

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

VANDERSON HENRIQUE NEVES FREIRE

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA  
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA DO RIO MOURÃO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

VANDERSON HENRIQUE NEVES FREIRE

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA  
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA DO RIO MOURÃO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Engenharia Ambiental, da Coordenação de Engenharia Ambiental (COEAM), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Cleide Baldo.

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB  
Curso de Engenharia Ambiental



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA DO RIO MOURÃO - PR

por

VANDERSON HENRIQUE NEVES FREIRE

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 7 de agosto de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Cleide Baldo

---

Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maristela Denise Moresco Mezzomo

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.

## **AGRADECIMENTOS**

Cinco anos é muito tempo. Foi uma longa caminhada, mas apenas o começo de uma caminhada ainda maior. Tive muitas companhias ao longo de todo esse tempo, e gostaria de usar esse espaço para agradecê-las pela imensa contribuição. Afinal, aqui não está só o trabalho de um longo ano de dedicação e esforço, mas os resultados de tudo que aprendi nesses cinco anos de graduação.

Antes de qualquer pessoa, gostaria de agradecer a Deus, que, há mais de vinte e dois anos, tem me dado a vida e derramado bênçãos sobre ela. Tenho certeza de que ele olha por mim, pois só Deus seria capaz de me levar através dos momentos mais difíceis, e me presentear com outros tão agradáveis.

A seguir, agradeço à minha família, e especialmente aos meus pais, Maria Aparecida e Dorvalino. Vocês nem sempre entenderam o motivo de eu ficar acordado até tarde da madrugada, seja me estressando com os estudos, ou apenas me divertindo. Mas sempre me deram seu apoio e força, me incentivaram a seguir em frente, mesmo quando minha única vontade era abandonar essa caminhada – e isso aconteceu várias vezes ao longo desses cinco anos.

Agradeço muito aos professores pelo aprendizado. De seu próprio jeito, todos me ensinaram, não apenas lecionando, mas muitas vezes com suas experiências de vida ou sua personalidade. Obrigado pelo conhecimento, tanto teórico quanto prático. Agradeço especialmente à minha orientadora, Maria Cleide, pela paciência e ajuda no desenvolvimento desse trabalho. Nem sempre fui o melhor orientando, mas muito agradeço pela oportunidade desse trabalho e aprendizado.

Por fim, quero agradecer aos amigos, meus legítimos companheiros de caminhada. Pessoas cuja companhia gostaria de levar por toda a vida, mas muitas que me apertam o peito, pois sei que se aproxima o momento da despedida. Gostaria de citar todos os nomes e contar todas as histórias, mas precisaria de incontáveis páginas. Basta dizer que sua convivência muito me ensinou, e que levarei cada lembrança por toda a vida. Muito do que aqui amadureci, devo a vocês.

Enfim, agradeço a cada uma das pessoas que entraram na minha vida nesse período e me ajudaram nesse caminho, e guardo a profunda esperança de manter algumas das relações mais especiais que esses anos me proporcionaram.

“A arte, como o amor e a amizade, não existe no homem, mas entre os homens.”

(Ernesto Sabato)

## RESUMO

FREIRE, Vanderson H. N. **Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Rio Mourão - PR**. 2014. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Coordenação de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

O clima, e especialmente a precipitação, tem influência direta no ciclo hidrológico, impondo limitações para as atividades antrópicas, sobretudo a agricultura. Portanto, estudar o padrão regional de precipitação auxilia no planejamento e zoneamento adequado das atividades econômicas e da preservação ambiental. Assim, este trabalho tem por objetivo analisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na bacia do rio Mourão, localizada no centro-oeste paranaense. Para isso, foram analisados dados mensais de 13 postos pluviométricos selecionados, no período de 1980 a 2012, obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná. Os dados foram organizados em planilhas e uniformizados, preenchendo as falhas existentes para possibilitar os cálculos de estatística descritiva, pelos parâmetros de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Os valores obtidos foram analisados nas escalas mensal, sazonal, anual e interanual, por meio de gráficos e mapas de isoietas elaborados por interpolação pelo método de *kriging*. Os totais anuais passaram por análise de *cluster*, onde os postos pluviométricos formaram grupos similares, que foram espacializados. As variações interanuais foram observadas por meio de um painel espaço-temporal, onde os anos foram classificados em cada posto, e foram então selecionados quatro anos para análise mais aprofundada. Em todas as análises realizadas, a falta de dados na porção central da bacia foi fator limitante para analisar a variação espacial da precipitação com precisão. Na análise mensal, o mês mais seco para todos os postos foi agosto, chegando a cerca de 65 mm ao norte da bacia, enquanto o mês mais chuvoso variou entre janeiro (9 postos), outubro (3 postos) e dezembro (1 posto), com valores máximos próximos a 230 mm. Na escala sazonal, a primavera e o verão mostraram valores próximos de 600 mm no sul da bacia, sendo a primavera mais chuvosa em 7 postos, e o verão em 6. O inverno foi mais seco em todos os casos. Na escala anual, o valor médio foi de 1753,7 mm, variando entre 1242,2 mm, em 1983, e 2556,9 mm, em 1988. Houve uma tendência geral de decréscimo dos valores de precipitação em direção ao norte, causada pela diferença gradativa de altitude, além de haver influência da transição entre o clima tropical e subtropical nessa região. Essa diferenciação também foi obtida na análise de *cluster*, que obteve dois grupos homogêneos, com padrões distintos entre a montante e a jusante. A partir do painel espaço-temporal de precipitação, foi escolhido um ano-padrão chuvoso (1990), um tendente a chuvoso (1998), um seco (1988) e um tendente a seco (1999). Em todos esses anos, os padrões de precipitação fugiram dos valores médios, com variações tanto espaciais quanto temporais, relacionadas à influência de fenômenos de circulação atmosférica, como El Niño e La Niña, causando padrões de distribuição espaço-temporal diferenciados nos anos atípicos.

**Palavras-chave:** Chuva. Bacia hidrográfica. Rio Mourão. Planejamento. Anos-padrão.

## ABSTRACT

FREIRE, Vanderson H. N. **Spatial and Temporal Pluviometric Precipitation Variability Analysis on Mourão River Basin – Paraná.** 2014. 52 s. Completion of Coursework (Environmental Engineering Graduation) – Coordenação de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

The climate, and especially rainfall, has direct influence on hydrological cycle, imposing limitations to anthropic activities, mainly agriculture. Therefore, studying the regional rainfall pattern assists on appropriate planning and zoning of economic activities and environmental preservation. Thus, this work has as its objective to analyze the spatial and temporal variability of pluviometric precipitation on Mourão river basin, located on Midwest of Paraná. To do this, monthly data from 13 selected pluviometric stations were analyzed, on the period from 1980 to 2012, obtained with Instituto das Águas do Paraná (Paraná Waters Institute). Data were organized on spreadsheets and standardized, filling existing failures to allow the calculation of descriptive statistics, by the parameters of average, standard deviation and variation coefficient. Obtained values were analyzed on monthly, seasonal, annual and interannual scales, by graphics and isohyet maps elaborated by interpolation via the kriging method. Yearly totals went through cluster analysis, where the pluviometric stations formed similar groups, that were spatialized. The interannual variations were observed with a spatiotemporal panel, where years were classified in each station, and then four years were selected for further analysis. In all performed analysis, the lack of data on the basin central portion was a limiting factor to analyze spatial variation of rainfall with precision. On monthly analysis, the driest month to all stations was August, reaching around 65 mm on north of the basin, while the rainiest month varied between January (9 stations), October (3 stations) and December (1 station), with maximum values close to 230 mm. On seasonal scale, spring and summer showed values close to 600 mm on south of the basin, spring being rainier on 7 stations, and summer on 6. Winter was the driest season in all cases. On yearly scale, the average value was of 1753,7 mm, varying between 1242,2 mm, in 1983, and 2556,9 mm, in 1988. There was a general tendency of decrease of rainfall values towards the north, caused by the gradual difference of altitude, besides the influence of transition between tropical and subtropical climates in this region. This differentiation was also obtained on cluster analysis, that obtained two homogeneous groups, with distinct patterns between upstream and downstream. From the spatiotemporal precipitation panel, it was chosen one rainy pattern year (1990), one tending to rainy (1998), one dry (1988) and one tending to dry (1999). In all these years, the rainfall patterns got away from the average values, with both spatial and temporal variations, related to the influence of atmospheric circulation phenomena, like El Niño and La Niña, causing different spatiotemporal distribution patterns on atypical years.

**Keywords:** Rainfall. Watershed. Mourão River. Planning. Pattern years.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo em relação ao Estado do Paraná.....	15
Figura 2 – Municípios parcialmente inseridos na área da bacia do rio Mourão.	16
Figura 3 – Mapa hipsométrico da bacia do rio Mourão - PR.....	17
Figura 4 – Localização dos postos pluviométricos na área de estudo. ....	18
Figura 5 – Precipitação média mensal na bacia. ....	23
Figura 6 – Distribuição espacial da precipitação média mensal nos postos estudados. ....	24
Figura 7 – Distribuição espacial da precipitação média nos meses de janeiro a junho. ....	26
Figura 8 – Distribuição espacial da precipitação média nos meses de julho a dezembro. ....	27
Figura 9 – Precipitação média sazonal na bacia. ....	28
Figura 10 – Distribuição espacial da precipitação média sazonal nos postos estudados. ....	29
Figura 11 – Distribuição espacial da precipitação média nas estações do ano. ....	30
Figura 12 – Distribuição temporal da precipitação total anual entre 1980 e 2012. ....	31
Figura 13 – Distribuição espacial da precipitação média anual entre 1980 e 2012. ....	32
Figura 14 – Dendograma obtido pela Análise de <i>cluster</i> para os postos estudados. ....	33
Figura 15 – Grupos de precipitação homogênea existentes na bacia do rio Mourão. ....	34
Figura 16 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1990.....	38
Figura 17 – Distribuição da precipitação mensal em 1990 nos postos estudados. ....	39
Figura 18 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1998.....	40
Figura 19 – Distribuição da precipitação mensal em 1998 nos postos estudados. ....	41
Figura 20 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1988.....	43
Figura 21 – Distribuição da precipitação mensal em 1988 nos postos estudados. ....	44
Figura 22 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1999.....	46
Figura 23 – Distribuição da precipitação mensal em 1999 nos postos estudados. ....	47

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1 ESTUDOS CLIMÁTICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	11
3.2 DINÂMICA ATMOSFÉRICA NA ÁREA DE ESTUDO.....	13
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
4.2 METODOLOGIA.....	17
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
5.1 UNIFORMIZAÇÃO DOS DADOS.....	22
5.2 ANÁLISE MENSAL .....	23
5.3 ANÁLISE SAZONAL .....	28
5.4 ANÁLISE ANUAL .....	31
5.5 ANÁLISE DE CLUSTER.....	33
5.6 DETERMINAÇÃO DOS ANOS-PADRÃO .....	35
5.7 ANÁLISE DOS ANOS-PADRÃO .....	37
5.7.1 Ano Chuvoso de 1990 .....	37
5.7.2 Ano Tendente a Chuvoso de 1998 .....	40
5.7.3 Ano Seco de 1988.....	42
5.7.4 Ano Tendente a Seco de 1999 .....	45
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>50</b>



## 1 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. As diferenças regionais das características climáticas contribuíram para a formação de solos distintos, determinaram a composição da fauna e flora global, mas também impuseram certas limitações às atividades antrópicas. Um dos fatores de maior interesse científico e econômico no clima é a precipitação, que representa a entrada de água nos sistemas naturais e é um recurso natural de importância econômica imensurável. A precipitação possui variabilidade considerável no tempo e no espaço, embora dependa de sistemas de complexa interação, seu comportamento pode ser determinado a partir de episódios passados.

