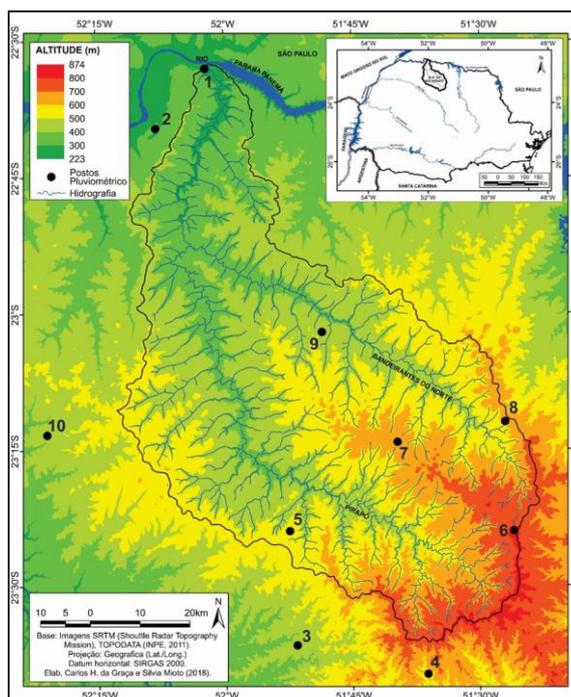
Quadro 2 - Altitude e média pluviométrica anual dos postos da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

Postos	Altitude (metros)	Média de pluviosidade anual (mm)
1	318	1391,9
2	299	1351,1
3	372	1645,1
4	601	1666,1
5	584	1616,7
6	793	1649,8
7	678	1619,4
8	653	1573,4
9	538	1508,9
10	497	1536,1
Média histórica da área de estudo		1.555,8

Fonte - Elaborado pela autora (2020).

Os resultados denotam que a variação espacial da pluviosidade média anual apresenta uma relação conjunta entre o relevo e a atuação dos sistemas atmosféricos em toda a bacia hidrográfica. A diferença pluviométrica entre os postos com maiores cotas altimétricas (postos 3, 4, 5, 6, 7 e 8) em relação aos postos localizados nas áreas de menor altitude (posto 1 e 2), pode estar relacionada a uma maior atuação dos sistemas atmosféricos extratropicais associada ao relevo no alto curso da bacia do que na área correspondente ao baixo curso (Figura 4).

Figura 4 - Localização dos postos pluviométricos na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.



Fonte - Carlos H. da Graça e Silvia Miotto (2018).

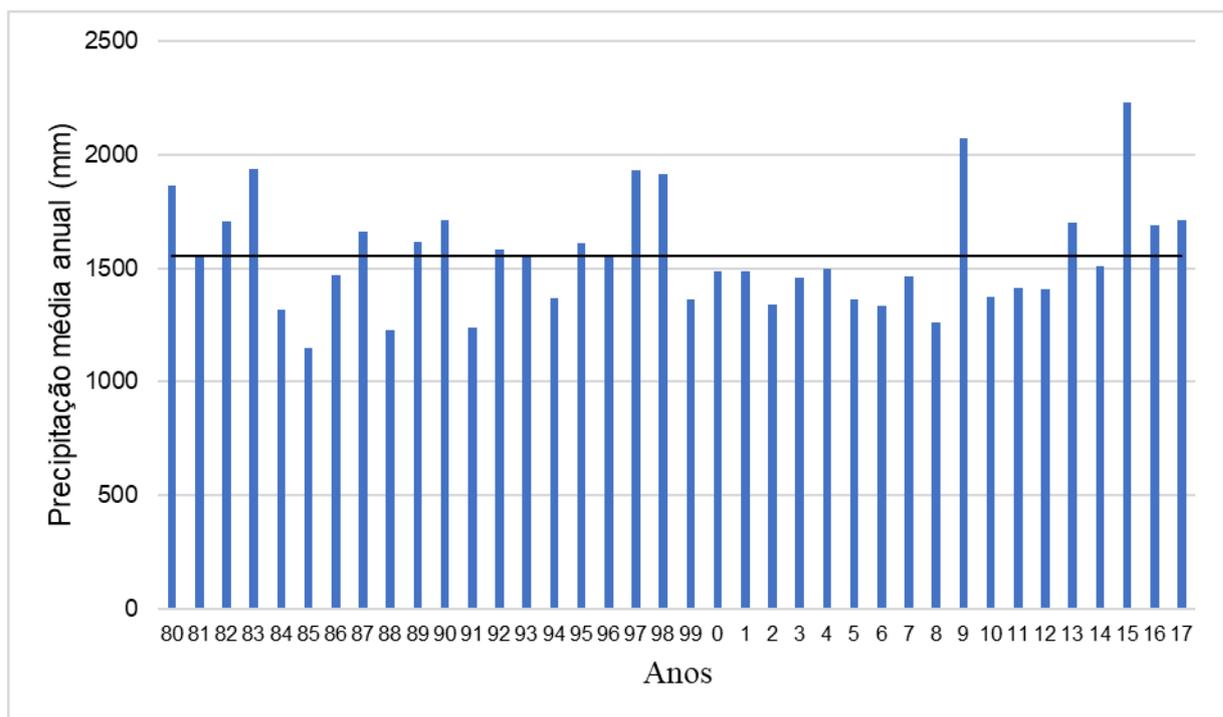
Ribeiro (1987) ao pesquisar as condições termo pluviométricas para a área entre 1975 a 1984 já enfatizava que a porção com maiores altitudes apresentaram valores médios anuais concentrados em relação as áreas de menores altitudes.

Posteriormente, os estudos de Baldo, Dziulbate e Galiani (2012), Terassi (2012; 2015) e Miotto (2017) encontraram valores semelhantes que confirmam os resultados obtidos por Ribeiro (1987). É importante observar que todos os autores citados, mesmo que utilizando séries históricas diferentes de diversas fontes de dados enfatizam que a orografia e a localização geográfica da bacia, que se encontra numa zona de transição climática, são fatores influenciadores na distribuição das chuvas.

