

Variabilidade Pluviométrica na Bacia do Rio Mourão – PR

Variabilidad Pluviométrica en la Cuenca del Río Mourão – Paraná

Rainfall Variability in Mourão River Basin – Paraná

Vanderson Henrique Neves Freire

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

E-mail: vanderson.neves@gmail.com

Maria Cleide Baldo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus* de Campo Mourão (PR)

E-mail: mcbaldo33@hotmail.com

Recebido: 19 de setembro de 2017 Aceito: 04 de dezembro de 2017

Disponível on-line em <http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica>

Resumo: Visando auxiliar no planejamento urbano e rural da região, objetivou-se analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Mourão, centro-oeste paranaense. Foram analisados dados mensais de 16 postos pluviométricos, dos quais os 13 mais consistentes foram selecionados, utilizando dados de 1980 a 2012. Os valores foram analisados nas escalas mensal, sazonal, anual e interanual. A primavera e o verão mostraram os valores mais elevados no sul da bacia, enquanto o inverno foi a estação mais seca. A partir do painel espaço-temporal de precipitação, foram escolhidos dois anos-padrão chuvosos (1990 e 1998) e dois secos (1988 e 1999). A precipitação nesses anos apresentou variações espaciais e temporais quando comparada à média climatológica, devido à influência de fenômenos de circulação atmosférica, especialmente El Niño e La Niña.

Palavras-chave: Chuva, Bacia hidrográfica, Rio Mourão, Planejamento.

Resumen: Con vistas a auxiliar en la planificación urbana y rural de la región, se objetivó analizar la variabilidad espacio-temporal de la precipitación en la cuenca del río Mourão, centro oeste de Paraná. Se analizaron datos mensuales de 16 puestos pluviométricos, de los cuales los 13 más consistentes fueron seleccionados, utilizando datos de 1980 a 2012. Los valores han sido analizados en escala mensual, estacional, anual e interanual. La primavera y el verano mostraron los valores más altos en el sur de la cuenca, mientras que el invierno fue la estación más seca. A partir del panel espacio temporal de precipitación, se eligieron dos años estándar lluviosos (1990 y 1998) y dos secos (1988 y 1999). La precipitación en estos años presentó variaciones espaciales y temporales cuando se compara con la media climatológica, debido a la influencia de fenómenos de circulación atmosférica, especialmente El Niño y La Niña.

Palabras clave: Lluvia, Cuenca hidrográfica, Río Mourão, Planificación.

Abstract: Aiming to help on regional planning for urban and rural areas, the objective of this work was to analyze spatial and temporal variability of rainfall on Mourão river basin, Midwest of Paraná. Monthly data from 16 selected rainfall data stations, from which the 13 most consistent stations were selected, obtaining data between 1980 and 2012. The rainfall values were analyzed on monthly, seasonal, annual and interannual scale. Spring and winter showed the highest values of precipitation on south of the basin, while winter was the drier season. From the spatiotemporal panel, two rainier (1990 and 1998) and two drier (1988 and 1999) pattern years were chosen. In all those years, rainfall patterns deviated from the climatologic average, with both spatial and temporal variations related to the influence of atmospheric circulation phenomena, notably El Niño and La Niña.

Key words: Rainfall, Watershed, Mourão river, Planning.

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos elementos que compõem e modificam a paisagem, merece destaque o clima, devido à sua influência na modelagem do terreno e no ciclo hidrológico, notoriamente por meio da precipitação, elemento de extrema relevância para o planejamento ambiental e econômico. De acordo com Silva (2009), o diagnóstico climático de uma bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento em setores relevantes da economia utilizadores de recursos hídricos, como a agricultura, energia, indústria e pesca. Massoquim (2010) ressalta que o estudo do clima é especialmente importante em regiões que passaram por intensas transformações antrópicas, pois os elementos climáticos passam a interagir de maneira mais direta na paisagem, sobretudo em áreas agrícolas. A ocupação intensiva pode ainda resultar em mudanças no fluxo dos rios, como observado por Rocha e Tommaselli (2012), efeito que é agravado por extremos de precipitação.

A precipitação possui variabilidade considerável no tempo e no espaço, e mesmo dependendo de sistemas de complexa interação, seu comportamento geral pode ser determinado a partir de episódios passados. Dessa forma, estudos relacionados à precipitação e sua variabilidade espaço-temporal merecem destaque, pois as variações de pluviosidade eventualmente resultam em fenômenos extremos catastróficos. Essa variação é percebida por Lucena et al. (2012), estudando a precipitação no município de Caicó - RN, onde a intensa concentração das precipitações em um período do ano resulta em grandes flutuações na produção agrícola da região. Blain et al. (2009) ressaltam que as caracterizações climáticas devem ser utilizadas para estabelecer os padrões relacionados aos recursos hídricos, uma vez que sua variabilidade deve ser considerada na aplicação de políticas de seguro e financiamento agrícola. Em um zoneamento agroclimático adequado, deve-se constatar disponibilidade hídrica condizente com as necessidades de cada cultura, resultado da precipitação na área.

Atendendo a essa necessidade, recentemente têm sido realizados diversos estudos climáticos regionais, auxiliando no planejamento e manejo ambientais e de atividades econômicas dependentes da água. Quanto à escala espacial, a unidade de estudo considerada geralmente é a bacia hidrográfica, conforme utilizado por Amaral (2012); Andrade (2003); Andrade e Nery (2011); Azevedo (2006); Baldo (2006); Berezuk e Garcia (2011); Ribeiro (1987); Santos, Griebeler e Oliveira (2011); Santos e Araújo (2013); Silva, Sousa e Kayano (2010) e Zandonadi (2009). Os autores destacam a importância de utilizar bacias hidrográficas como base para análises geográficas e ambientais, de maneira a possibilitar a observação da influência antrópica sobre o ambiente e suas consequências no equilíbrio hidrológico da área de drenagem, uma vez que toda a precipitação que incide sobre uma bacia hidrográfica converge para um único ponto. Portanto, o regime fluvial das áreas à jusante na bacia é diretamente dependente da precipitação que ocorre à montante.

Nesse contexto, o presente trabalho se propõe a estudar o regime de precipitação pluviométrica na área da bacia do rio Mourão, localizada na região centro-oeste do estado do Paraná, por meio da avaliação da variabilidade pluviométrica espacial em conjunto com diferentes escalas de análises temporais (mensal, sazonal, anual e interanual), a partir de dados do período de 1980 a 2012. A análise da precipitação pretende determinar, além do padrão de distribuição espacial e temporal, os fatores que interferem em sua variabilidade na área de estudo, servindo de subsídio para pesquisas diversas e para aplicações nas atividades econômicas e de planejamento ambiental dos municípios da região.

A bacia do rio Mourão está localizada na região centro-oeste do estado do Paraná, aproximadamente entre as coordenadas 52°05'18"O 23°41'46"S e 52°32'35"O 24°24'14"S (Figura 1), possuindo uma área de 1.647,3 km². Estão inseridos parcialmente na área da bacia seis municípios: Campo Mourão, Mamborê, Luiziana, Peabiru, Engenheiro Beltrão e Quinta do Sol. De acordo com o censo do IBGE (2010), esses municípios somam 146.692 habitantes, sendo Campo Mourão o mais populoso, com 62,5% dessa população. No ano de 2012, a agricultura, principal atividade econômica da região, movimentou R\$ 867.134.743,50

nesses municípios (IPARDES, 2013), evidenciando a importância do conhecimento climático para a área.