A importância da precipitação é ainda maior quando se considera que a economia brasileira é altamente dependente da agricultura, e a matriz energética nacional é composta principalmente por energia hidrelétrica. Esse direcionamento econômico só foi possível porque o país possui ampla disponibilidade de recursos hídricos, mas a distribuição desses recursos varia intensamente ao longo do território nacional. Nesse contexto, se destaca a necessidade de realizar estudos climáticos regionais aprofundados, pois a falta de conhecimento sobre as variáveis climáticas acarreta em dificuldades de planejamento e manejo ambientais e para atividades econômicas dependentes da água.

Quando o planejamento e zoneamento agrícolas não são feitos de maneira condizente com as características naturais, ou se adota práticas de manejo arbitrárias, aparecem problemas como a perda da camada superficial de solo, que acarreta no aumento do risco de assoreamento de corpos hídricos e reservatórios. Esse processo, assim como uma escolha inadequada da planta a ser cultivada em cada período e região, pode levar a grandes perdas de produtividade agrícola. Também para a instalação de usinas hidrelétricas deve haver conhecimento aprofundado sobre o ciclo hidrológico regional, de maneira a determinar e prever corretamente a capacidade de produção de energia. Outros setores, como a pesca e certos tipos de indústria, também são diretamente dependentes do regime de chuvas.

Levando isso em consideração, 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 assim determinar sua forma de ocorrência espacial e temporal, além dos fatores que interferem em sua variabilidade na área de estudo, servindo de subsídio para pesquisas de outras áreas, e para diversas aplicações nas atividades econômicas e de planejamento ambiental dos municípios da região.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na bacia do rio Mourão - PR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a estatística descritiva a partir dos dados de 16 postos pluviométricos na bacia, no período de 1980 a 2012, utilizando as escalas de análise mensal, sazonal, anual e interanual.
- Representar espacialmente os dados obtidos, por meio de mapas e gráficos.
- Analisar anos padrões de precipitação (habitual, seco e chuvoso) para observar a variabilidade pluviométrica.
- Comparar a distribuição espacial da precipitação com a hipsometria da área de estudo.
- Identificar áreas com valores pluviométricos homogêneos na bacia.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em relação ao clima, a precipitação é um elemento de extrema relevância para o planejamento ambiental e econômico, pois representa a principal entrada de água nos sistemas naturais. De acordo com Silva (2009), o diagnóstico climático de uma bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento em setores relevantes da economia, 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.

Por esse motivo, 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 graus elevados de incerteza em relação aos recursos hídricos dificultam a aplicação de políticas de seguro e financiamento agrícola. Em um processo de zoneamento agroclimático adequado, deve-se constatar disponibilidade hídrica condizente com as necessidades de cada cultura, o que pode ser alcançado por meio de estudos climáticos detalhados.

#### 3.1 ESTUDOS CLIMÁTICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Dois fatores principais devem ser considerados em relação aos dados climáticos utilizados nesses estudos: a escala temporal e a distribuição espacial. A escala de tempo considerada em relação ao clima deve estar diretamente ligada aos objetivos propostos. Porém, diversos autores, como Andrade (2003), Azevedo (2006), Barros (2003), Blain et al. (2009) e Varejão-Silva (2006), consideram um

período mínimo de 30 anos de séries históricas para que seja possível analisar o comportamento climático de uma região, de acordo com o que é estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Um fator limitante aos estudos é a escassez de dados de estações pluviométricas, que devem possuir distribuição espacial e temporal regular e consistente na área. Ribeiro (1987) já relatava problemas com a série de dados utilizada, pois embora dispusesse de 31 estações pluviométricas bem distribuídas pela bacia do rio Pirapó - PR, contava com um período de apenas dez anos para realizar as análises. Assim, em determinados casos, a utilização de dados inconsistentes ou de menores períodos se justifica.

Leite, Adacheski e Virgens Filho (2010) encontraram uma série de apenas 19 anos para o município de Lapa - PR. Porém, esse município possuía três características que justificaram a utilização desses dados: a grande área territorial na região de interesse (Campos Gerais), a proximidade aos outros municípios estudados, e a relevância econômica, pois possui a maior área de plantio de frutas de caroço no estado, atividade que demanda conhecimento sobre o regime de precipitação e temperatura.

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 as 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 do regime pluvial das áreas à montante.

Após a delimitação da área de estudo e dos dados a serem utilizados, passa-se para o tratamento dos dados. Nessa etapa, a estatística constitui uma importante ferramenta, sendo utilizada tanto em conceitos básicos como média e desvio padrão, que podem ser representados em gráficos e cartogramas, até índices específicos mais complexos. De acordo com Varejão-Silva (2006), o uso de médias apresenta-se satisfatório apenas quando há uma distribuição simétrica da

precipitação, com valores mensais ou anuais que não se afastam muito dos valores médios. Em casos de maior variabilidade, a estatística deve ser aplicada de maneira mais aprofundada.

Uma alternativa é complementar a estatística tradicional por meio da análise de episódios extremos em anos-padrão, para que sejam consideradas as excepcionalidades climáticas existentes no período de análise, conforme realizado por Barros (2003) para analisar a pluviosidade no Distrito Federal. Berezuk e Garcia (2011) também analisam tais variações, utilizando as flutuações do desvio padrão para classificar os valores de precipitação mensal entre 'muito seco', 'seco', 'habitual', 'chuvoso' e 'muito chuvoso' na bacia do rio Pardo - MS. Calculando a frequência desses meses, os autores conseguiram observar uma concentração de períodos de chuva e estiagem diferenciados. Porém, embora essa metodologia resulte num panorama geral da precipitação na área, não considera eventos extremos no período.

Silva, Sousa e Kayano (2010) utilizam o índice de anomalia de chuva e a análise de ondaletas para a bacia do rio Mundaú, localizada nos estados de Alagoas e Pernambuco, de maneira a estudar a precipitação de forma mais aprofundada, classificando períodos secos e chuvosos e calculando sua frequência. A bacia também foi setorizada em uma porção alta, média e baixa, para que as variações temporais e espaciais fossem analisadas de maneira conjunta. Nas porções baixa e média, o período chuvoso foi de abril a julho, e o seco de outubro a janeiro, enquanto na porção alta o período chuvoso se estendeu de março a julho, e o seco de setembro a dezembro. Uma última alternativa seria estudar um conjunto maior de variáveis climáticas e suas inter-relações, como proposto por Santos e Araújo (2013) para a bacia do rio Cotinguiba - SE.

### 3.2 DINÂMICA ATMOSFÉRICA NA ÁREA DE ESTUDO

Entre os elementos que influenciam no clima de maneira geral, a presença dos oceanos é fator determinante. Na América do Sul, o Oceano Atlântico é responsável pela formação de sistemas ciclônicos que regem a dinâmica frontal no sul. Já as grandes dimensões do Oceano Pacífico influenciam na circulação geral da

atmosfera, especialmente na América do Sul, onde as oscilações de pressão atmosférica sobre o oceano, e conseqüentemente de temperatura da superfície do mar, levam à ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña. Estes, por sua vez, são responsáveis por variações interanuais da precipitação em grande parte do Brasil (ANDRADE, 2003). Diversos estudos apontam essa influência em diversas regiões brasileiras, entre eles Andrade e Nery (2011); Azevedo (2006); Baldo (2006); Britto, Barletta e Mendonça (2008); Leite, Adacheski e Virgens Filho (2010); e Silva, Sousa e Kayano (2010).

Na região Sul do Brasil, a maioria da precipitação está associada a sistemas frontais vindos do Pacífico, ciclones e frentes frias vindas da costa oeste da América do Sul ou geradas localmente, além de haver influência indireta da Zona de Convergência do Atlântico Sul (REBOITA et al., 2010).