Ao analisar os valores médios de precipitação pluviométrica para toda a série histórica entre os anos de 1980 a 2017 (Figura 5), pode-se notar que, de 1980 a 1998 há maior número de anos com valores acima da média, destacando-se os anos de 1980, 1982, 1983, 1987, 1989, 1990, 1992, 1995, 1996, 1997 e 1998 com valores superiores à média de 1.555,8 mm. Esta característica é observada também nos anos de 2009, 2013, 2015, 2016 e 2017 onde ocorre o aumento dos valores em relação à média, com destaque para os anos de 2009 e 2015. Contudo, os anos que obtiveram as menores médias anuais foram 1985, 1988, 1991 e 2008.

O destaque de vários anos com valores acima da média pode também estar relacionados a fenômenos de escala global, como o El Niño e La Niña, provocando oscilações interanuais de chuva, como aponta Grimm (2009). Galvani, Pereira e Klosowski (1998) ao analisarem dados de precipitação de Maringá entre 1976 e 1979, consideram que qualquer anomalia de temperatura e pressão ocorrida nas águas do Pacífico podem ter efeitos manifestados no norte do Paraná.

Figura 5 - Precipitação média anual na série histórica de 1980 a 2017 para a bacia do rio Pirapó-PR.



Fonte - Elaborado pela autora (2020).

De acordo com o Quadro 1, é possível observar que os anos com valores de pluviosidade acima da média podem estar relacionados com o registro do fenômeno El Niño. Os anos de 1982, 1983, 1997, 1998, 2015 e 2016 foram considerados como “muito forte”, sendo que os anos de 1983 e 2015 apresentaram o maior valor pluviométrico na área de estudo com 1.934,7 mm e 2.231,9 mm, respectivamente. Os anos de 1987 e 1992 são classificados como “forte”, 1995 e 2009 “moderado” e 1980 “fraco”. Já os anos de 1985, 1988 e 2008 foram registrados com o fenômeno La Niña e 1991 com El Niño “forte”. O ano de 1985 se destacou com menor valor pluviométrico de toda a série histórica, com 1.145,8 mm.

Segundo Climanálise (2020), o fenômeno El Niño no ano de 2015 atingiu maior magnitude (categoria muito forte) com valores que excederam 4°C na parte central e leste do Pacífico Equatorial, ocasionando um aumento expressivo da pluviosidade na região Sul, principalmente no norte do Paraná com totais diários acima de 110 mm em algumas localidades, como Londrina e Campo Mourão por exemplo.

Pereira, Reboita e Ambrizzi (2017) indicam em sua pesquisa sobre o fenômeno El Niño nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2015 que houve anomalias de precipitação em torno de 6 mm diários acima da média climatológica na região Sul do Brasil, sendo resultantes da associação entre a Temperatura Superficial marinha (TSM) e o deslocamento do Jato de baixos Níveis (JBN). De acordo com os autores, a associação entre a anomalia da TSM e o deslocamento do JBN contribuiu para os maiores totais de precipitação no ano de 2015 se comparado com os anos de 1982 e 1997.

Verifica-se que os trabalhos anteriormente citados avaliam a influência do El Niño de forma muito ampla, pois abrangem a América do Sul e a região Sul do Brasil, e especificam apenas as localidades que obtiveram maior destaque. Ferreira et al. (2017) por exemplo, analisaram os dados pluviométricos do município de Londrina durante os anos de 2015 e 2016 para caracterizar a influência do El Niño em todo o norte do Paraná. Segundo os autores, durante estes anos houve um aumento de 1.319,0 mm na pluviosidade anual para esta região.

Terassi et al. (2018) avaliaram de forma mais pontual a associação entre os eventos de El Niño e os totais anuais de algumas localidades do norte do Paraná entre 1976 a 2015 pela técnica dos quantis. Concluíram que Maringá, localizada ao sul da bacia do rio Pirapó apresentaram valores elevados de pluviosidade com 2.547,3 mm em 2015, representando 99% dos quantis. De acordo com os autores mesmo que a localização de Maringá abranger maior proximidade do clima subtropical do Brasil Meridional e os setores de maior altitude, o fenômeno El Niño demonstra significativa variabilidade da pluviosidade na área.

### **Análise da pluviosidade máxima anual**

Atualmente a discussão sobre a ocorrência de chuvas intensas tem ganhado destaque em diversas áreas do meio científico. Tais discussões são associadas não apenas às mudanças climáticas, mas principalmente aos impactos socioeconômicos causados pelos eventos extremos.

As pesquisas relacionadas a este tema são ao mesmo tempo conflituosas e desafiadoras, onde verifica-se a necessidade de ampliação de estudos desses eventos a nível regional. Desta forma, ao analisar a variabilidade climática regional e a ocorrência cada vez mais frequente de eventos intensos de precipitação, torna-se fundamental o seu conhecimento, por exemplo para a produção e planejamento agrícola, na infraestrutura urbana e na gestão de recursos hídricos.

Sabendo que a bacia hidrográfica do Rio Pirapó exerce um papel fundamental na manutenção da agricultura, economia e abastecimento da região, o conhecimento acerca das precipitações intensas auxiliaria como ferramenta na minimização dos impactos referentes à erosão dos solos, bem como no abastecimento de água que atualmente já é uma realidade para alguns municípios como Maringá, por exemplo.

A média anual da pluviosidade máxima em 24 horas para a bacia do rio Pirapó é de 91,6 mm (Figura 6), onde as porções central e sul demonstram os maiores valores médios, com destaque para os postos 4 (Cambira) valor mm, 6 (Arapongas) com 94,5 mm, 7 (Astorga) com 95,7 mm e 8 (Rolândia) com 95,1 mm.

As elevadas médias dos máximos pluviométricos diários concentram-se nas áreas central e sul da bacia que apresentam maior altitude do relevo, exceto o posto 1 (Jardim Olinda). O posto 2 (Paranapoema) ao norte e com a menor altitude, cerca de 299 metros, demonstra a menor média em relação as demais áreas da bacia, com 83,0 mm anual (Figura 6).

Embora na literatura (RIBEIRO, 1987; ANDRIUCCI, SANT'ANNA NETO e FERREIRA, 2002; TERASSI, 2015) ressaltarem que há um padrão de distribuição das médias pluviométricas do baixo para o alto curso devido a variação do relevo, os postos com menores altitudes também demonstraram valores elevados. Entende-se desta forma que os máximos diários podem ocorrer independente da altitude do relevo da bacia, estando associados a dinâmica climática local e regional.