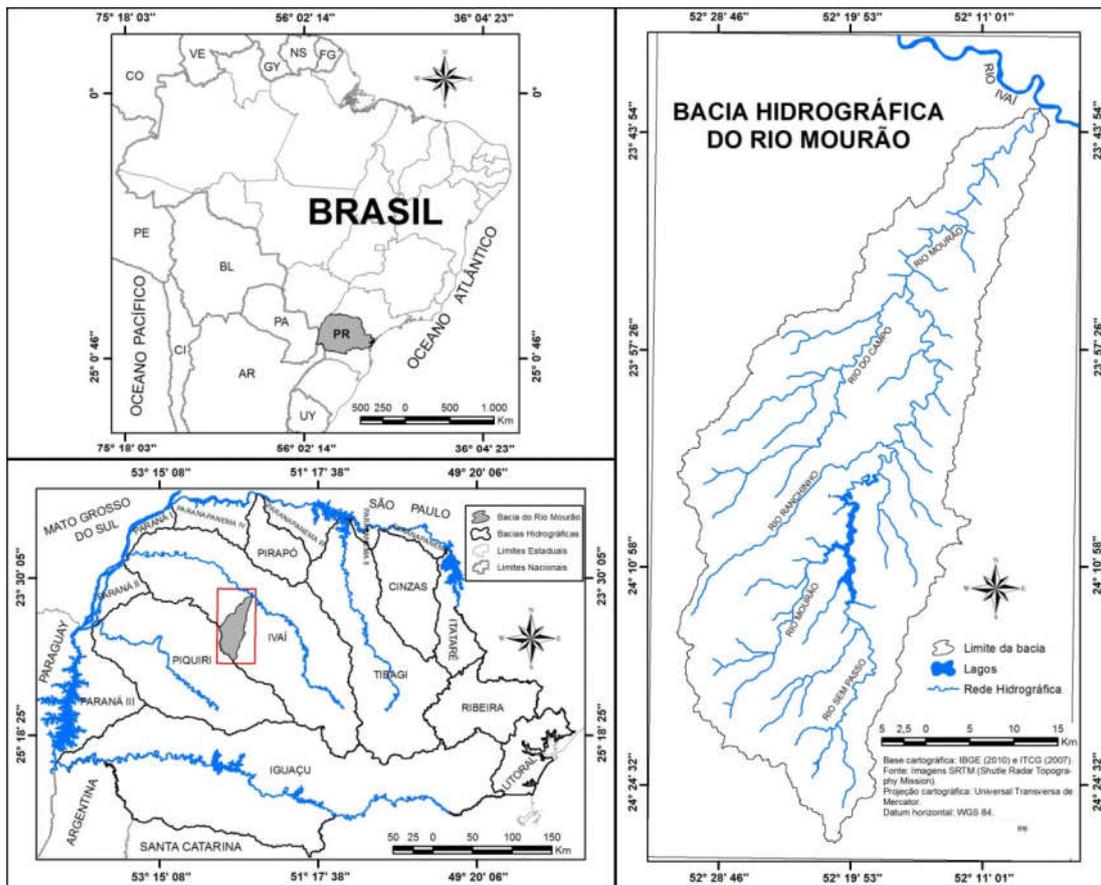


Figura 1. Localização da área de estudo em relação ao Estado do Paraná.
Fonte: Os autores (2014).

Diferentes sistemas atmosféricos influenciam a precipitação no Sul do Brasil, e consequentemente na área de estudo, ao longo do ano. São eles: sistemas frontais, os ciclones, complexos convectivos de mesoescala, as linhas de instabilidades, os sistemas convectivos alongados persistentes, os vórtices ciclônicos em altos níveis e as circulações de brisas (REBOITA et al., 2010; REBOITA et al., 2012).

De acordo com Caviglione et al. (2000), o clima predominante na área segundo a classificação de Köppen é Cfa – subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes, ocorrentes apenas no inverno, e sem estação seca definida, embora haja tendência de concentração de chuvas no verão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados mensais de 16 postos pluviométricos (Tabela 1) distribuídos na área da bacia e em seu entorno, no período de 1980 a 2012, totalizando 33 anos de dados obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná, por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (SIH). As recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM) consideram o período mínimo de 30 anos de dados para análises climatológicas.

Devido à falta de postos pluviométricos bem distribuídos, principalmente na porção central da área de estudo, optou-se por trabalhar também com postos localizados fora da bacia (Figura 2), de forma a obter maior precisão na espacialização dos resultados obtidos.

Tabela 1. Postos pluviométricos utilizados, com suas respectivas latitudes, longitudes, altitudes e período de análise.

Posto	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período
Quinta do Sol	23° 49' 00"	52° 10' 59"	315	1980 - 2012
Porto Bananeira	23° 40' 37"	52° 07' 07"	520	1980 - 2012
Bela Vista do Ivaí	23° 50' 53"	52° 01' 42"	420	1980 - 2012
Peabiru	23° 54' 39"	52° 20' 10"	527	1980 - 2012
Silviolândia	23° 59' 40"	52° 14' 16"	425	1980 - 2012
Saltinho	23° 48' 00"	52° 19' 59"	550	1980 - 2012
Eng. Beltrão	23° 46' 59"	52° 15' 00"	520	1980 - 2012
Sítio Floresta	23° 37' 01"	52° 11' 47"	339	1980 - 2012
Mamborê	24° 16' 59"	52° 31' 00"	702	1980 - 2012
Farol	24° 05' 26"	52° 37' 17"	582	1980 - 2012
Guarani	24° 25' 59"	52° 33' 00"	650	1980 - 2012
Santo Antônio	24° 30' 02"	52° 14' 37"	819	1980 - 2012
Marilu	24° 25' 21"	52° 12' 16"	603	1980 - 2012
Rio Mourão	24° 14' 05"	52° 24' 09"	668	1980 - 2012
Luiziana	24° 16' 00"	52° 16' 00"	800	1980 - 2012
Água Fria	24° 17' 34"	52° 04' 37"	420	1980 - 2012

Fonte: Instituto das Águas do Paraná – Sistema de Informações Hidrológicas (2013).

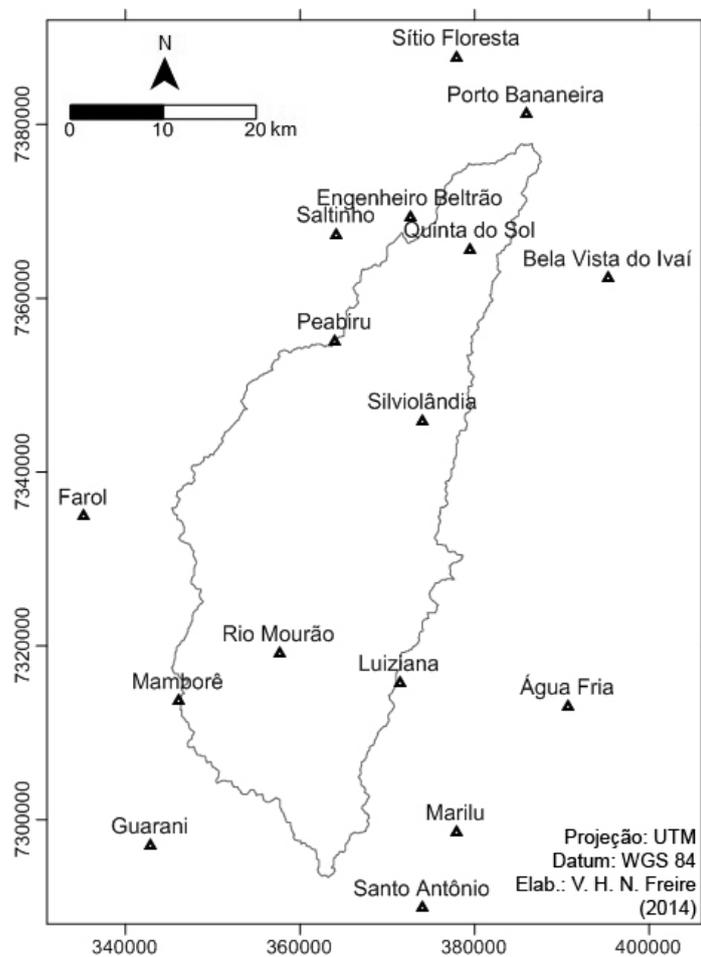


Figura 2. Localização dos postos pluviométricos.
Fonte: Os autores (2014).

Os dados pluviométricos foram organizados em planilhas eletrônicas e analisados para a observação de possíveis inconsistências ou dados faltantes, procurando uniformizar os dados antes da análise estatística. Caso houvesse muitas falhas na série histórica, alguns postos poderiam ser retirados. Já quando foi encontrado um número menor de falhas, passou-se para o preenchimento dos dados faltantes, utilizando o método proposto por Villela e Mattos (1975), conforme a equação:

$$P_x = \frac{\overline{P}_x}{3} \left(\frac{P_A}{\overline{P}_A} + \frac{P_B}{\overline{P}_B} + \frac{P_C}{\overline{P}_C} \right)$$

Onde:

P_x é o dado faltante para o posto X ;

\overline{P}_x é a precipitação média mensal do posto X ;

P_A , P_B e P_C são as precipitações dos três postos mais próximos do posto X para o mês em questão; e

\overline{P}_A , \overline{P}_B e \overline{P}_C são as precipitações médias mensais dos postos mais próximos.