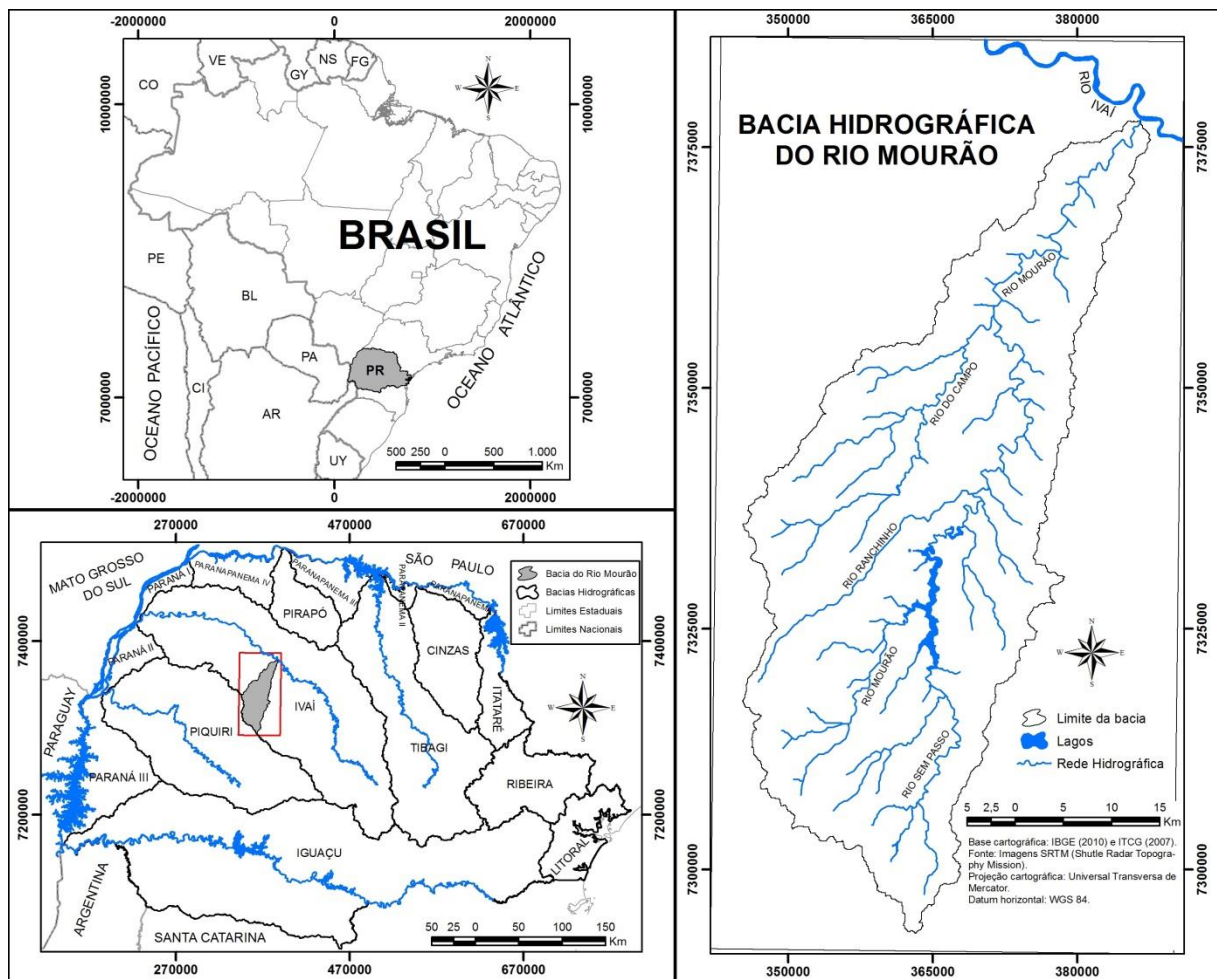
A bacia do rio Mourão está inserida na bacia do rio Ivaí, que por sua vez encontra-se dentro da bacia do rio Paraná, uma das bacias mais economicamente relevantes do Brasil. Andrade e Nery (2011) e Baldo (2006) realizaram caracterizações pluviométricas para a bacia do rio Ivaí - PR e constataram valores mais elevados à montante, devido ao efeito da orografia e ao clima subtropical úmido, e menores valores à jusante, onde acontece a **transição climática de subtropical para tropical**, na porção norte do estado. O efeito do fenômeno El Niño foi bastante pronunciado para a variabilidade interanual na área. Os autores observaram distribuição regular das chuvas ao longo do ano, porém há uma variabilidade relativa maior nos meses secos em relação aos úmidos.

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. Isso demonstra a importância econômica do conhecimento sobre a precipitação e os fatores que influenciam na sua variabilidade, para tentar prever com maior exatidão seu comportamento ao longo do tempo.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Mourão localiza-se na região centro-oeste do estado do Paraná, aproximadamente entre as coordenadas  $52^{\circ}05'18''\text{O}$   $23^{\circ}41'46''\text{S}$  e  $52^{\circ}32'35''\text{O}$   $24^{\circ}24'14''\text{S}$  (Figura 1), possuindo uma área de 1.647,3 km<sup>2</sup>.



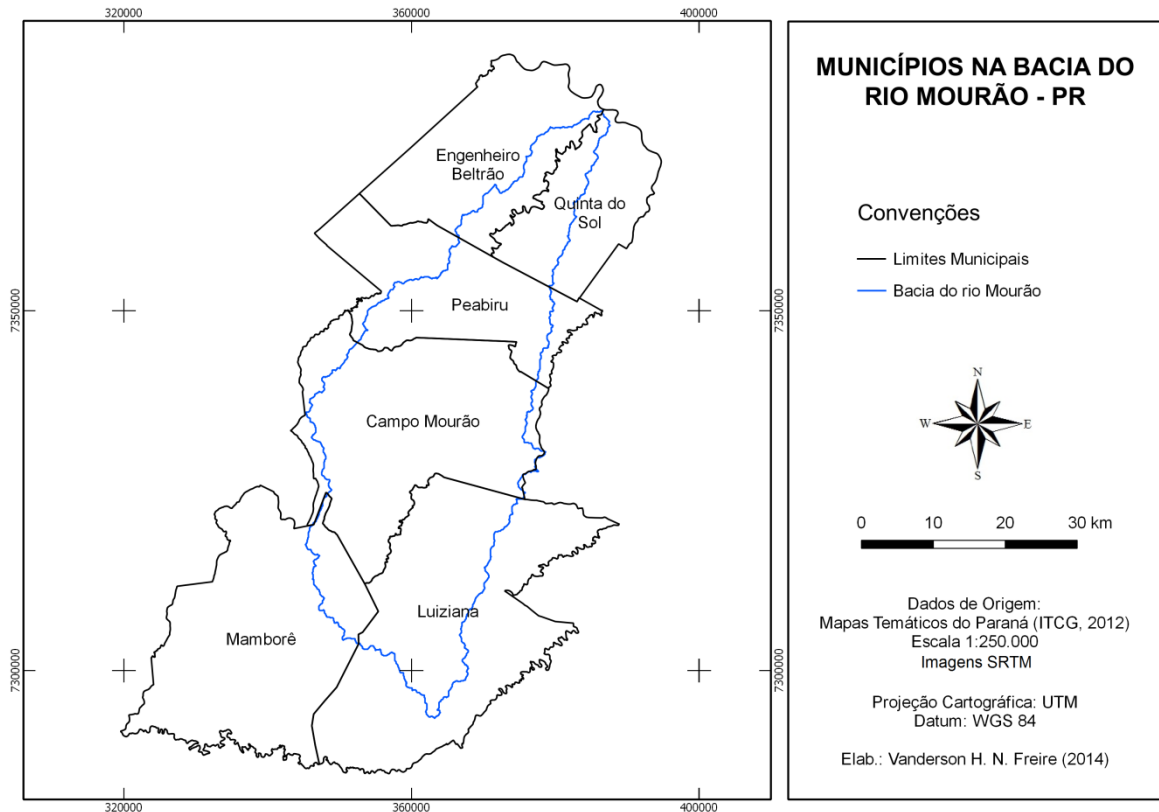
**Figura 1 – Localização da área de estudo em relação ao Estado do Paraná.**

**Fonte: Autoria própria.**

Estão inseridos parcialmente na área da bacia seis municípios: Campo Mourão, Mamborê, Luiziana, Peabiru, Engenheiro Beltrão e Quinta do Sol (Figura 2). 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.



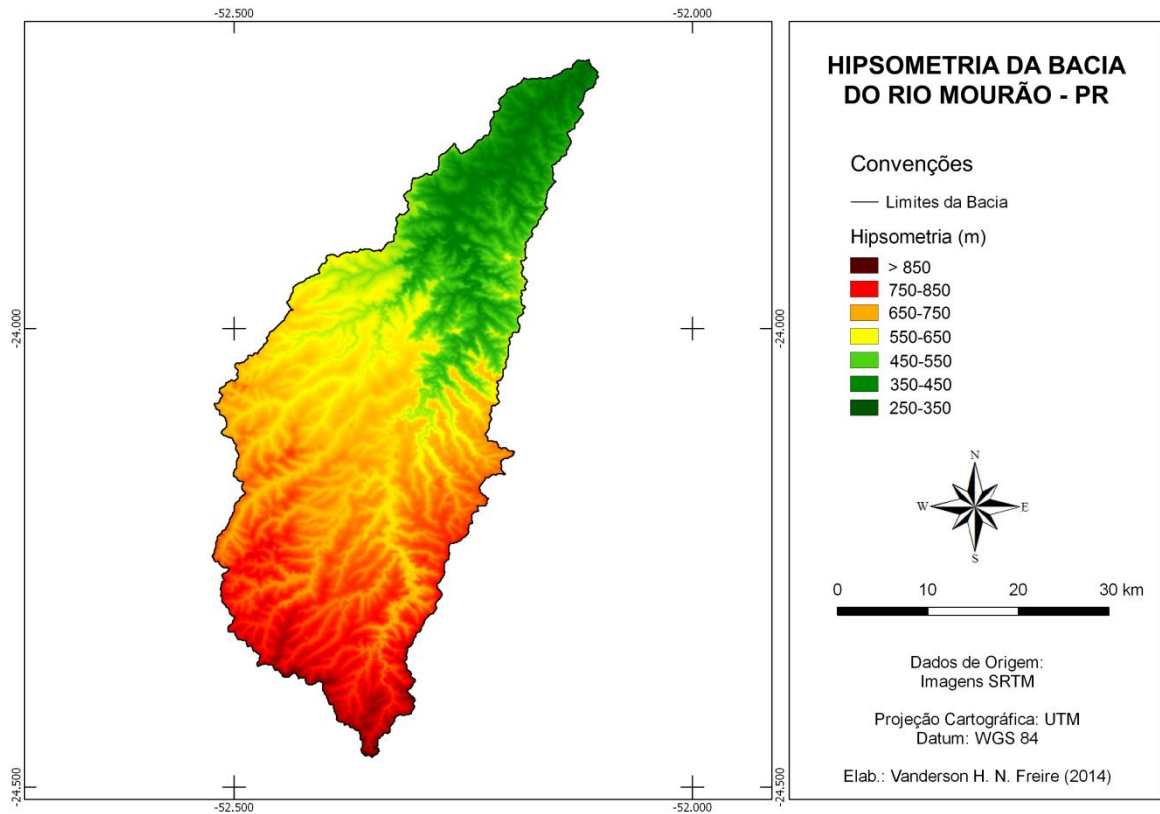
**Figura 2 – Municípios parcialmente inseridos na área da bacia do rio Mourão.**

**Fonte: Autoria própria.**

As primeiras nascentes que contribuem para a bacia do rio Mourão localizam-se no município de Luiziana, a mais de 800 m de altitude, e após toda a extensão da bacia, o rio Mourão desagua no Ivaí. Seus principais afluentes são o rio Sem Passo, o rio Ranchinho e o rio do Campo. 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 uma estação seca definida, embora haja tendência de concentração das chuvas no verão.

Em relação aos elementos da paisagem que influenciam na dinâmica atmosférica, e conseqüentemente na precipitação, merece destaque a altitude (Figura 3), que afeta intensamente a distribuição espacial da pluviosidade, graças ao

efeito orográfico. Na área de estudo, os valores mais elevados de altitude são encontrados na porção sul da bacia, havendo um decréscimo hipsométrico gradual no sentido sul-nordeste, e na foz do Mourão, na porção norte da bacia, são encontrados os menores valores.