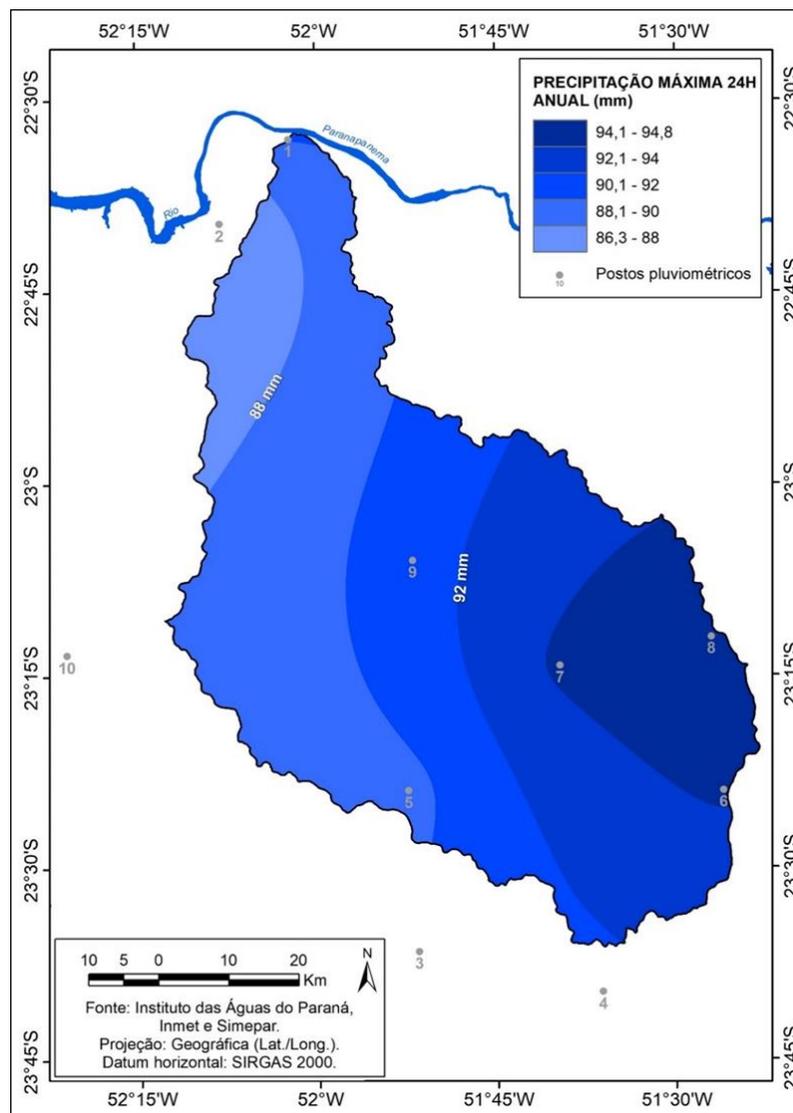
Miotto (2017) ao analisar o número de ocorrência de chuvas intensas no alto curso da bacia do rio Pirapó, verificou um número expressivo de ocorrências para o município de Maringá em relação a Apucarana no

período ente 2009 a 2013. No ano de 2009 principalmente, em Maringá foram registrados 84 eventos de chuvas intensas enquanto em Apucarana apenas 20.

A condição de transição climática na área, da qual é influenciada tanto por sistemas atmosféricos tropicais ao norte e a atuação de frentes frias ao sul da bacia associadas à orografia, podem contribuir para a distinção na frequência desses eventos de chuva (RIBEIRO, 1987; NIMER, 1989; GRIMM, 2009).

Reboita et al. (2017) argumentam que os eventos intensos de chuvas são difíceis de serem previstos devido a variabilidade atmosférica. Ao analisarem as condições sinóticas de um evento de chuva intensa no sul de Minas Gerais no ano 2000, os autores constataram grande influência dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) no transporte de umidade do norte para o sudeste do Brasil.

Figura 6 - Média da precipitação máxima anual em 24 horas para o rio Pirapó-PR.



Fonte - Elaborado pela autora (2020).

Observando a Figura 7, que representa a pluviosidade máxima em 24 horas para a série histórica de 1980 a 2017 pode-se verificar que todos os anos, exceto 2004 apresentaram precipitação máxima em 24 horas acima da média. Os anos de 1985, 1997, 1999, 2002, 2012 e 2016, apresentaram máximos superiores a 150,0 mm, sendo que nos dois últimos anos a precipitação máxima diária foi acima de 200 mm.

Nota-se também que a partir de 1997 há o maior número de anos mais representativos quanto aos valores de precipitação máxima superior a 150,0 mm em 24 horas, o que não é perceptível entre 1980 a 1996. O