Após a organização dos dados em planilhas, estes foram analisados para a observação das falhas existentes. Foram excluídos do estudo todos os postos com 10 meses ou mais de falhas, tratando-se dos postos de Porto Bananeira, Bela Vista do Ivaí e Água Fria, todos externos à bacia do rio Mourão, restando ainda 13 postos pluviométricos a serem utilizados. A seguir, foi feita a correção das falhas restantes e uniformização dos dados nas planilhas. O procedimento, de acordo com a metodologia proposta por Villela e Mattos (1975), foi repetido para 28 falhas dos dados mensais, resultando em planilhas uniformes para os postos, com todos os dados mensais preenchidos.

Uma vez que as estações foram selecionadas e seus dados uniformizados, a estatística descritiva foi utilizada para observar padrões e anomalias nos dados, a partir dos parâmetros de média, desvio padrão e coeficiente de variação (razão percentual entre o desvio padrão e a média). Essa análise foi realizada para as diferentes escalas temporais (mensal, sazonal, anual e interanual). Para a escala sazonal, foi considerado o ano civil, ou seja, verão (janeiro, fevereiro e março), outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro).

Na análise da variabilidade temporal, os valores obtidos pela estatística descritiva foram representados cartograficamente, a partir de mapas de isoietas elaborados no software Surfer v.11, para interpolação dos dados das diversas estações e cálculo da posição das isolinhas, limitadas pelo contorno da área da bacia. O método de *kriging* foi utilizado para a interpolação, por ser considerado o mais adequado para análises climatológicas. Essa metodologia é condizente com a utilizada por outros estudos semelhantes, como em Amaral (2012); Azevedo (2006); Baldo (2006); Barros (2003) e Zandonadi (2009). Embora tenham sido elaborados cartogramas para todas as escalas temporais, apenas os mapas obtidos nas análises; sazonal e interanual são apresentados nesse estudo, por permitirem um entendimento amplo dos padrões de distribuição obtidos.

Já na análise interanual, foram observados valores extremos de precipitação anual para selecionar anos considerados atípicos, seja por excesso ou falta de chuva. Tais períodos foram classificados de acordo com a metodologia proposta por Monteiro (1976), que utiliza o coeficiente de variação para classificar os anos em normal (entre 15% negativo e 15% positivo), tendente a seco (entre 15,1% e 30% negativo), seco (superior a 30% negativo), tendente a chuvoso (entre 15,1 e 30% positivo) ou chuvoso (superior a 30% positivo). Foi elaborado um painel espaço-temporal, onde os postos foram ordenados no sentido montante-jusante da bacia e os anos foram classificados em cada posto. A partir daí, foram selecionados quatro anos atípicos (dois secos e dois chuvosos) para análise

sazonal, com o objetivo de determinar a forma de ocorrência dessa variabilidade, em comparação com os valores médios de todo o período.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise Mensal

Foram elaborados histogramas e cartogramas mensais (Figura 3), a partir dos quais observou-se que, na bacia do rio Mourão, o mês mais seco foi agosto, enquanto o mês mais chuvoso foi janeiro. Porém, há uma variação espacial considerável da distribuição mensal das chuvas, especialmente em relação aos meses mais chuvosos, variando entre os meses de janeiro (nove postos), outubro (três postos) e dezembro (um posto).

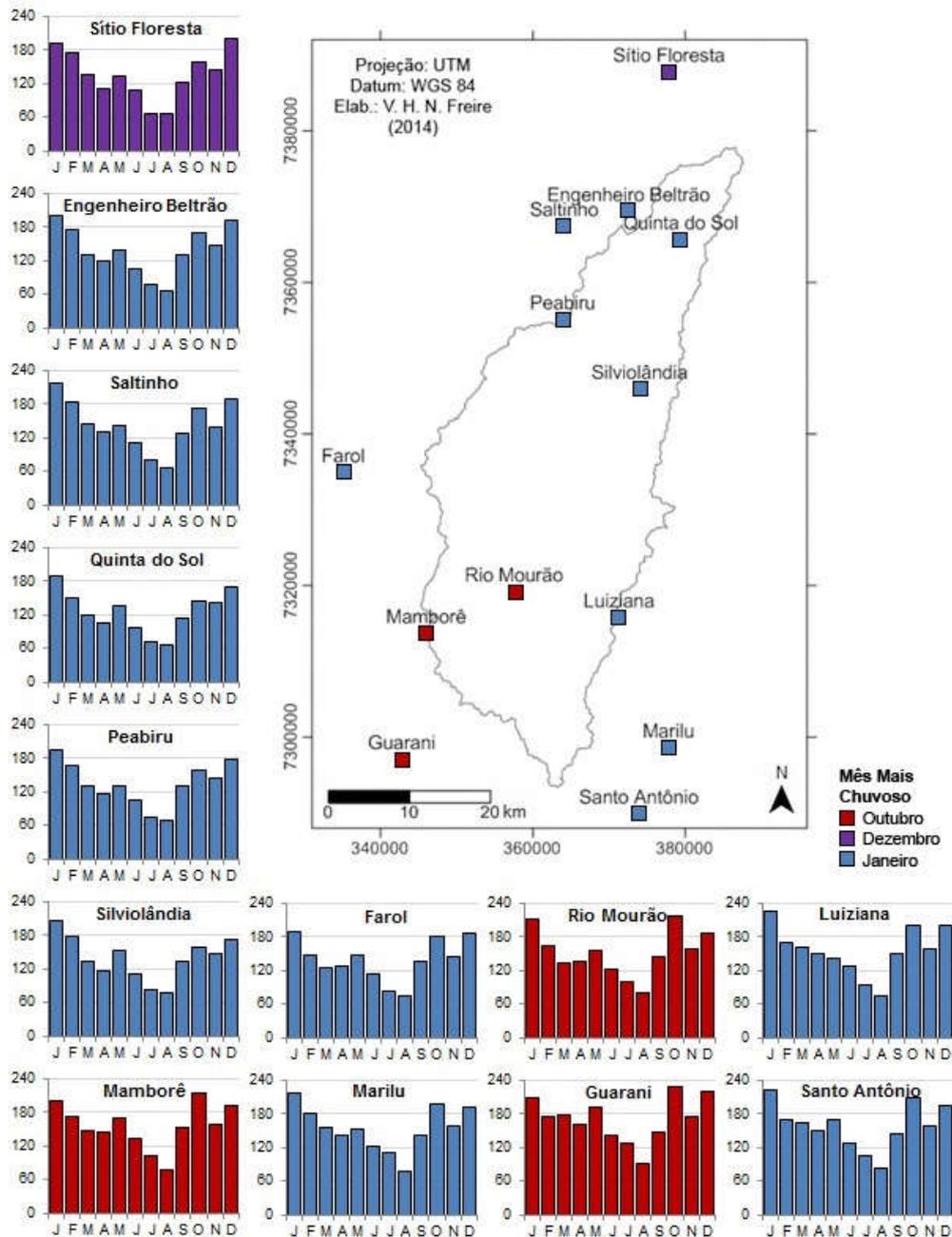


Figura 3. Distribuição espacial da precipitação média mensal nos postos estudados. Fonte: Os autores (2014).

De maneira geral, a distribuição mensal da precipitação segue um padrão próximo à média dos postos. Há valores elevados de precipitação em janeiro, normalmente ultrapassando 200 mm, seguidos por uma queda gradativa nos meses seguintes, e um leve acréscimo em maio. Entre junho e agosto, encontram-se os valores mais reduzidos de precipitação, chegando por volta de 75 mm em agosto, porém com um rápido acréscimo em setembro, e depois em outubro, onde são registradas as maiores médias mensais de precipitação para a bacia, acima de 220 mm. Há nova redução dos valores em novembro, e valores novamente elevados em dezembro.