**Figura 3 – Mapa hipsométrico da bacia do rio Mourão - PR.**

**Fonte: Autoria própria.**

## 4.2 METODOLOGIA

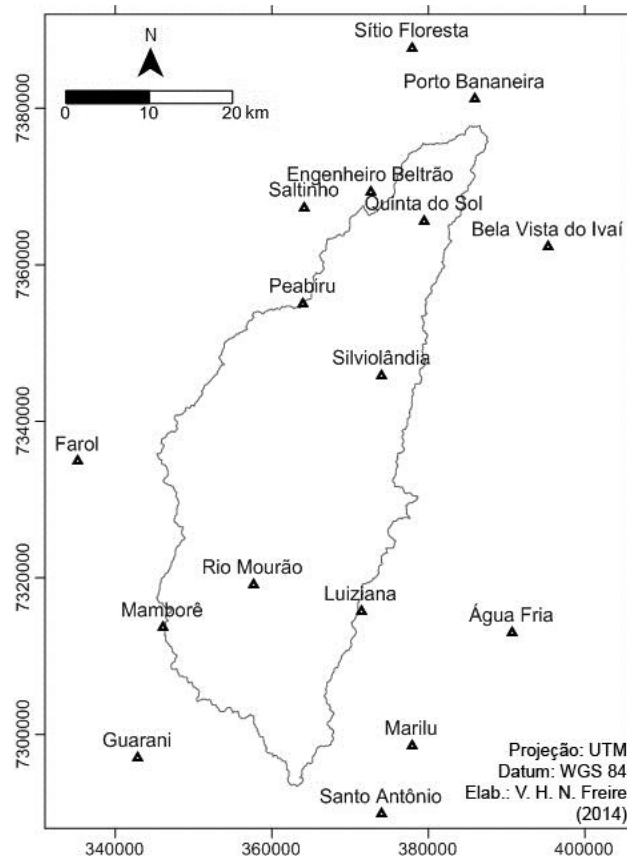
Foram utilizados dados mensais de 16 postos pluviométricos (Tabela 1) distribuídos na área da bacia e em seu entorno, no período de 1980 a 2012, totalizando 33 anos de dados obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná, por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (SIH).

É importante levar em conta a localização desses postos na bacia, conforme é apresentado na Figura 4. Em uma situação ideal, haveria diversos postos dentro da área, com uma melhor distribuição espacial nos diversos setores da bacia.

Porém, devido à falta de dados, principalmente na porção central da área de estudo, optou-se por trabalhar também com os postos localizados fora da bacia para 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
Engenheiro 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



**Figura 4 – Localização dos postos pluviométricos na área de estudo.**

Fonte: Autoria própria.

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.

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).

Os valores obtidos pela estatística foram representados graficamente, por meio de histogramas, e cartograficamente, a partir de mapas de isoietas elaborados em um programa para realizar a interpolação dos dados das diversas estações e calcular a 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).

Foi também realizada a análise de agrupamento para a bacia, onde foi dividida em setores, de acordo com os padrões anuais de pluviosidade, formando grupos de precipitação similar a partir da análise de *cluster*. Essa análise estatística hierárquica procura aproximar elementos com características similares por meio de um dendograma, e definindo-se um limite para essa similaridade, obtêm-se grupos cada vez maiores e mais diferenciados entre si. Para a análise de *cluster*, foram utilizados os totais anuais de todos os postos considerados nas análises, embora alguns postos pudessem ser excluídos caso estivessem fora da bacia e se mostrassem isolados dos demais. Para a elaboração do dendograma e definição dos grupos no programa, foi usado o método de Vínculo Completo entre os elementos (Complete Linkage). Esses grupos foram então espacializados para aprofundamento das análises temporais.

A análise de grupos homogêneos permite a observação de padrões espaciais diferenciados na bacia, e a partir daí é possível entender os fatores naturais que levam à variabilidade espacial da precipitação, com destaque para o relevo, que interfere diretamente na dinâmica das massas de ar. Por isso, para a delimitação e espacialização dos grupos homogêneos, deve-se levar em consideração os contornos da paisagem, representados pela hipsometria da área.

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). A partir do painel espaço-temporal, foram selecionados quatro anos atípicos (dois secos e dois chuvosos) para uma análise mais detalhada, com o objetivo de determinar os fenômenos atuantes que levaram a essa variabilidade, analisando os anos extremos na escala sazonal, em comparação com os valores médios de todo o período. Foi também realizada a análise desses anos por meio da análise da distribuição mensal da precipitação da montante à jusante da bacia, pelo uso de histogramas.

O painel espaço-temporal foi elaborado a partir dos valores anuais de precipitação no período para todos os postos na bacia, a partir de uma planilha contendo os postos ordenados no sentido montante-jusante da bacia e

representando graficamente a variabilidade pluvial, de acordo com a classificação de Monteiro (1976). Esse painel permite analisar de maneira conjunta a variabilidade espacial e temporal na bacia, e portanto possibilita a visualização de feições características da área, relativas a padrões diferenciados entre os postos e em anos extremos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 UNIFORMIZAÇÃO DOS DADOS

Após a organização dos dados em planilhas, estes foram analisados para a observação das falhas existentes. A maioria dos postos possuía ao menos alguns dados faltantes durante determinados meses, mas em alguns casos havia um número considerável de falhas (Tabela 2), levando à exclusão de postos para as análises estatísticas. Nesse caso, foram considerados todos os postos com menos de 10 meses de falha, devido à escassez de dados de melhor qualidade, e que fossem bem distribuídos pela área da bacia. Portanto, os postos de Porto Bananeira, Bela Vista do Ivaí e Água Fria foram excluídos, todos externos à bacia do rio Mourão, restando ainda 13 postos pluviométricos a serem utilizados nesse estudo.

**Tabela 2 – Análise de falhas dos dados mensais para os postos pluviométricos utilizados.**

Posto	Número de Falhas Mensais	Anos com Falha	Posto Dentro da Bacia?	Anos de Dados
Quinta do Sol	1	2006	Sim	33
Porto Bananeira	28	2001-3	Não	31
Bela Vista do Ivaí	12	1992-3	Não	32
Peabiru	0	-	Sim	33
Silviolândia	8	1983, 90, 96, 2003	Sim	33
Saltinho	1	1992	Não	33
Engenheiro Beltrão	1	1981	Não	33
Sítio Floresta	1	1990	Não	33
Mamborê	0	-	Sim	33
Farol	4	2003, 11	Não	33
Guarani	1	1988	Não	33
Santo Antônio	2	1982-3	Não	33
Marilu	3	1980, 90, 97	Não	33
Rio Mourão	6	1991, 93, 96, 99, 2010	Sim	33
Luiziana	0	-	Não	33
Água Fria	10	1989-91, 95, 98, 2010	Não	33

**Legenda:** Linhas sombreadas – postos excluídos.

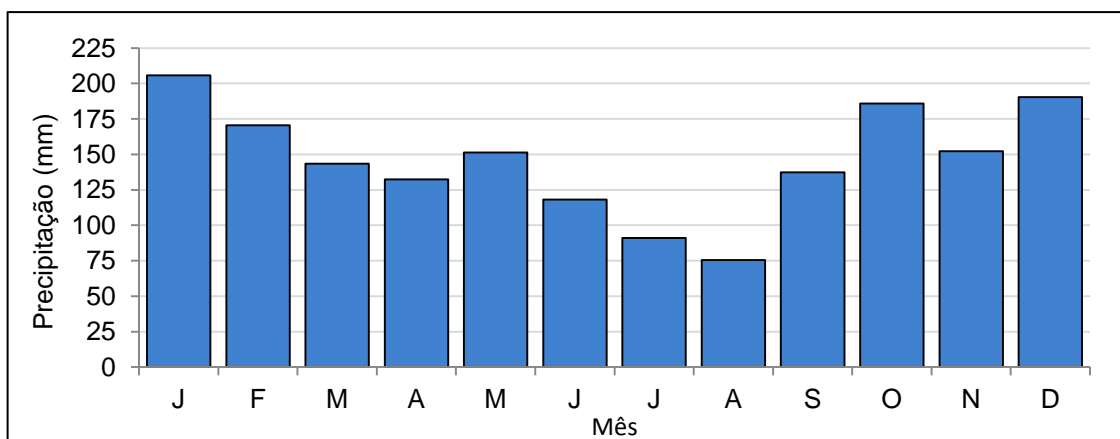
A seguir, passou-se para a fase de correção das falhas e uniformização dos dados nas planilhas. Como era necessário utilizar as estações mais próximas das ocorrências de falhas, apenas para alguns meses específicos, os postos excluídos das análises estatísticas puderam ainda ser usados para a correção das falhas dos

outros postos. Quando possível, procurou-se usar postos próximos bem distribuídos no entorno do posto com falhas, ao mesmo tempo em que se encontrassem numa situação semelhante de topografia. O procedimento, de acordo com a metodologia de Villela e Mattos (1975) foi repetido para 28 falhas dos dados mensais.

Por fim, foram calculados valores aproximados para as correções, resultando em planilhas uniformes para os postos, com todos os dados mensais preenchidos. A partir daí, foi feito o cálculo de médias, desvios padrão e coeficientes de variação, nas escalas mensal, sazonal e anual, para cada posto, e ainda os valores médios para todos os postos utilizados. As médias obtidas foram enfim utilizadas para elaborar os cartogramas e histogramas necessários.