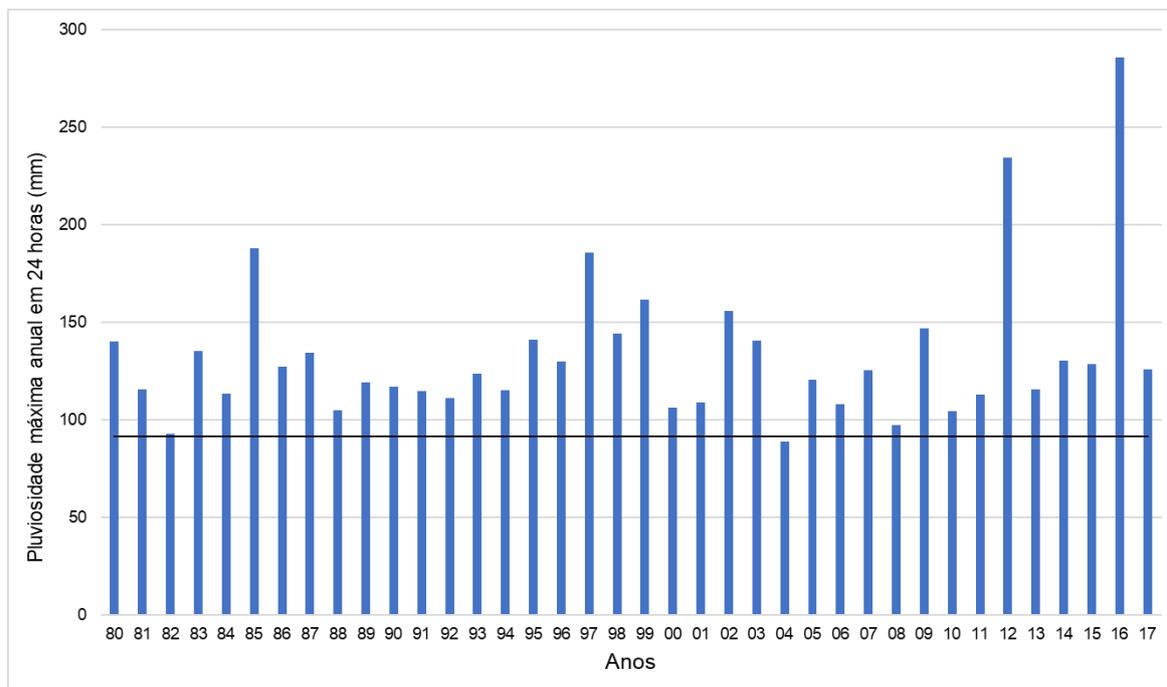
ano de 2004 (Quadro 1) foi caracterizado com o fenômeno El Niño “fraco”, apresentando o menor valor de pluviosidade máxima diária entre todos os anos da série histórica analisada (Figura 7).

O ano de 1985 foi caracterizado com os fenômenos La Niña “fraco”, 1999 “forte”, 2002 como El Niño “moderado”, 2012 foi caracterizado com o fenômeno La Niña “moderado” e 1997 e 2016 como El Niño “muito forte” (Quadro 1). De acordo com Pereira, Reboita e Ambrizzi (2017) nos anos de 2015 e 2016 o evento El Niño “muito forte” contribuiu para anomalias positivas de precipitação no sul do Brasil de até 6,0 mm diários.

Berezuk e Sant’Anna Neto (2006) escolheram os anos de 1997, 1998 e 2001 para analisar a ocorrência de eventos extremos de precipitação no oeste paulista e norte do Paraná. Verificaram que houve registro de chuvas de até 100,0 mm em 24 horas, principalmente em 1997 caracterizado com o fenômeno El Niño. Os autores ressaltam que mesmo em anos com características habituais, como 2001 ou mesmo sob a influência do fenômeno La Niña pode haver a ocorrência de extremos de precipitação.

Silva, Caramori e Faria (2012) ao investigarem a ocorrência de chuvas extremas para o município de Londrina entre 1961 a 2010 observaram grande relação dessas chuvas com os eventos El Niño e La Niña. Segundo os autores, cerca de 55% das chuvas extremas ocorreram em anos de El Niño e 21,5% em anos sob a influência de La Niña.

Figura 7 - Pluviosidade máxima anual em 24 horas para a série histórica analisada.



Fonte - Elaborado pela autora (2020).

### Análise da tendência da precipitação média e precipitação máxima em 24 horas anual

A aplicação do teste de tendência Mann-Kendall tem sido amplamente utilizada em pesquisas climatológicas por demonstrar possíveis mudanças no comportamento dos elementos climáticos, principalmente a precipitação e a temperatura. A verificação de uma tendência positiva ou negativa da pluviosidade ao longo da série é expressa por meio do coeficiente (tau).

Este coeficiente indica tanto a força quanto o sentido da tendência, do qual é representada pelo sinal positivo ou negativo, ou seja, se o resultado for negativo indica uma tendência decrescente, caso contrário há indícios de tendência crescente. O valor (p) revela o valor de significância até 5% do teste Mann-Kendall.

Os resultados obtidos pelo teste de tendência referente ao total pluviométrico são apresentados a partir da Tabela 2 e Figura 8. A princípio se questionou que o resultado do teste de tendência seria semelhante às

características da distribuição e média da pluviosidade. No entanto, ao analisar os resultados da escala anual verificou-se que as tendências positivas e/ou negativas não confirmaram tal questionamento nos postos utilizados, ou seja, os resultados são aleatórios e não obedecem a um padrão pluviométrico.

Em relação ao total pluviométrico anual observa-se na Tabela 2 e Figura 8 que, nos postos da bacia do rio Pirapó-PR, embora haja variações entre os anos, não há uma tendência clara de aumento ou decréscimo para a maior parte dela, ou seja, os totais anuais pluviométricos mantiveram-se constantes. Desta forma, os resultados de tendência positiva e negativa podem estar associados à variabilidade pluviométrica da área de estudo, caracterizada pela marcante interação entre os sistemas atmosféricos tropicais e os sistemas frontais, conforme apontam RIBEIRO (1987) e NIMER (1989).

Os resultados do teste de Mann-Kendall indicam que nenhum dos postos apresentou tendência positiva e negativa ao nível de 5% de significância e com uma distribuição espacial distinta. Observa-se, entretanto, postos caracterizados por maiores médias pluviométricas anuais apresentarem tendência de redução da precipitação, como os postos 6 (Arapongas) e 7 (Astorga) inseridos ao sul da bacia. Através do valor ( $\tau$ ), verifica-se que o posto 1 (Jardim Olinda) e 10 (Nova Esperança) localizados ao norte da bacia, assim como os postos 5 (Maringá) e 8 (Rolândia) ao sul e o posto 9 (Santa Fé) na porção central demonstram um indício de aumento na precipitação anual.

Os resultados averiguados pelo teste de tendência se assemelham aos encontrados por Montanher e Minaki (2020) para o município de Maringá. Os autores verificaram que entre os anos de 1980 a 2018, Maringá demonstrou tendência positiva de pluviosidade total anual, mas não significativa ao nível de 5%.

Resultados semelhantes também foram verificados por Minuzzi e Caramori (2011) em que ao investigarem a precipitação diária de 21 estações meteorológicas entre 1945 e 2006 para o estado do Paraná, verificaram que 12 postos apresentaram tendência de acréscimo das chuvas ao nível de 5% e 10% de significância. Os autores observaram a influência do clima local nos resultados obtidos nos postos estudados.