Porém, há padrões relativamente diferenciados entre os postos pluviométricos, com variações graduais, o que pode estar ligado à proximidade da bacia com a área de transição climática. Os postos localizados ao sul da bacia, inseridos na área de predominância do clima subtropical, geralmente possuem outubro como o mês de maior precipitação, quando ocorre a maior variabilidade em relação aos postos do norte. Já na porção central e norte da bacia, há alguma influência da transição para o clima tropical, e ali são encontrados valores de precipitação mais elevados nos meses de dezembro e janeiro. Porém, durante todo o ano, há concentração dos valores mais elevados de precipitação em direção ao sul, onde são encontradas as maiores altitudes da bacia, trazendo a influência do efeito orográfico sobre as massas de ar.

Análise Sazonal

Sintetizar os dados mensais na forma de uma análise sazonal permite uma visão mais global e genérica da variabilidade temporal da precipitação, e serve de parâmetro para comparações com anos excepcionalmente secos ou chuvosos. O mapeamento dos valores médios sazonais (Figura 4) mostrou uma pequena variação da precipitação entre a primavera e o verão, que para todos os postos da bacia, foram as estações determinadas como mais chuvosas. Há um decréscimo acentuado da precipitação no outono, e especialmente no inverno, que também em todos os casos, foi a estação mais seca.

Nos valores médios gerais, a primavera mostrou-se mais chuvosa que o verão, o que se deve aos valores elevados dos meses de outubro e dezembro, porém tal situação não ocorreu em toda a bacia. Nos postos da porção norte, a tendência foi de haver precipitações um pouco mais elevadas no verão, quando comparadas com a primavera. Isso se deve aos altos valores para o mês de fevereiro, e baixos para o mês de outubro, na porção norte da bacia. Já no sul, e especialmente nos postos da porção sudoeste da bacia, a concentração das chuvas se dá de forma mais acentuada no mês de outubro, fazendo com que a primavera seja mais chuvosa que o verão. Porém, de maneira geral, a variação entre primavera e verão é pouco significativa, independentemente da estação do ano registrada como mais chuvosa.

Analisando a figura 4, observa-se que as maiores variações entre verão e primavera estão na porção central e no sul da bacia, enquanto no norte ocorrem sempre as menores precipitações. Da primavera para o verão, sobretudo no mês de janeiro, ocorre um deslocamento do núcleo de maiores precipitações, do sul para o sudeste da bacia. Por sua vez, os postos a oeste também possuem precipitações elevadas na primavera, onde se destaca o mês de outubro.

Análise Anual

A partir de uma análise prévia dos dados médios de precipitação anual, é possível observar a variabilidade interanual ao longo de toda a série histórica. No período de 33 anos considerado nesse estudo, a média anual de precipitação foi de 1753,7 mm, variando entre 1242,2 e 2556,9 mm. Os cinco anos mais chuvosos foram, respectivamente: 1983, 1990, 1998, 2009 e 1997, enquanto os cinco anos mais secos foram: 1988, 1999, 1985, 2008 e 2005 (Figura 5). Não foi possível observar qualquer forma de ciclicidade de anos secos e chuvosos no período.

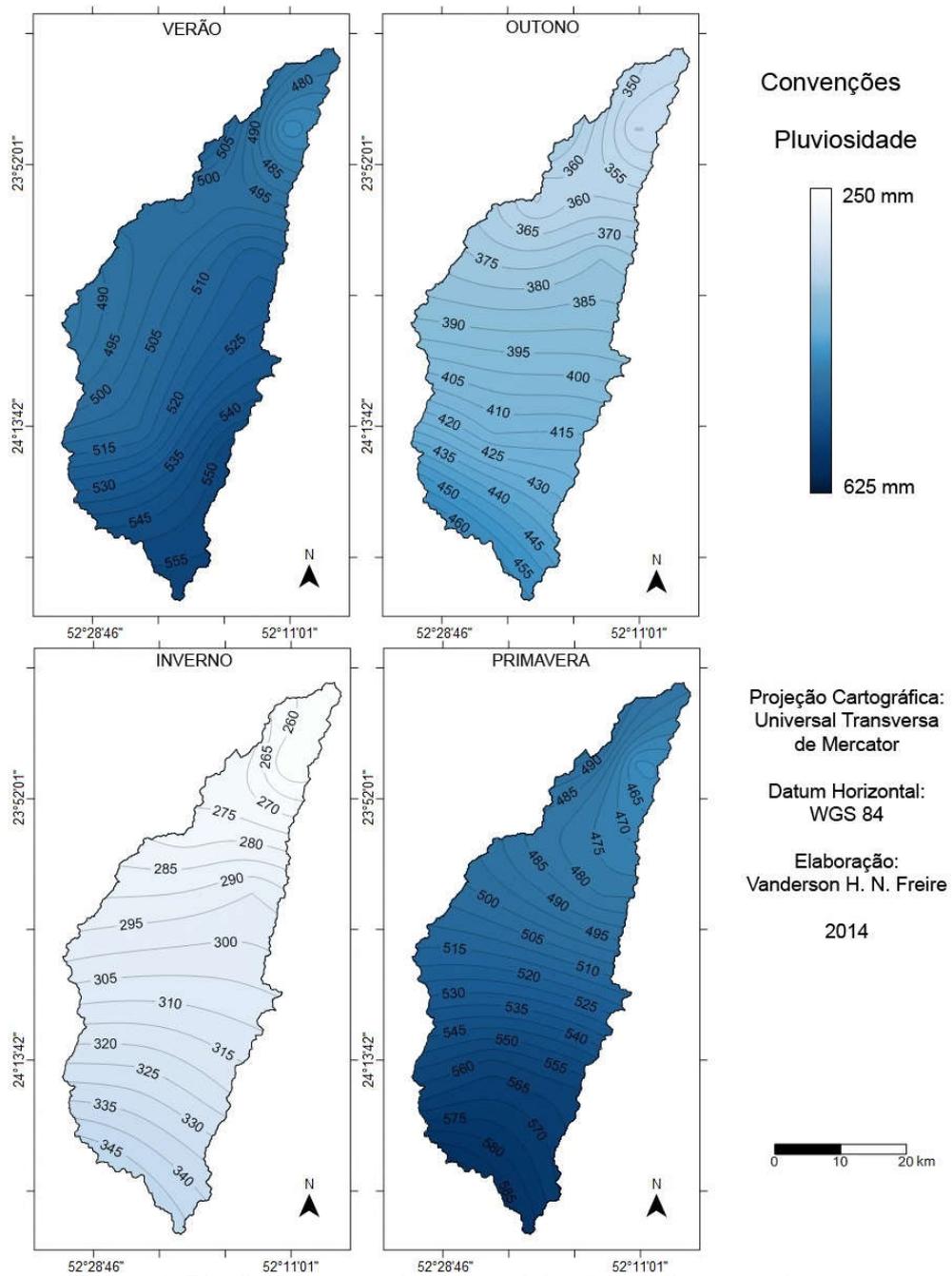


Figura 4. Distribuição espacial da precipitação média sazonal.
Fonte: Os autores (2014).

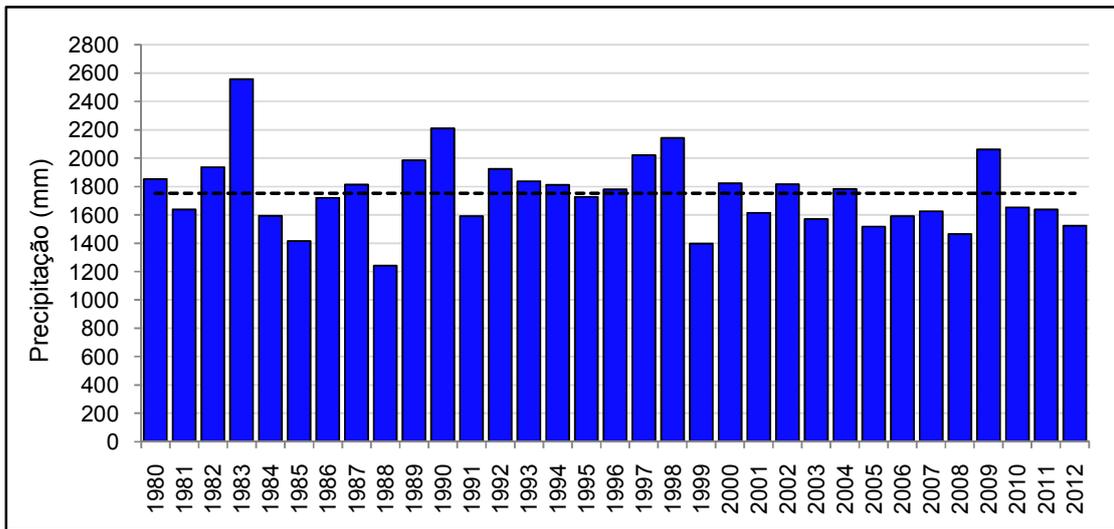


Figura 5. Distribuição temporal da precipitação total anual entre 1980 e 2012.