## 5.2 ANÁLISE MENSAL

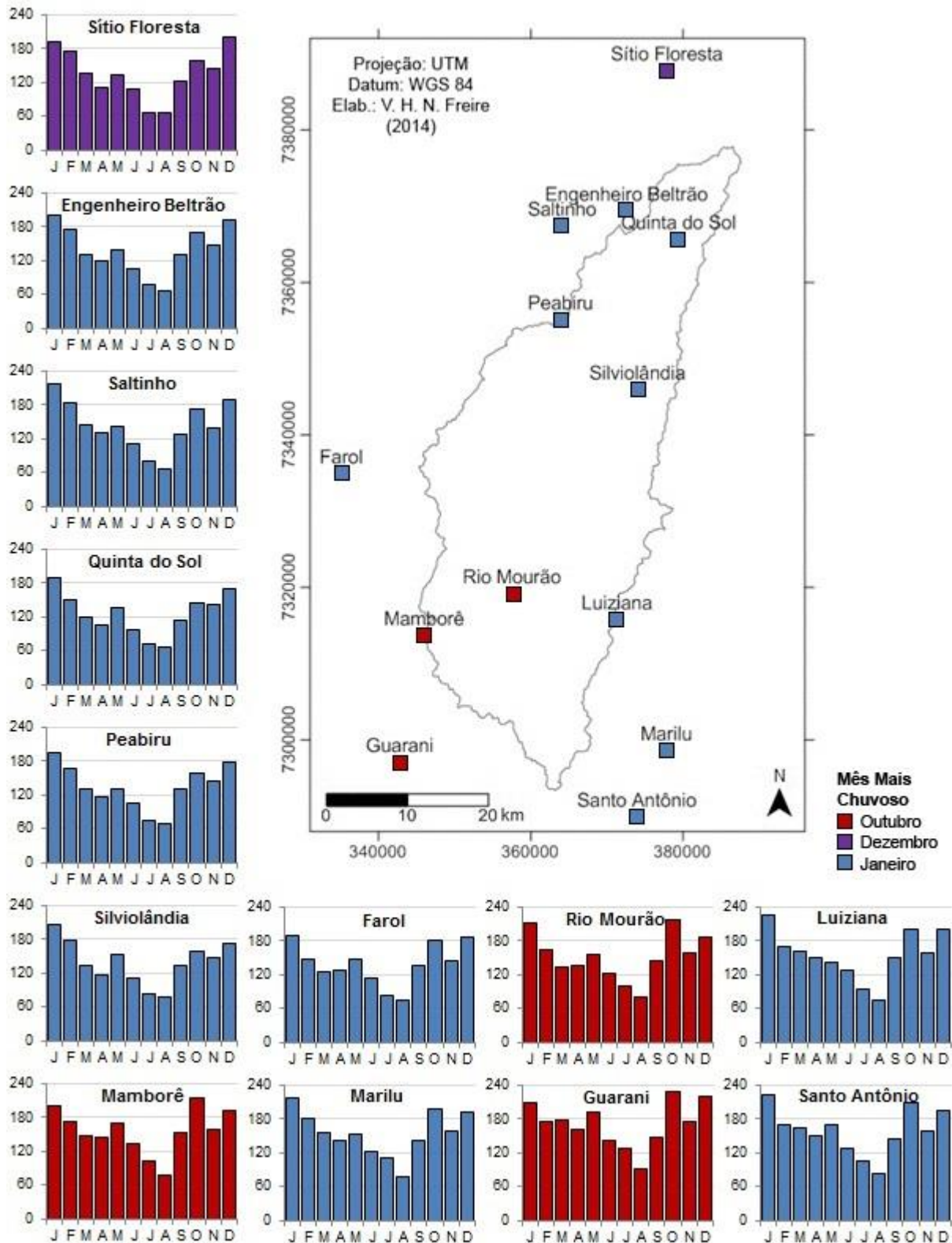
Utilizando as médias mensais de todos os postos da bacia, foi elaborado um histograma da precipitação mensal (Figura 5). O mês mais seco na bacia foi agosto, enquanto o mês mais chuvoso foi janeiro. Porém, há uma variação espacial considerável da distribuição mensal das chuvas, especialmente em relação aos meses mais chuvosos (Figura 6). Embora o mês de agosto tenha sido o mais seco para todos os treze postos, o mês de janeiro foi determinado como o mais chuvoso em apenas nove deles. Em um posto (Sítio Floresta), dezembro foi mais chuvoso, e em outros três (Rio Mourão, Mamborê e Guarani), o mês mais chuvoso foi outubro.



**Figura 5 – Precipitação média mensal na bacia.**

**Fonte: Autoria própria.**





**Figura 6 – Distribuição espacial da precipitação média mensal nos postos estudados.**  
**Fonte: Autoria própria.**

De forma geral, a distribuição mensal da precipitação segue um padrão próximo à média. Há valores elevados de precipitação em janeiro, normalmente

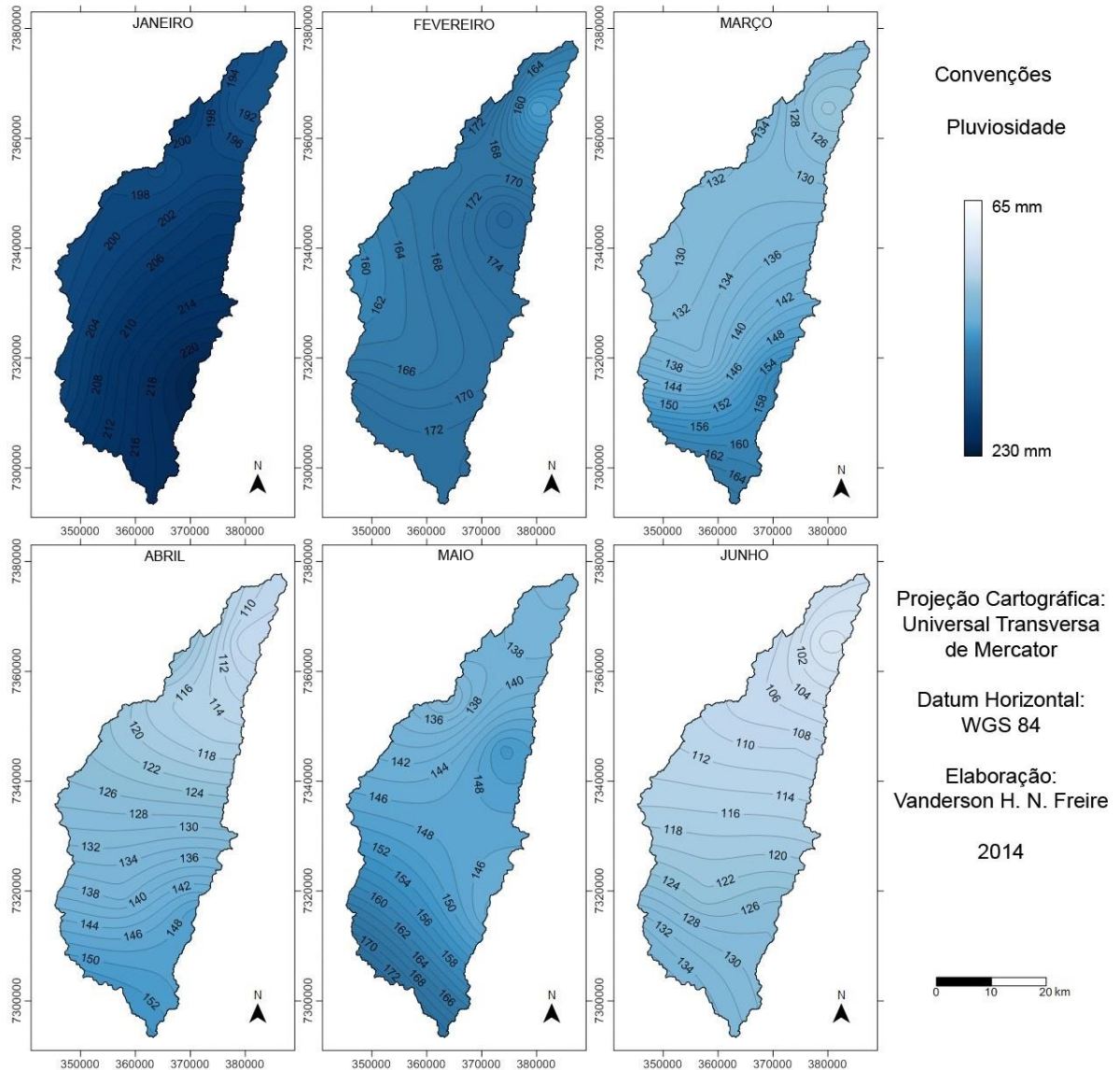
ultrapassando 200 mm, seguidos por uma queda gradativa nos meses seguintes, e um leve acréscimo em maio. Entre junho e agosto, encontram-se os menores valores de precipitação, chegando por volta de 75 mm em agosto, porém com um rápido acréscimo em setembro, e depois em outubro, onde são registradas as 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, apenas por essa representação, já é possível observar a existência de padrões relativamente diferenciados entre os postos pluviométricos, com variações graduais. De acordo com a localização topográfica dos postos, especialmente quanto aos que possuem outubro como o mês de maior precipitação, é possível supor que essa diferenciação mensal tem ligação com os efeitos da orografia sobre as massas de ar. Porém, apenas análises mais detalhadas, como a análise de *cluster*, podem proporcionar certeza sobre essa influência e diferenciação espacial.

Os cartogramas obtidos por meio da interpolação das médias mensais (Figuras 7 e 8) permitem uma observação espacial mais detalhada da variabilidade mensal da precipitação. Observa-se uma variação temporal considerável entre os meses mais chuvosos, onde a precipitação chega a quase 230 mm, e o mês mais seco, agosto, onde os valores chegam a ficar pouco acima de 65 mm.

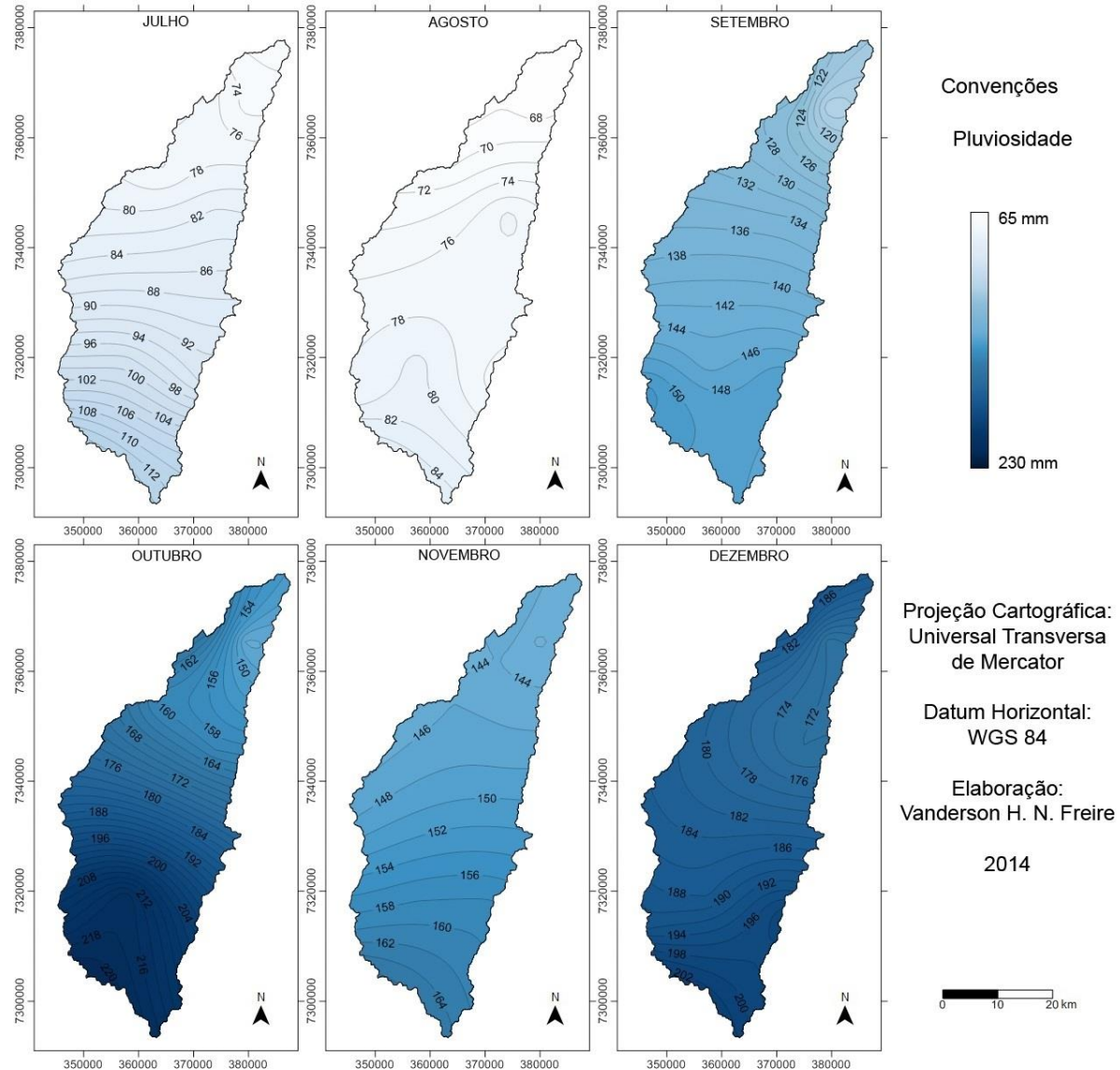
Há também uma variação da concentração dessa precipitação no espaço. Enquanto o sul da bacia apresenta precipitações mais elevadas durante a maior parte do ano, com destaque para o mês de outubro, onde a variabilidade espacial atinge seu máximo, há a formação de um núcleo de maior precipitação na porção sudeste da bacia em dezembro e, sobretudo, em janeiro. Nota-se também valores mais elevados de precipitação na porção central da bacia em alguns meses, próximo ao posto de Silviolândia, enquanto a porção norte da bacia, na região de Quinta do Sol, apresenta quase sempre os menores valores.