Ressalta-se que diversos valores de tendência na pluviosidade indicam não só o emprego de diversas técnicas estatísticas, mas as diferentes fontes de dados e sua consistência, os diversos tratamentos de preenchimento de possíveis falhas induzem a diferentes interpretações somadas a grande variabilidade deste elemento.

Back (2001) ao analisar a precipitação pluviométrica anual entre 1924 a 1998 em Urussanga-SC, observou a que a existência de tendência positiva significativa para a área de estudo foi de certa forma relacionada com os valores totais de pluviosidade elevados do trimestre outubro-novembro-dezembro.

Denota-se a partir dos pressupostos dos pesquisadores citados que a tendência de acréscimo na precipitação total anual pode estar relacionada a ocorrência de períodos sazonais mais chuvosos, do qual podem interferir nos resultados anuais. Portanto, fica evidente que a dinâmica climática regional pode influenciar na diminuição ou aumento da pluviosidade, bem como a quantidade de postos utilizados nas pesquisas, além das qualidades dos dados registrados e o recorte da série histórica podem prejudicar a análise deste elemento climático.

Pinheiro, Graciano e Severo (2013) identificaram tendência positiva ao nível de 5% de significância para 16 das 18 estações pluviométricas analisadas entre 1938 a 2009 na região sul do Brasil. As estações de Foz do Iguaçu-PR e Alfredo Wagner-SC não apresentaram significância estatística no estudo, evidenciando que a pluviosidade se manteve constante.

Pinheiro (2016) ao utilizar o teste de tendência Mann-Kendall anual para a bacia hidrográfica do Alto rio Iguaçu entre 1980 a 2010 verificou que apenas o posto pluviométrico de Palmeira/Colônia apresentou tendência positiva, ou seja, de aumento de precipitação em relação aos demais 28 postos estudados. De acordo com a autora, a identificação dos anos de 1997 e 1998 com o aumento da pluviosidade estão relacionados a ocorrência de El Niño.

Sangiolo e Kayano (2010) ressaltam que a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) é um aspecto importante que pode influenciar os resultados dos testes de tendência em determinados períodos. Concluíram que no período de 1913 a 2006 não houve tendência significativa para a precipitação anual no estado do Rio Grande do Sul.

Os resultados de Sanches et al. (2016) confirmam os apontamentos dos autores citados. Estes pesquisadores observaram que o teste de tendência para o estado do Rio Grande do Sul entre 1957 e

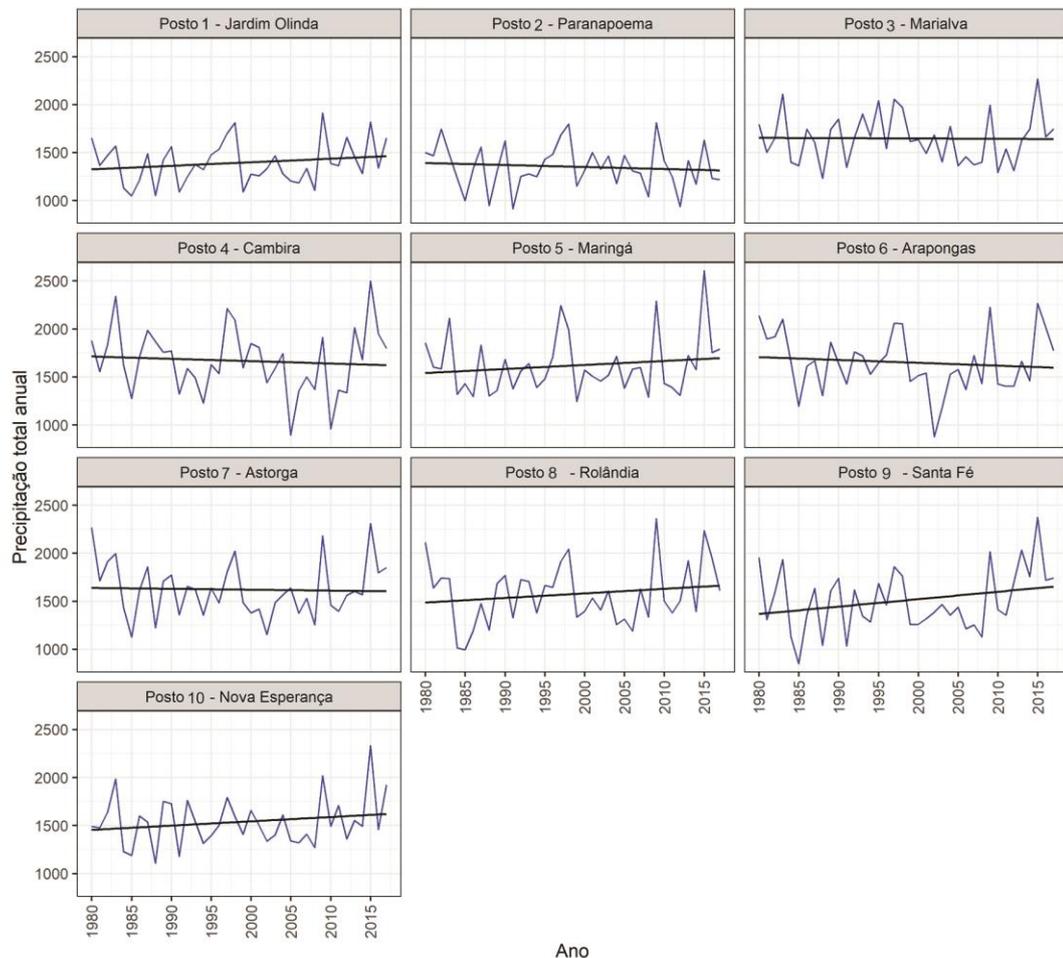
2014 não demonstrou modificações no padrão da precipitação, sendo desta forma, resultados decorrentes da própria dinâmica da pluviosidade.

Tabela 2 - Resultado do teste de Mann-Kendall ( $p \geq 5\%$ ) da série anual de precipitação total nos postos da bacia do rio Pirapó – PR.