Quanto à variabilidade espacial dos valores médios anuais, no período de análise os maiores valores de precipitação foram encontrados ao sul da bacia, ultrapassando os 1940 mm anuais, apresentando um decréscimo gradativo em direção ao norte, onde foram encontrados os menores valores pluviométricos, abaixo de 1520 mm na região do posto de Quinta do Sol.

Essa diferença da distribuição da precipitação entre o Norte da bacia (jusante) e Sul (montante), é explicado devido à influência do efeito orográfico, juntamente com a dinâmica atmosférica, ou seja, os sistemas convectivos de mesoescala (SCM) que atuam ao longo do ano (Figura 6).

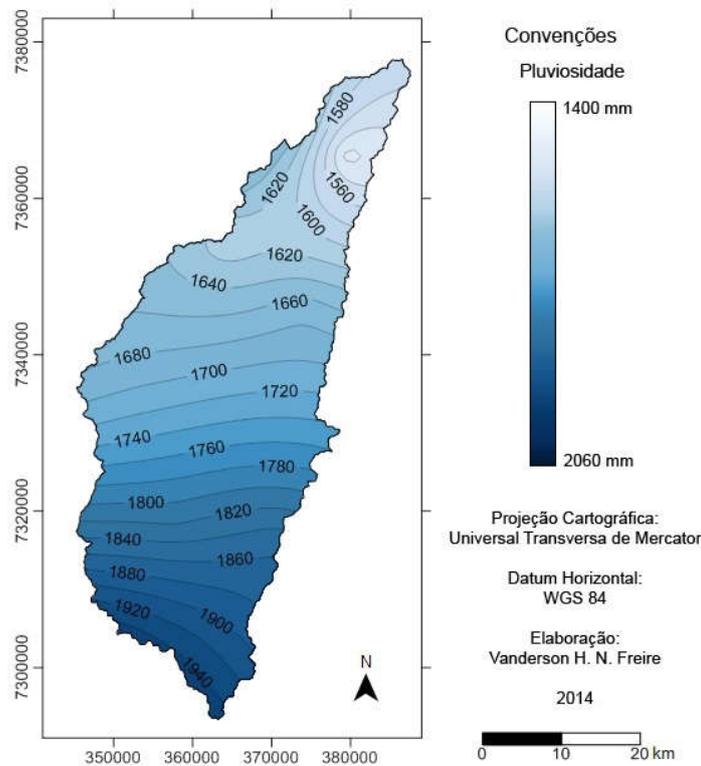


Figura 6. Distribuição espacial da precipitação média anual entre 1980 e 2012. Fonte: Os autores (2014).

Análise Interanual

A variação temporal da precipitação, além de sua alteração habitual relacionada à sazonalidade, ocorre também em uma escala interanual, onde se observam episódios extremos recorrentes, relacionados a fenômenos de macroescala, consequências de ciclos de variações na circulação atmosférica global. Apenas observando-se os totais anuais de precipitação apresentados, é possível observar valores extremos, tanto em casos de anos mais chuvosos, quanto de anos mais secos. Porém, os totais apresentados são relativos a uma situação média dos postos, e torna-se necessária uma análise conjunta espacial e temporal, determinando de forma mais exata quais anos possuem uma situação geral de maior e menor pluviosidade.

Essa análise foi realizada por meio da elaboração do painel espaço-temporal (Quadro 1), onde os anos foram classificados de acordo com a metodologia de Monteiro (1976) para todos os postos da bacia, da montante para a jusante da bacia, observando qual a tendência de cada ano. A maior parte dos anos não foge à tendência habitual, na maioria dos postos. Porém, alguns desses anos se destacam nessa análise, apresentando tendências parecidas para a maioria dos postos, como 1983, 1990, 1998 e 2009, chuvosos, e 1985, 1988, 1999, 2008 e 2012, secos. Tais anos poderiam ser selecionados como anos-padrão.

Quadro 1. Painel espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Mourão.

Posto	Ano																																				
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012				
1*																																					
2*																																					
3*																																					
4																																					
5*																																					
6																																					
7*																																					
8																																					
9																																					
10																																					
11*																																					
12*																																					
13*																																					

Legenda:

Postos:

- 1* Santo Antônio
- 2* Guarani
- 3* Marilu
- 4 Mamborê
- 5* Luiziana
- 6 Rio Mourão
- 7* Farol
- 8 Silviolândia
- 9 Peabiru
- 10 Quinta do Sol
- 11* Saltinho
- 12* Engenheiro Beltrão
- 13* Sítio Floresta

- Seco
- Tendente a seco
- Habitual
- Tendente a chuvoso
- Chuvoso

* Posto fora da bacia

Alguns desses anos já foram amplamente estudados e são conhecidos historicamente como períodos de chuvas ou secas extremas para algumas regiões, geralmente com impactos ambientais e socioeconômicos catastróficos, como por exemplo, o extenso período de chuvas resultante do forte El Niño de 1982-83, cujos efeitos foram discutidos por Glynn (1988). Levando isso em consideração, e analisando os padrões mostrados para a bacia, foram selecionados quatro anos para analisar seus padrões de precipitação: 1990 e 1998, como anos-padrão de tendência chuvosa; 1988 e 1999, como anos-padrão de tendência seca.

Ano Chuvoso de 1990

Pelo painel espaço-temporal apresentado, observa-se que nesse ano, 2 postos apresentaram padrão habitual de precipitação, enquanto em 5 casos o ano foi classificado como tendente a chuvoso, e em outros 6, chuvoso. A representação do padrão sazonal de precipitação desse ano pode ser observada na figura 7. É relevante destacar que este ano apresentou uma classificação neutra, não tendo sido registrado El Niño ou La Niña, segundo informações disponíveis no endereço eletrônico <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.

O padrão chuvoso foi predominante à jusante da bacia, contrariando a tendência de haver incrementos mais intensos das chuvas nas maiores altitudes, à montante, ou seja, a configuração atmosférica foi determinante nessa distribuição espacial. Durante o período de análise, de 33 anos, foi o segundo ano mais chuvoso, com média de 2208,9 mm de precipitação.

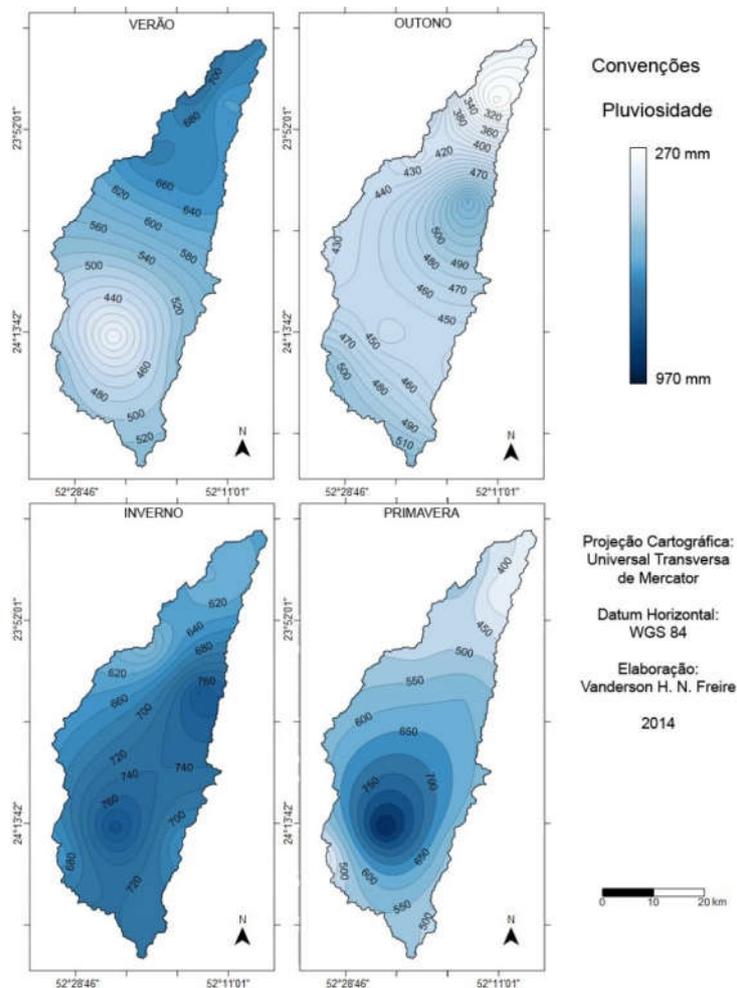


Figura 7. Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1990. Fonte: Os autores (2014).