A escassez de dados bem distribuídos por toda a bacia representa uma dificuldade para o entendimento dessa dinâmica, pois a utilização de postos isolados pode levar a erros consideráveis para a interpolação. Uma maior disponibilidade de dados de postos pluviométricos ajudaria a compreender melhor a real distribuição da precipitação nesses pontos.



**Figura 7 – Distribuição espacial da precipitação média nos meses de janeiro a junho.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Analisando os seis primeiros meses, observa-se a formação de um núcleo de maior precipitação no sudeste da bacia durante o mês de janeiro, no sul entre fevereiro e abril, e no sudoeste entre maio e junho, mostrando um deslocamento gradativo da precipitação. Por outro lado, há um núcleo de precipitação na porção central da bacia, relativa ao posto de Silviolândia, que ocorre apenas nos meses de fevereiro e maio. As menores precipitações encontram-se sempre na porção norte, variando entre o posto de Quinta do Sol, que apresenta valores reduzidos em todos os meses, e o posto de Peabiru, onde a precipitação é particularmente baixa em janeiro e maio. Percebe-se que maio, março e abril são os meses onde há a maior variação espacial absoluta de precipitação, entre os maiores e menores valores.

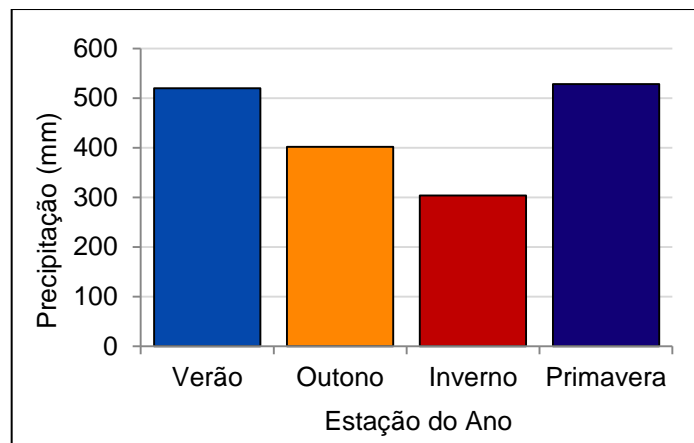


**Figura 8 – Distribuição espacial da precipitação média nos meses de julho a dezembro.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Entre julho e dezembro, observa-se uma maior uniformidade da distribuição da precipitação, com um aumento quase linear dos valores no sentido jusante-montante da bacia. Novamente, o norte da bacia apresenta, em geral, os menores valores, exceto em dezembro, quando as precipitações mais reduzidas encontram-se mais ao centro da bacia. As maiores precipitações se concentram geralmente na porção sudoeste, exceto em setembro e dezembro, quando estão espalhadas por todo o sul, e em agosto e outubro, quando há valores elevados também na porção centro-sul, no posto de Rio Mourão. No mês de agosto, quando se registra as menores precipitações, há também a menor variabilidade espacial. Já outubro destaca-se como o mês de maior variabilidade espacial do ano.

### 5.3 ANÁLISE SAZONAL

Sintetizar os dados mensais na forma de uma análise sazonal permite uma visão mais global e genérica da variabilidade temporal da precipitação. O histograma para a precipitação média sazonal (Figura 9) mostra 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 no outono, e ainda maior no inverno, que em todos os casos, foi a estação mais seca.

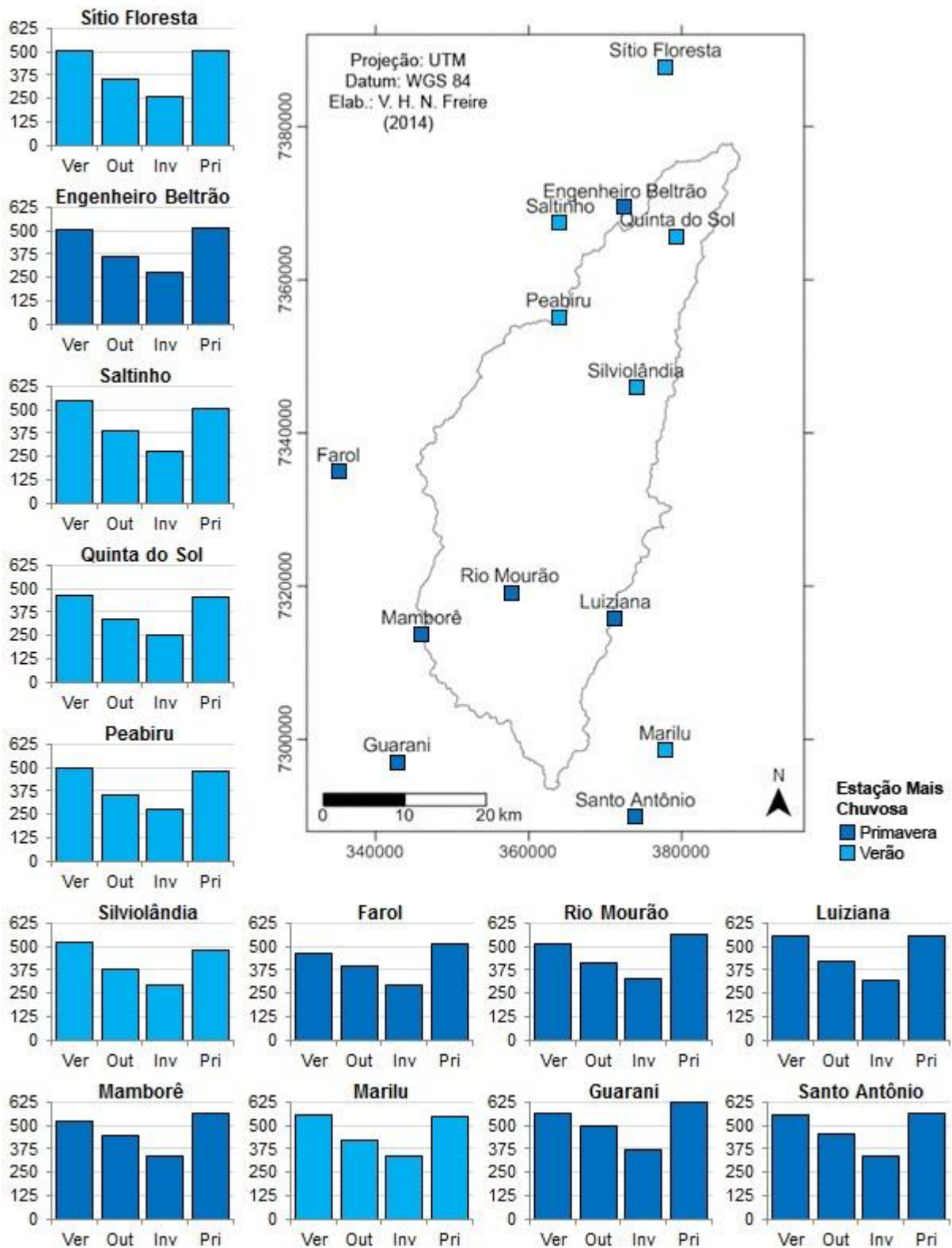


**Figura 9 – Precipitação média sazonal na bacia.**

**Fonte: Autoria própria.**

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 (Figura 10). Nos postos ao norte da bacia, a tendência geral foi de haver precipitações um pouco mais elevadas no verão, em relação à primavera. Isso se deve aos altos valores para o mês de fevereiro, e baixos para o mês de outubro, na porção norte da bacia. Porém, de maneira geral, a variação entre primavera e verão é pouco significativa, independentemente da estação do ano registrada como mais chuvosa. A exceção está nos postos de Saltinho e Silviolândia, onde o verão possui mais de 40 mm de precipitação acima da primavera, e nos postos de Farol, Rio Mourão, Mamborê e Guarani, onde ocorre o inverso. No último caso, isso se deve principalmente à concentração das chuvas no mês de outubro para a porção sudoeste da bacia, padrão diferenciado das demais regiões.