Número	Código	Posto	Z	tau	p	Spearman	Kendall
1	2252013	Jardim Olinda	0,943	0,107	0,352	0,139	0,107
2	2252019	Paranapoema	-0,193	-0,023	0,859	-0,043	-0,023
3	2351029	Marialva	-0,458	-0,053	0,657	-0,067	-0,053
4	2351043	Cambira	-0,355	-0,042	0,733	-0,018	-0,042
5	2351045	Maringá	0,817	0,092	0,421	0,107	0,092
6	2351048	Arapongas	-0,926	-0,108	0,361	-0,130	-0,108
7	2351051	Astorga	-0,390	-0,044	0,706	-0,076	-0,044
8	2351053	Rolândia	0,628	0,072	0,539	0,089	0,072
9	2351065	Santa Fé	1,229	0,141	0,224	0,220	0,141
10	2352039	Nova Esperança	0,616	0,070	0,546	0,107	0,070

Fonte - Elaborado pela autora (2020).

Figura 8 - Série anual e tendência da precipitação total nos postos da bacia do rio Pirapó – PR.



Fonte - Elaborado pela autora (2020).

Os resultados da aplicação do teste de tendência Mann-Kendall para a pluviosidade máxima em 24 horas (Tabela 3 e Figura 9) demonstram que dos 10 postos analisados apenas os postos 3 (Marialva), 4 (Cambira) localizados no setor sul e 10 (Nova Esperança) na porção central possuem tendência decrescente da precipitação máxima ao longo dos anos com o valor (tau) de -0,101, -0,141 e -0,165, respectivamente. Entretanto, o valor (p) demonstra que nestes postos a tendência negativa não foi significativa ao nível de 5%.

Para os demais postos, o coeficiente (tau) foi positivo, porém, avaliando-se o valor (p) obtido pela aplicação do teste, verifica-se que as precipitações máximas anuais mantiveram-se constantes ao longo do período, uma vez que a tendência detectada não foi significativa. Observa-se pelo valor (p) que os postos 1 (Jardim Olinda) situado nas proximidades do rio Paranapanema ao norte da bacia, 6 (Arapongas) e 8 (Rolândia) localizados ao sul poderiam refletir um aumento na precipitação máxima diária, porém o valor ( $p < 5\%$ ) não indica uma tendência significativa de aumento da pluviosidade máxima diária ao longo da série (Tabela 3 e Figura 9).

Com base no relatório AR4 (IPCC, 2007), Pinheiro e Martin-Vide (2017) avaliaram as tendências de chuvas máximas diárias no município de Irati-PR entre 1980 a 2010 e concluíram que não houve tendência positiva e negativa para a área de estudo. Os pesquisadores ressaltam que os eventos de chuvas intensas são decorrentes da própria variabilidade climática.

Verifica-se que os resultados na escala anual do teste de tendência muitas vezes não identificam realmente se as precipitações máximas diárias são decorrentes das mudanças climáticas globais. Em grande parte das pesquisas os resultados se mesclam com as características climáticas regionais, conforme aponta Pinheiro (2016).

Segundo Minuzzi e Caramori (2011), o aumento das precipitações máximas diárias pode ser ocasionado por mudanças no microclima, bem como na falha de registros dos postos ou estações pluviométricas. Com relação ao destaque do posto 1 (jardim Olinda) ao norte da área, as chuvas em 24 horas podem ser reflexo do represamento do rio Paranapoema, localizado nas proximidades, do qual corrobora com as considerações dos autores citados.

Sanches e Fisch (2005) identificaram que represa de Tucuruí-PA alterou o regime de chuvas da região, onde os totais diários de precipitação superior a 5 e 25 mm foram mais frequentes após 1972, ano de construção da barragem.

Outro aspecto importante que deve ser levado em consideração são as falhas nos dados utilizados, bem como os instrumentos meteorológicos. Os pluviômetros registram o total pluviométrico diário de um posto ou estação meteorológica, do qual não conseguimos mensurar a duração e a intensidade do valor registrado por este instrumento.

Diante disso, os registros pluviográficos são fundamentais para a identificação de chuvas mais intensas. Miotto (2017) identificou que ocorreram 84 e 63 eventos de chuvas intensas acima de 10,0 mm em 10 minutos no município de Maringá nos anos de 2009 e 2010. Na presente pesquisa, o teste de tendência indicou um valor (tau) positivo, porém não significativo para este município.

Segundo Santos, Lucio e Silva (2015), os resultados dos testes de tendência são variáveis de acordo com os diferentes períodos de duração, o que podem induzir a incertezas. Ao analisar as precipitações máximas diárias entre 1983 a 2011 na Amazônia, os autores verificaram um contraste entre o norte e o sul da área, onde este último é prejudicado pelo desmatamento, com aumento do período seco e consequentemente perdas materiais.

Ao relacionar os resultados do teste de tendência para os valores anuais de precipitação média e pluviosidade máxima em 24 horas, percebe-se que não há tendência de aumento ou diminuição ao nível de 5% de significância para a média pluviométrica anual.