Dentre os postos da bacia, o posto de Silviolândia foi o que apresentou a maior precipitação acumulada nesse ano, totalizando 2619,0 mm, enquanto o posto de Quinta do Sol apresentou apenas 1874,9 mm. Percebe-se uma alta variabilidade espacial nesse período, uma vez que tais postos estão relativamente próximos e em condições parecidas de altitude.

A análise do padrão sazonal de precipitação reforça os padrões anômalos registrados nesse ano. Durante o verão e outono, registram-se núcleos de baixa pluviosidade na porção central da bacia, enquanto essa situação se inverte no inverno e especialmente na primavera, quando há uma concentração de altas precipitações nessa área. O posto de Silviolândia, no centro-norte da bacia, apresenta precipitações relativamente altas em todas as estações do ano. De forma inversa ao padrão regional, o inverno foi a estação de maior média de precipitação, chegando a 675,3 mm, embora o maior valor tenha sido registrado na primavera, no posto de Rio Mourão, onde a pluviosidade chegou a 970,2 mm. Mesmo no outono, quando a precipitação alcançou os menores valores sazonais, ainda se manteve, de forma geral, acima da média geral para o período.

Porém, em uma análise mensal, observa-se que em todos os postos, o mês de fevereiro, que costuma ser chuvoso, foi nesse ano o mês mais seco, e em muitos casos, dezembro também esteve abaixo da média. Janeiro foi geralmente o mês mais chuvoso, e exceto pelo posto de rio Mourão, esteve sempre acima de 295 mm de precipitação. Julho e setembro foram meses atipicamente chuvosos em diversas estações, muito acima das médias no período, chegando a serem os meses mais chuvosos nos postos de Saltinho e rio Mourão, respectivamente.

Ano Tendente a Chuvoso de 1998

Este foi o terceiro ano de maior precipitação de toda a série histórica na bacia, tendo sido classificado como La Niña Moderado (<http://ggweather.com/enso/oni.htm>). O ano de 1998 chegou à média de 2140,9 mm, variando de 1693,0 mm no posto de Peabiru até 2538,2 mm no posto de Guarani. Foi classificado como habitual em 3 postos, tendente a chuvoso em 6, e chuvoso em 4. O padrão de distribuição sazonal da precipitação é apresentado na figura 8.

Diferentemente do ano de 1990, que se apresentou com distribuição mais aleatória, 1998 não apresenta uma grande diferenciação do padrão de distribuição espacial da precipitação na bacia, geralmente com maiores valores à montante, e menores à jusante. O verão e outono foram as estações mais chuvosas, com valores predominantemente elevados, e o inverno foi muito mais chuvoso que a média do período estudado. Porém, a primavera apresentou valores inferiores à média, estando ligada ao período seco ocorrido em 1999.

Na escala mensal, observou-se um padrão bastante atípico, com abril e setembro apresentando elevada precipitação, e períodos secos concentrados nos meses de julho e novembro. Em alguns casos, fevereiro e março apresentaram valores superiores aos demais, enquanto janeiro e dezembro estiveram geralmente abaixo dos valores médios.

Comparando os anos-padrão chuvosos, é notável que a atuação dos fenômenos de circulação atmosférica se deu de forma diferenciada, em diferentes épocas do ano. Porém, as consequências foram semelhantes: um desvio considerável do padrão médio para a bacia, em alguns meses onde a precipitação foi muito superior à média, mas também em outros onde esteve abaixo dos valores esperados. Na escala sazonal, os invernos passaram por chuvas muito acima da média, enquanto a primavera, que geralmente é a estação mais chuvosa, teve em alguns momentos, redução dos valores de precipitação. De maneira geral, houve um aumento da irregularidade na distribuição da pluviosidade, fugindo aos padrões esperados.

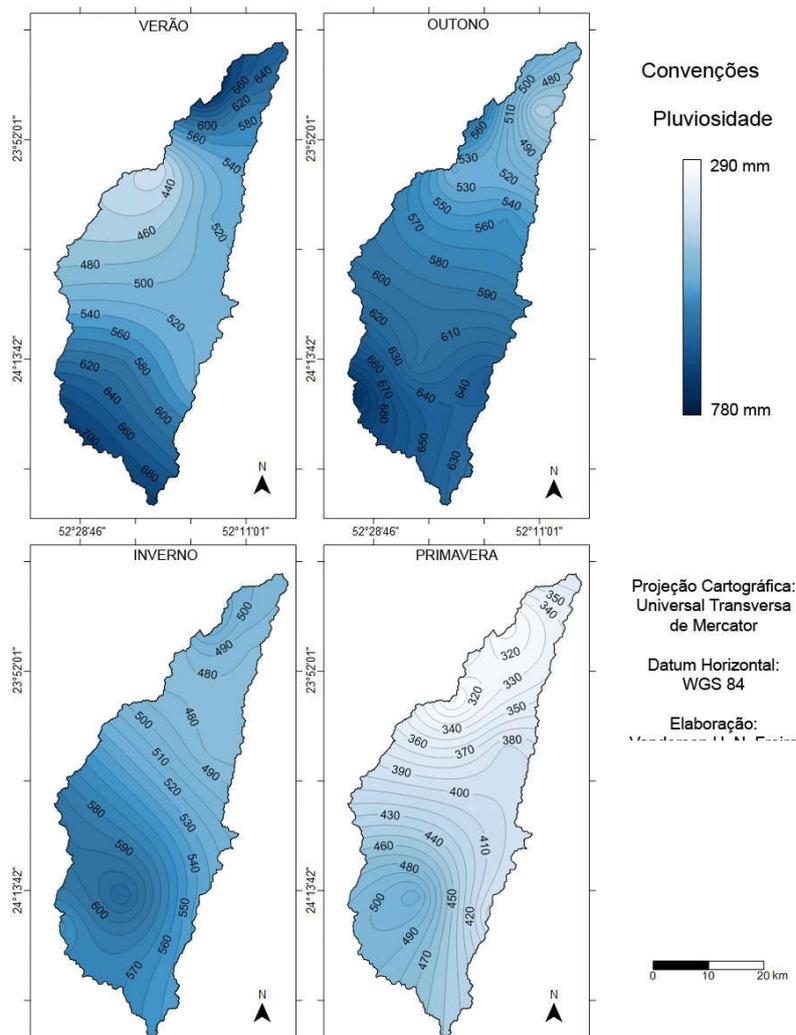


Figura 8. Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1998. Fonte: Os autores (2014).

Ano Seco de 1988

Trata-se do ano mais seco de toda a série histórica, este foi classificado como um ano de La Niña Forte, conforme mostra a tabela dos anos e intensidades do El Niño e La Niña baseado no Índice de Niño Oceânico (ONI), disponível no site <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.

A média de pluviosidade foi de 1242,2 mm, variando de 918,7 mm no posto de Engenheiro Beltrão a 1510,5 mm no posto de Guarani, variação típica da influência orográfica. Foi classificado como habitual apenas no posto de Silviolândia, enquanto em 4 postos foi considerado tendente a seco, e nos outros 8, seco. Porém, essa situação predominantemente seca não implica em uma menor variabilidade, mas sim ao processo inverso, ocorrendo inclusive períodos mais chuvosos que o habitual. A análise em escala sazonal é apresentada na figura 9.