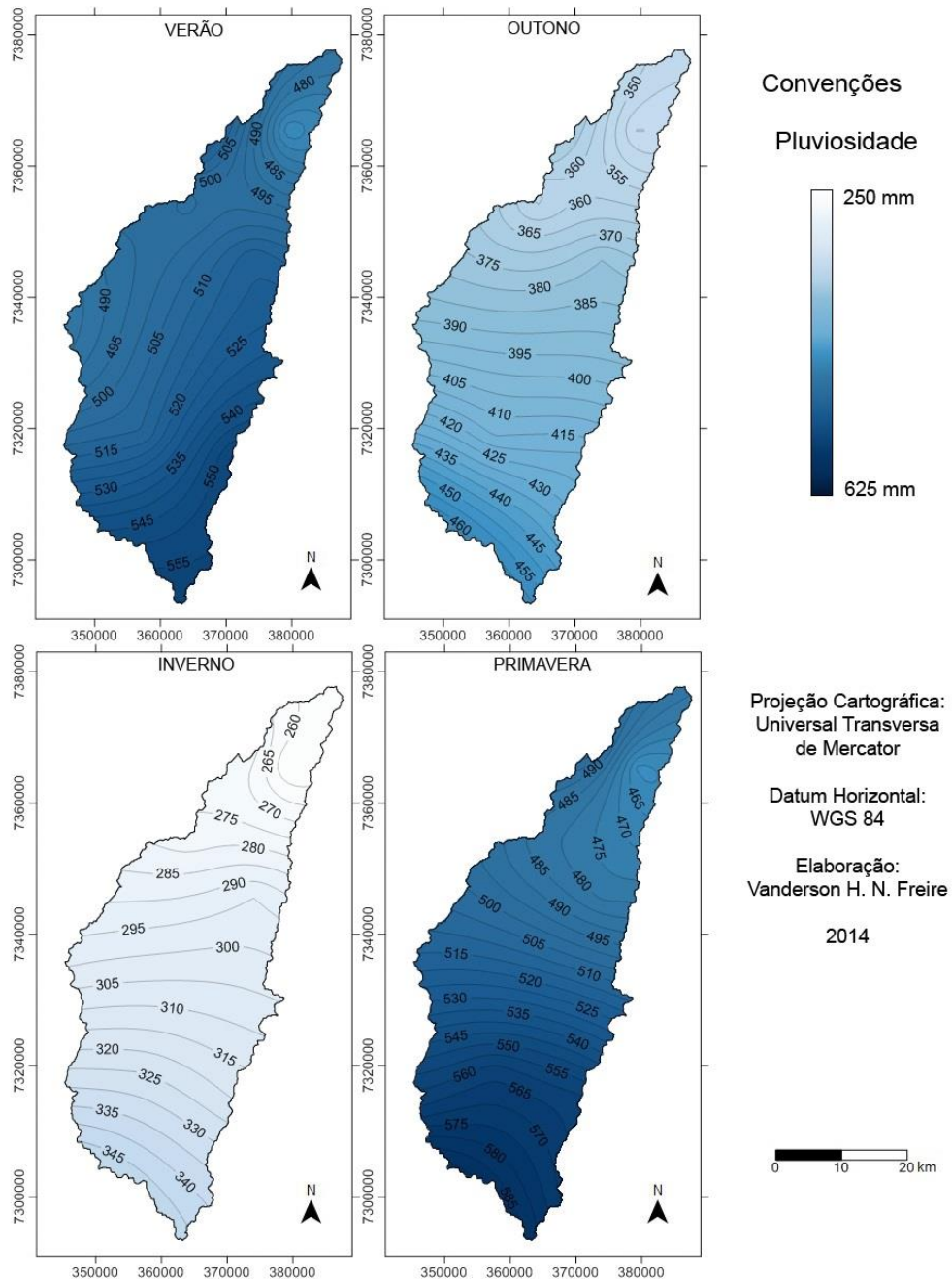




**Figura 10 – Distribuição espacial da precipitação média sazonal nos postos estudados.  
Fonte: Autoria própria.**

Analisando os cartogramas, 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 (Figura 11). Da primavera para o verão, ocorre um deslocamento do núcleo de maiores precipitações, do sul para o sudeste da bacia, de forma que os postos a oeste também possuem precipitações elevadas na primavera, onde se destaca o mês de outubro, e no verão, especialmente em janeiro as maiores precipitações concentram-se a sudeste.

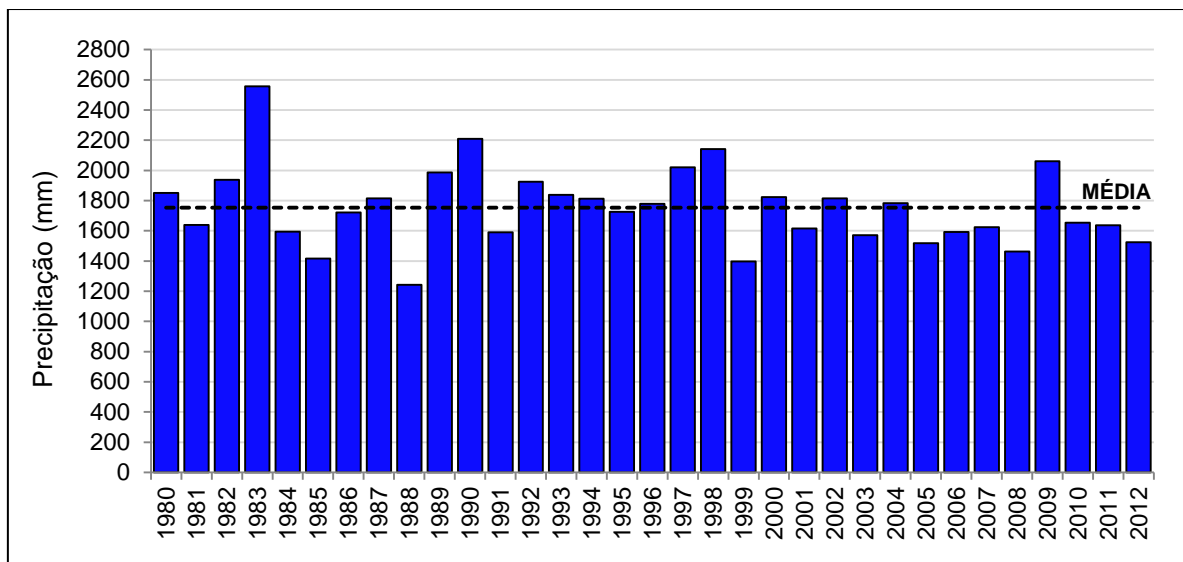


**Figura 11 – Distribuição espacial da precipitação média nas estações do ano.**

**Fonte: Autoria própria.**

## 5.4 ANÁLISE ANUAL

Na análise da 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 12).



**Figura 12 – Distribuição temporal da precipitação total anual entre 1980 e 2012.**

**Fonte: Autoria própria.**

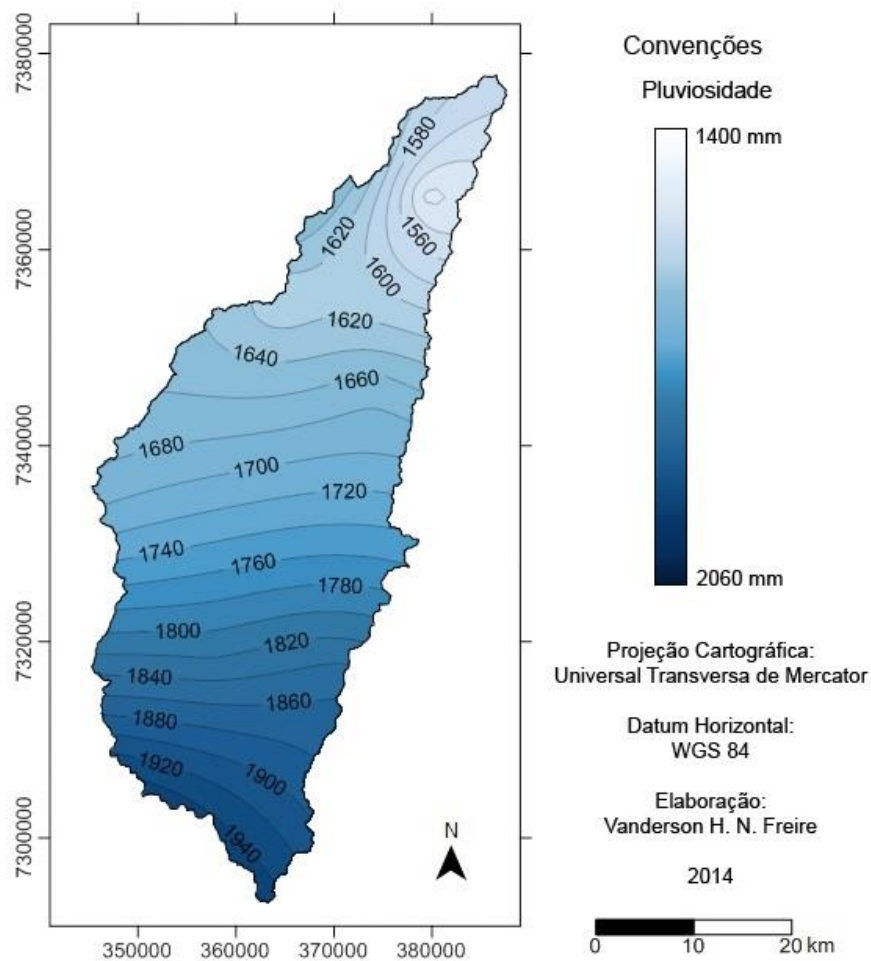
Dentre os 33 anos analisados, 12 encontram-se acima da média, e 15 abaixo dela, enquanto 1986, 1995, 1996 e 2004 possuem valores bastante próximos da média. Isso demonstra uma distribuição relativamente homogênea da precipitação ao longo de toda a série histórica. Observa-se também que não é possível detectar nenhuma ciclicidade de anos secos e chuvosos no período. Os maiores períodos consecutivos com valores acima da média ocorreram nos anos de 1992 a 1994 e 1996 a 1998, e abaixo da média, foram de 2005 a 2008 e também de 2010 a 2012. Quanto aos anos mais críticos, serão analisados de forma mais detalhada a partir do painel espaço-temporal e da análise de anos-padrão.

Quanto à variabilidade espacial, no período de análise os maiores valores para as médias anuais da 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 (Figura 13). Essa distribuição gradativa da precipitação, acompanhando em linhas gerais o padrão hipsométrico, leva à hipótese de que um dos fatores causadores desta distribuição seja a influência do efeito orográfico, considerando que ao sul da bacia a altitude é mais elevada, e que ali se encontram os valores de pluviosidade mais elevados da área de estudo.

É relevante destacar que os sistemas atmosféricos atuantes ao longo do ano também explicam o padrão de distribuição encontrado. Com relação aos tipos climáticos predominantes na bacia, é necessário observar que a porção norte encontra-se numa área sob influência da transição climática entre o clima tropical e ao sul o clima subtropical.