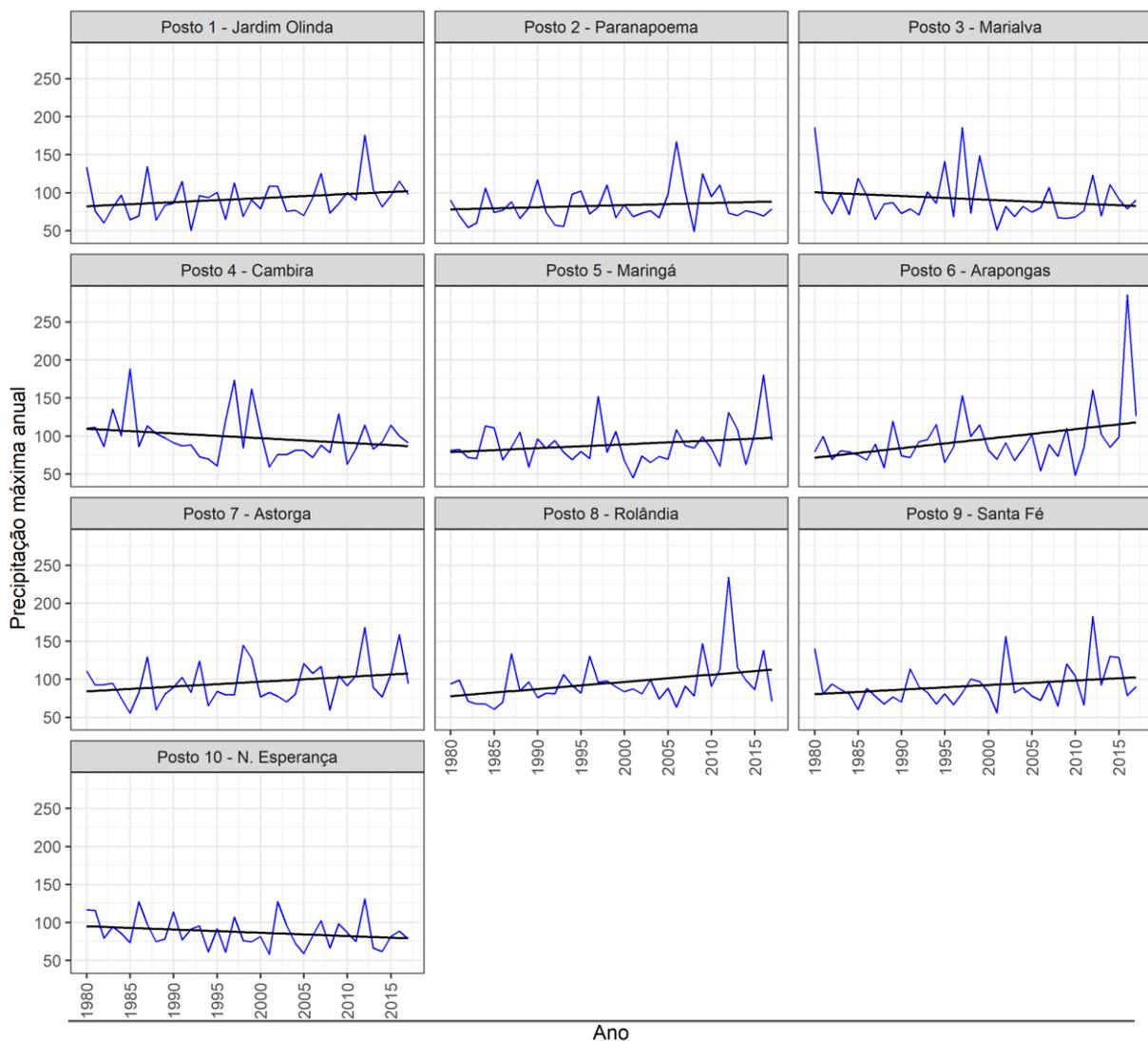
Desta forma, pode-se denotar uma possível mudança no comportamento da precipitação, seja no número de dias de chuva ou na precipitação máxima diária. Minuzzi e Caramori (2011) e Baldo (2018) consideram que há evidências de que as chuvas estão mais concentradas devido a relação entre manter-se o total pluviométrico e a diminuição dos dias com chuva.

Tabela 3 - Resultado do teste de Mann-Kendall ( $p \geq 5\%$ ) da série anual de 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	1,760	0,200	0,080	0,277	0,200
2	2252019	Paranapoema	0,697	0,084	0,495	0,116	0,084
3	2351029	Marialva	-0,876	-0,101	0,388	-0,145	-0,101
4	2351043	Cambira	-1,193	-0,141	0,238	-0,211	-0,141
5	2351045	Maringá	0,566	0,064	0,580	0,128	0,064
6	2351048	Arapongas	1,880	0,219	0,062	0,339	0,219
7	2351051	Astorga	1,069	0,121	0,291	0,206	0,121
8	2351053	Rolândia	1,962	0,225	0,051	0,323	0,225
9	2351065	Santa Fé	1,321	0,152	0,191	0,244	0,152
10	2352039	Nova Esperança	-1,459	-0,165	0,148	-0,229	-0,165

Fonte - Elaborado pela autora (2020).

Figura 9 - Série anual e tendência da precipitação máxima em 24 horas nos postos da bacia do rio Pirapó – PR.



Fonte - Elaborado pela autora (2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados referentes a precipitação média anual demonstraram um padrão de distribuição caracterizado pelo aumento do baixo para o alto curso da bacia, com médias anuais de precipitação oscilando entre 1.352,0 mm a 1.664,0 mm. Diferentemente ao analisar a precipitação máxima em 24 horas não se observou um padrão de distribuição semelhante à precipitação média anual e embora os postos que compõem o médio e alto curso, situados no centro e sul da bacia apresentem elevados valores médios, observa-se também que postos com menores altitudes como 1 (Jardim Olinda) e 2 (Paranapoema) demonstraram valores elevados da pluviosidade, denotando que os máximos em 24 horas podem ocorrer independente da altitude do relevo da bacia na escala anual, estando a sua ocorrência relacionada a dinâmica climática da área. Com relação às tendências das médias pluviométricas anuais, os resultados não mostraram tendência estatisticamente significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) para nenhum posto, já à pluviosidade máxima em 24 horas, o teste revelou um indicio de tendência negativa para 3 postos, mas não significativa (5%), significando que as chuvas máximas diárias acompanham a variabilidade da precipitação ao longo da série histórica. Com isso, as oscilações encontradas podem estar relacionadas não apenas a dinâmica climática regional e ao microclima na área de estudo, mas a variabilidade pluviométrica associada às falhas nos equipamentos e registro dos dados. Sendo assim, o comprometimento da qualidade dos resultados dificulta a associação com os eventos que podem influenciar a variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Pirapó.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto das Águas do Paraná – Sistema de Informações Hidrológicas - SIH pela disponibilização dos dados de precipitação diária.

## REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FERREIRA, M. E. C. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do rio Pirapó - PR. *Boletim de Geografia*, Maringá, v. 20, n. 2, p. 41-57, 2002.
- BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000500001>
- BALDO, M.C.; DZIUBATE, E.R; GALIANI, D. L. A. Variabilidade da pluviosidade temporal e espacial na bacia do rio Pirapó-PR. *Revista Geonorte*, Manaus, v. 2, n.5, p.1159–1172, 2012.
- BALDO, Maria Cleide. *Análise da pluviosidade diária na bacia do rio Piquiri – PR*. 2018. 64p. Relatório (Pós-Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual “Júlio Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2018.
- BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos 1997, 1998 e 2001. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 2, p. 9-22, dez. 2006. <https://doi.org/10.5380/abclima.v2i0.25370>
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.
- CLIMANÁLISE, 2020. Boletim de monitoramento e análise climática. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0109.shtml>>. Acesso em 10 set. 2020.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). *Mapa de Solos do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos: EMBRAPA: Solos e Florestas, ISSN 1517-2627, 2007. 95p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Londrina: SNLCS/SUDESUL/IAPAR, Tomo I e II, 1974, 791p.

- FERREIRA, D. H. L.; PENNEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro-climáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do rio Tietê. **Revista Holos**, v. 2, p. 49-68, 2017. <https://doi.org/10.15628/holos.2015.1455>
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGGE, M. S.; CHAVES NETO, A. Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no estado do Paraná. **Revista Ra e Ga**, Curitiba, v. 23, p. 555-572, 2011. <https://doi.org/10.5380/raega.v23i0.24921>
- GALVANI, E.; PEREIRA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S. Relações entre o índice de oscilação sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá-Pr. **Acta Scientiarum**, v. 20, n.4, p.531-535, 1998.
- GOLDEN GATE WEATHER SERVICE (2020). Disponível em:< <https://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em 15 set. 2020.
- GRIMM, A. M. Clima da região sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p.259-274.
- IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em 10 mar. 2018.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2012: Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) Available from Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND, 582 p, 2012.
- KENDALL, M. G. **Rank correlation Methods**. 4.ed. Londres: Charles Griffin, 1975.
- KÖPPEN, W. **Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf**. **Petermanns Mitt**, v. 64, p. 193-203, 1918.
- MACHIWAL, D.; Jha, M. K. **Hydrologic time series analysis: theory and practice**. Springer, Dordrecht, Capital Publishing Company, New Delhi, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1861-6>
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometria**. v.13, p.245-259, 1945. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 593-602, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000500009>
- MINEROPAR. Atlas Geológico do Estado do Paraná. Minerais do Paraná. Curitiba. 2001. 125p. CD ROM.
- MONTANHER, O. C.; MINAKI, C. Precipitação em Maringá-PR: estatísticas descritivas, tendência de longo prazo e probabilidade de eventos extremos diários. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 39, p. 138-153, 2020. <https://doi.org/10.11606/rdg.v39i0.164209>
- MIOU, Sílvia. **Intensidade pluviométrica no alto curso do rio Pirapó-PR: uma comparação entre duas propostas metodológicas**. 2017. 138p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017. <https://doi.org/10.26848/rbqf.v11.5.p1628-1641>
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 422 p.
- NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do Paraná**. Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Londrina, 2019, 216 p.
- PEREIRA, H. R.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Características da atmosfera austral durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 32, n.2, 293-310, 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-77863220011>
- PBMC, 2014: **Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas**. Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 p.
- PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil, **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.28, n.3, 281 - 290, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300005>

PINHEIRO, Gabriela Marques. **Variabilidade temporo-espacial da pluviosidade na bacia do alto Iguaçu**. 2016. 274. Tese (Doutorado em Geografia) – Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PINHEIRO, G. M.; MARTIN-VIDE, J. A Análise das Tendências Pluviométricas no Município de Irati/PR. In: **XVII SIMPOSIÓ BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, Anais... Campinas, 2017. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2097>

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**, Campinas, v. 8, p. 34-50, 2012. <https://doi.org/10.20396/td.v8i1.8637425>

REBOITA, M. S.; MARIETTO, D. M. G.; SOUZA, A.; BARBOSA, M. Caracterização atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 21, p.20-37, 2017. <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.47577>

RIBEIRO, A. G. Caracterização termo-pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Boletim de Geografia, Maringá**, v. 5, n. 1, p. 90-135, 1987.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 75 -92, 2002.

SANCHES, F.; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí -PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v.35, p. 41-50, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000100007>

SANCHES, F. O.; MAY, G. C.; SILVA, R. V.; FERREIRA, R. V. Chuvas no norte gaúcho: um estudo sobre a tendência das chuvas e mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 18, p. 349-360, 2016. <https://doi.org/10.5380/abclima.v18i0.45287>

SANSIGOLO, C.A.; KAYANO, M.T. Tendências nas Temperaturas Máximas e Mínimas e nas Precipitações Sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). In: **XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, Anais... Belém, 2010.

SANTOS, E. B.; LUCIO, P. S.; SILVA, C. M. S. Precipitation regionalization of the Brazilian Amazon. **Atmospheric science letters**, v.16, p. 185-192, 2015. <https://doi.org/10.1002/asl2.535>

SEMA-SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica**. 1 ed. Curitiba: Governo do estado do Paraná, 2010, 140 p.

SILVA, G. M. F.; CARAMORI, P. H.; FARIA, R. T. Precipitações pluviais extremas em Londrina – PR. **Revista Geografar**, Curitiba, v.7, n.2, p153-173, 2012. <https://doi.org/10.5380/geografar.v7i2.25938>

TERASSI, P. M. B. **Análise da estrutura espaço - temporal pluviométrica e o emprego dos sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR**. 2012. 95p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas. **Variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV-PR**. Maringá, 2015, 185p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá. <https://doi.org/10.14393/RCG175906>

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GIVANILDO DE GÓIS, G.; GALVANI, E. Variabilidade do Índice de Precipitação Padronizada na Região Norte do Estado do Paraná Associada aos Eventos de El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 33, n. 1, 11-25, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-7786331002>

THOMAZ, S. L. Sinopse sobre a geologia do Paraná. **Boletim de Geografia, Maringá**, v.2, n.2, p.76-90, 1984.

TROPPEMAYER, H. Perfil Fitoecológico do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia, Maringá**, v. 8, n.1, p. 67-80, 1990.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

Recebido em: 06/01/2021

Aceito para publicação em: 13/05/2021