Pelos mapas sazonais, observa-se que o outono possuiu, na realidade, valores consideravelmente mais elevados de precipitação que a média do período, especialmente na porção central da bacia, onde para o posto de Silviolândia, foi ultrapassada a marca dos 800 mm no período. Porém, as demais estações do ano obtiveram precipitações inferiores ao normal, com valores maiores, isolados, próximos ao posto de Silviolândia, e geralmente

valores ainda menores no entorno do posto de rio Mourão. O inverno foi particularmente seco nesse ano, com poucos registros de chuva entre julho e setembro.

Em vários casos, a precipitação chegou a ser nula, especialmente no mês de agosto, e também em julho, nos postos à jusante da bacia. Portanto, os meses que geralmente são mais secos tornaram-se ainda mais secos. Também os meses usualmente chuvosos, como janeiro, outubro e dezembro, sofreram uma brusca queda de precipitação. A exceção encontra-se nos meses de abril e sobretudo maio, que em geral sofreram um aumento da pluviosidade, resultando num outono chuvoso, especialmente no posto de Silviolândia. Mesmo assim, pode-se considerar como se tratando de um ano predominantemente seco.

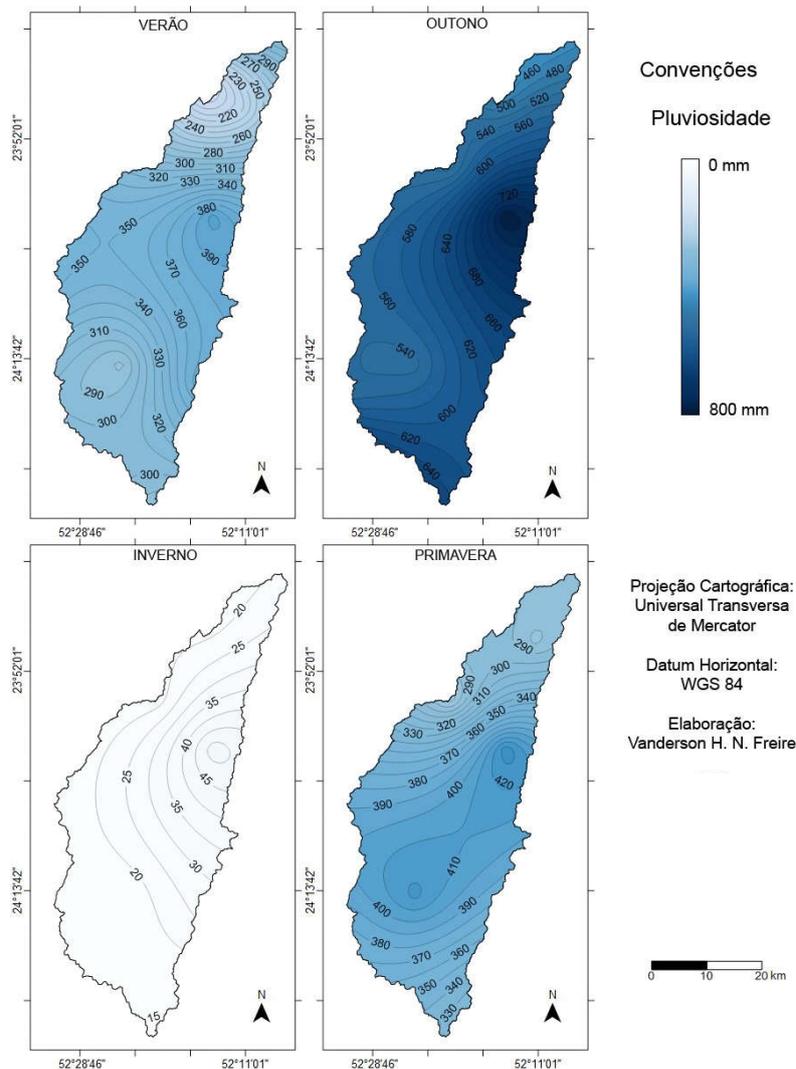


Figura 9. Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1988.
Fonte: Os autores (2014).

Ano Tendente a Seco de 1999

Segundo as informações disponíveis no site <http://ggweather.com/enso/oni.htm>, este ano foi classificado com La Niña Moderado. O ano de 1999, segundo mais seco da série histórica, possui média anual de 1390,3 mm, variando desde 1125,9 mm no posto de Santo Antônio até 1633,2 mm no posto de Engenheiro Beltrão. Esse ano foi classificado como habitual em 5 postos, tendente a seco em 6, e seco em 2. A classificação como ano habitual concentrou-se na jusante da bacia, enquanto a montante foi mais seca, contrariando o padrão comum para a área.

Em relação à escala sazonal (Figura 10), no verão e outono, a variação em relação aos valores médios não foi muito elevada, com mudanças locais relacionadas à variabilidade espacial. Porém, no inverno e primavera, houve uma brusca redução dos valores em relação à média, ficando a cerca de metade dos valores habituais. Chega a ser formado um núcleo de baixas precipitações no centro-sul da bacia durante o inverno, e enquanto a porção central da bacia apresenta valores pluviométricos elevados no verão, durante o inverno e primavera, possui os menores valores.

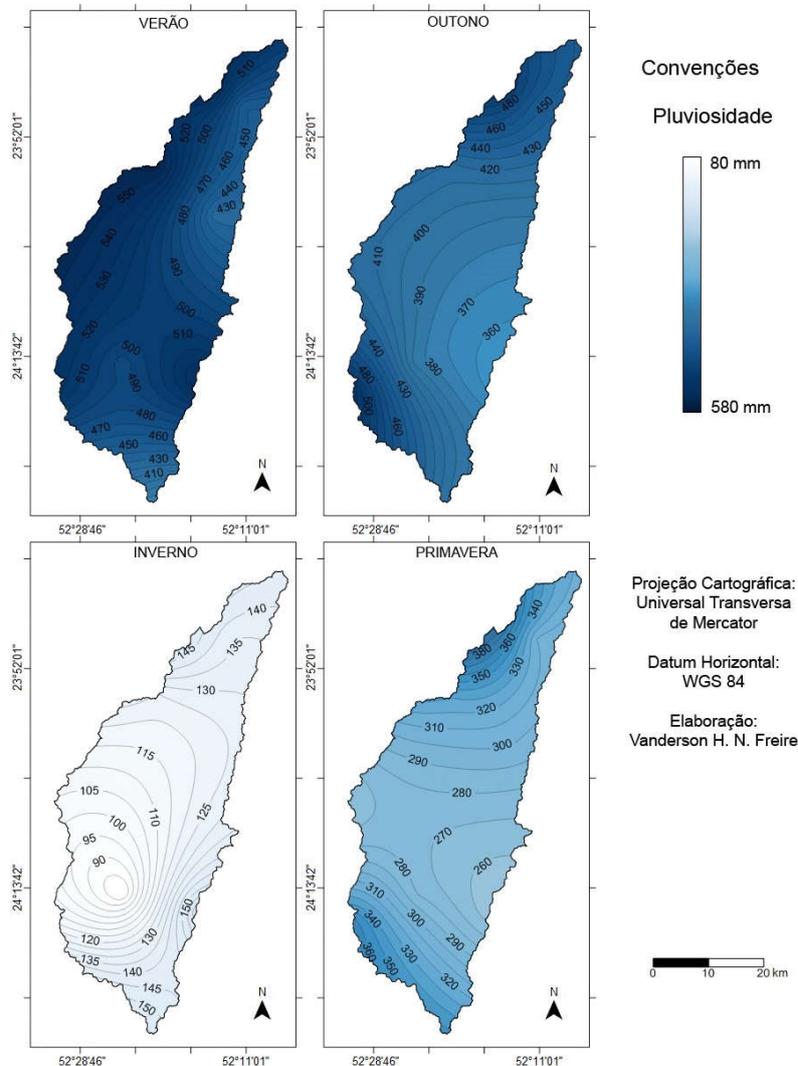


Figura 10. Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1999. Fonte: Os autores (2014).

Na escala mensal, as precipitações apresentaram-se moderadas durante a maior parte do ano, exceto no inverno e especialmente no mês de agosto, quando na maioria dos casos não ocorreu qualquer precipitação. Isso levou a uma variação considerável em relação ao mês mais chuvoso, que variou entre janeiro, fevereiro, junho e dezembro. Mesmo tratando-se de um ano tendente a seco, fevereiro, maio e junho chegaram a sofrer um aumento significativo de precipitação, resultando em uma mudança brusca quanto aos padrões habituais de precipitação, incluindo meses secos tornando-se mais chuvosos, meses chuvosos aparecendo como secos, e ainda o mês mais seco, agosto, sem qualquer ocorrência de chuva.

Pode-se dizer que houve novamente uma ação diferenciada dos fenômenos de circulação atmosférica durante os dois anos considerados secos, pois enquanto 1988 sofreu reduções bruscas em alguns meses, e um aumento significativo em maio, resultando em um padrão bastante heterogêneo no decorrer do ano, 1999 passou por reduções menos significativas, atuando em diversos meses, resultando num padrão mensal mais homogêneo. Nos dois casos, porém, não houve apenas redução dos valores mensais, mas também aumentos significativos em alguns casos, evidenciando a elevada diferenciação dos anos que passam por tais fenômenos, em relação ao padrão esperado.

Analisando os anos-padrão em conjunto, é possível afirmar ainda que o fenômeno El Niño Oscilação Sul possui influência relevante na área, especialmente no inverno, destacando-se que esta informação está baseada na literatura consultada, já que nenhuma correlação de dados foi realizada nesse sentido. Em casos de anos chuvosos, onde atua o fenômeno El Niño, o inverno, geralmente seco, conforme a média de toda a série histórica, torna-se muito mais chuvoso. Para anos secos, onde há a atuação do fenômeno La Niña, o inverno torna-se ainda mais seco do que o habitual. Porém, essa diferenciação é contrabalanceada em outros meses, que mesmo em anos chuvosos, podem apresentar menores valores que o habitual, e em anos secos, valores mais elevados.

Massoquim (2010), estudando a mesorregião centro-oeste do Paraná, destaca que o maior problema para a agricultura local é a variabilidade pluviométrica durante as estiagens de outono e inverno, especialmente quando a região encontra-se sob influência do fenômeno La Niña. O milho, uma das lavouras mais cultivadas na área, é particularmente sensível a esse déficit hídrico, havendo grandes perdas econômicas nesses períodos.

CONCLUSÕES

Tratando-se de uma área de clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), esperava-se encontrar uma distribuição regular da precipitação ao longo do ano, sem definição de uma estação seca, embora com alguma concentração das chuvas no verão. Porém, nas análises realizadas, em situações normais, o inverno foi sempre a estação mais seca, especialmente no mês de agosto, e houve concentração das chuvas não apenas no verão, onde janeiro foi o mês mais chuvoso, mas também na primavera, sobretudo em outubro.

Para a análise das variações espaciais, os métodos mostraram-se, em vários casos, limitados à falta de dados, especialmente no mapeamento relativo aos anos atípicos. A análise dos dados pontuais mostrou que a interpolação para elaboração de mapas pode se mostrar tendenciosa, necessitando de maior disponibilidade de dados para fornecer resultados mais precisos.

Mesmo assim, pode-se constatar uma diferenciação considerável dos padrões entre o sul da bacia, à montante, e o norte, à jusante. Em condições normais da distribuição espacial da precipitação, para as médias de toda a série histórica, tais diferenças estão relacionadas especialmente ao efeito orográfico, de forma que em regiões de maior altitude, são registrados maiores valores pluviométricos. Porém, há também influência da transição climática para o clima tropical, especialmente na porção norte da bacia, enquanto o sul está mais relacionado ao clima subtropical úmido, mais chuvoso.

Na escala interanual, observou-se a existência tanto de anos críticos chuvosos quanto secos, em quantidade semelhante, assim como de anos habituais e com valores de precipitação próximos à média da série histórica, embora não tenham sido observados ciclos interanuais. Por meio da análise dos anos-padrão escolhidos, constatou-se que a distribuição temporal e espacial da pluviosidade em anos atípicos, tanto secos quanto chuvosos, foi diferenciada em relação à distribuição da média histórica. Essa ocorrência provavelmente está relacionada com a atuação de fenômenos de circulação atmosférica, com destaque para a relação do La Niña com a ocorrência de anos secos.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Adriano A. do. **As Chuvas e a Erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Jordão - PR**. 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

ANDRADE, Aparecido R. de. **Variabilidade da Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Ivaí – Paraná**. 2003. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

ANDRADE, Aparecido R. de.; NERY, Jonas T. Análise Sazonal e Espacial da Precipitação Pluvial na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí – Paraná. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 29, n. 2, p. 107-121, 2011.

AZEVEDO, Luiz C. de. **Análise da Precipitação Pluvial da Bacia do Rio Iguaçu - Paraná**. 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BALDO, Maria C. **Variabilidade Pluviométrica e a Dinâmica Climática na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí – PR**. 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

BARROS, Juliana R. **A Chuva no Distrito Federal: o Regime e as Excepcionalidades do Ritmo**. 2003. 220 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BEREZUK, André G.; GARCIA, Márcio R. Estudo das Tendências do Ritmo Pluviométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo-MS. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, v. 9, p. 7-20, jul.-dez. 2011.

BLAIN, Gabriel C.; KAYANO, Mary T.; CAMARGO, Marcelo P. de; LULU, Jorge. Variabilidade Amostral de Séries Mensais de Precipitação Pluvial em duas Regiões do Brasil: Pelotas-RS e Campinas-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 24, n. 1, p. 1-11, 2009.

CAVIGLIONE, João H. KIIHL, Laura R. B. CARAMORI, Paulo H. OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. CD. Londrina: IAPAR, 2000.

GLYNN, Peter W. El Niño-Southern Oscillation 1982-1983: Nearshore Population, Community, and Ecosystem Responses. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. n. 19, p. 309-345, 1988.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos Demográficos**. 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 13 set. 2017.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Cadernos Municipais**. 2013. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=30> Acesso em: 13 set. 2017.

LUCENA, Joselma A.; SOUZA, Bartolomeu I.; MOURA, Marcelo de O.; LIMA, Joab de O. Análise da Variabilidade da Precipitação Pluviométrica como Subsídio para o Planejamento Agrícola em Caicó/RN. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, v. 10, p. 121-135, jan.-jun. 2012.

MASSOQUIM, Nair G. **Clima e Paisagem da Mesorregião Centro-Ocidental Paranaense**. 2010. 398 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MONTEIRO, Carlos A. de F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas.** Série Teses e Monografias, nº 28, São Paulo: USP/IGEOG, 1976.

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

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

RIBEIRO, Antonio G. Caracterização Termo-pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó – PR. **Boletim de Geografia.** Maringá, v. 5, n. 1, p. 91-135, 1987.

ROCHA, Paulo C.; TOMMASELLI, José T. G. Variabilidade Hidrológica nas Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe, Região Oeste Paulista. **Revista Brasileira de Climatologia.** Curitiba, v. 10, p. 69-84, jan.-jun. 2012.

SANTOS, Eduardo H. M. dos; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Variabilidade Espacial e Temporal da Precipitação Pluvial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite-GO. **Engenharia Agrícola.** Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 78-89, jan./fev. 2011.

SANTOS, Wesley A. dos; ARAÚJO, Hélio M. de. Clima e Condições Meteorológicas da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cotinguiba-SE. **Boletim de Geografia.** Maringá, v. 31, n. 1, p. 41-52, jan.-abr. 2013.

SILVA, Djane F. da. **Análise de Aspectos Climatológicos, Agroeconômicos, Ambientais e de seus Efeitos sobre a Bacia Hidrográfica Do Rio Mundaú (AL e PE).** 2009. 218 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, Djane F. da; SOUSA, Francisco de A. S. de; KAYANO, Mary T. Escalas Temporais da Variabilidade Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú. **Revista Brasileira de Meteorologia.** v. 25, n. 3, p. 324-332, 2010.

VILLELA, Swami M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

ZANDONADI, Leandro. **As Chuvas na Bacia do Paraná: Aspectos Temporais, Espaciais e Rítmicos.** 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.