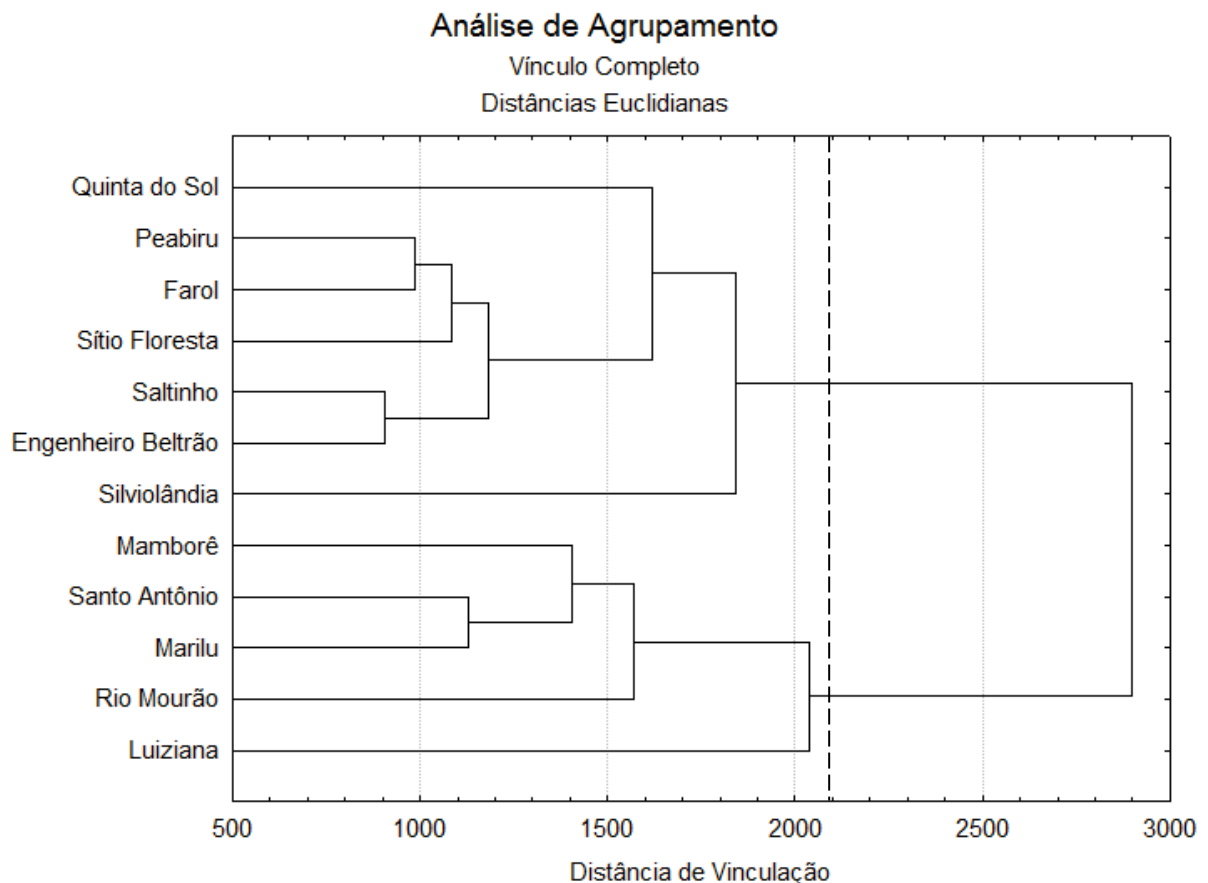


**Figura 13 – Distribuição espacial da precipitação média anual entre 1980 e 2012.**

**Fonte: Autoria própria.**

## 5.5 ANÁLISE DE CLUSTER

Os dados anuais de todos os postos foram reunidos numa única planilha, e a partir daí foi realizada a análise de *cluster*, obtendo-se um dendograma (Figura 14), que constitui um gráfico de distância entre os postos, ou seja, quanto mais o valor obtido entre dois grupos estiver próximo de zero, mais parecido é o regime pluviométrico entre eles. O posto de Guarani foi excluído dessa análise, pois se encontra fora da bacia do rio Mourão, e apresentou um valor de distância muito elevado, diferenciando-se dos demais.

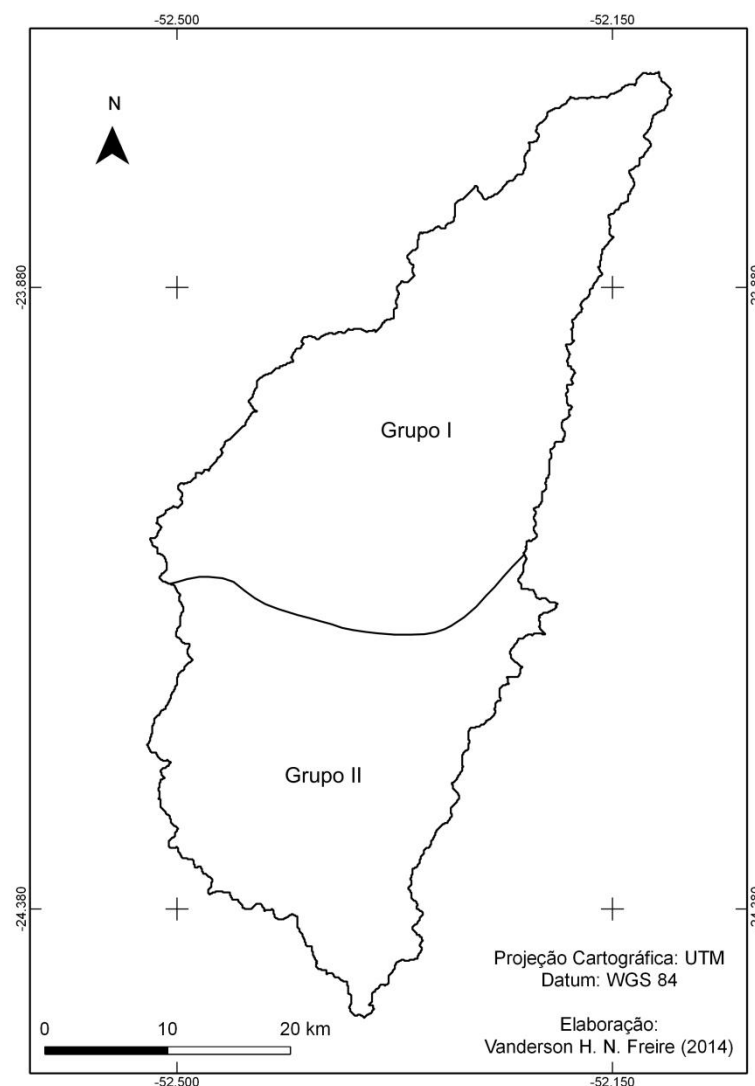


**Figura 14 – Dendograma obtido pela Análise de *cluster* para os postos estudados.**

**Fonte: Autoria própria.**

A partir desse dendograma, é possível separar grupos com características relativamente homogêneas em relação à precipitação, e nesse caso, por se tratar de uma sub-bacia do rio Ivaí, e pela falta de uma melhor distribuição espacial de

postos, observou-se a existência de apenas dois grupos com grande distinção do regime pluviométrico. Para separar esses grupos, determinou-se um valor-limite para a distância no dendograma, definido como 2100 (linha tracejada). O Grupo I, com os postos de Quinta do Sol, Peabiru, Farol, Sítio Floresta, Saltinho, Engenheiro Beltrão e Silviolândia, e o Grupo II, envolvendo os postos de Mamborê, Santo Antônio, Marilu, Rio Mourão e Luiziana. Esses grupos foram separados e espacializados (Figura 15), utilizando-se da hipsometria (Figura 3), para a definição do limite entre eles.



**Figura 15 – Grupos de precipitação homogênea existentes na bacia do rio Mourão.**

**Fonte: Autoria própria.**

Nota-se uma clara divisão entre os postos da montante da bacia, ao sul, todos envolvidos pelo Grupo II, e a jusante, ao norte, onde os postos estão no Grupo I.

Analisando a localização dos grupos e dos postos, em conjunto com as análises pluviométricas anteriores, quando é feita uma comparação com a hipsometria (Figura 3), pode-se determinar a existência de uma influência significativa da altitude sobre a distribuição da precipitação, sendo um dos fatores que mais contribui para a variação espacial, uma vez que os postos chegam a apresentar regimes pluviométricos diferentes entre si, formando dois setores na bacia.

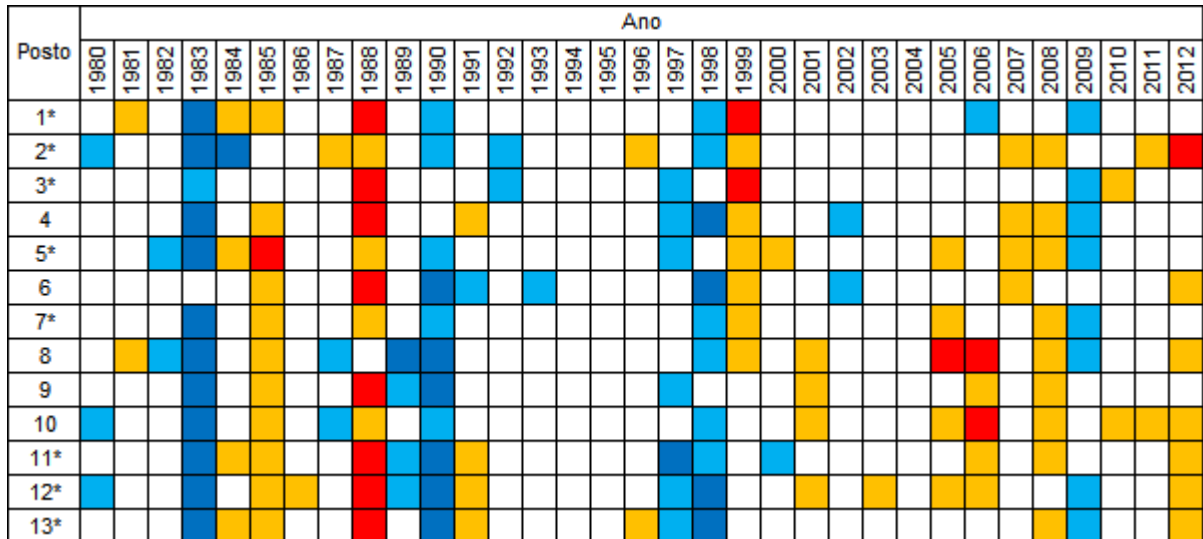
A escassez de dados com boa distribuição espacial representa um fator limitante para essa análise, especialmente pela falta de postos na porção central da bacia. Caso tais dados existissem, talvez fosse possível determinar a existência de outros grupos intermediários, como é perceptível pela distância considerável dos postos de Silviolândia e Luiziana em relação aos demais, no dendograma apresentado. Mesmo assim, é provável que a existência de mais grupos ainda estivesse ligada à influência da altitude sobre a precipitação, por meio da atuação diferenciada de fenômenos orográficos ao longo da bacia.

## 5.6 DETERMINAÇÃO DOS ANOS-PADRÃO

A variação temporal da precipitação, além de sua alteração habitual relacionadas 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.**

**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 pelo painel espaço-temporal para a bacia, foram selecionados quatro anos para serem estudados de forma mais aprofundada: 1990 e 1998, como anos-padrão de tendência chuvosa; 1988 e 1999, como anos-padrão de tendência seca.

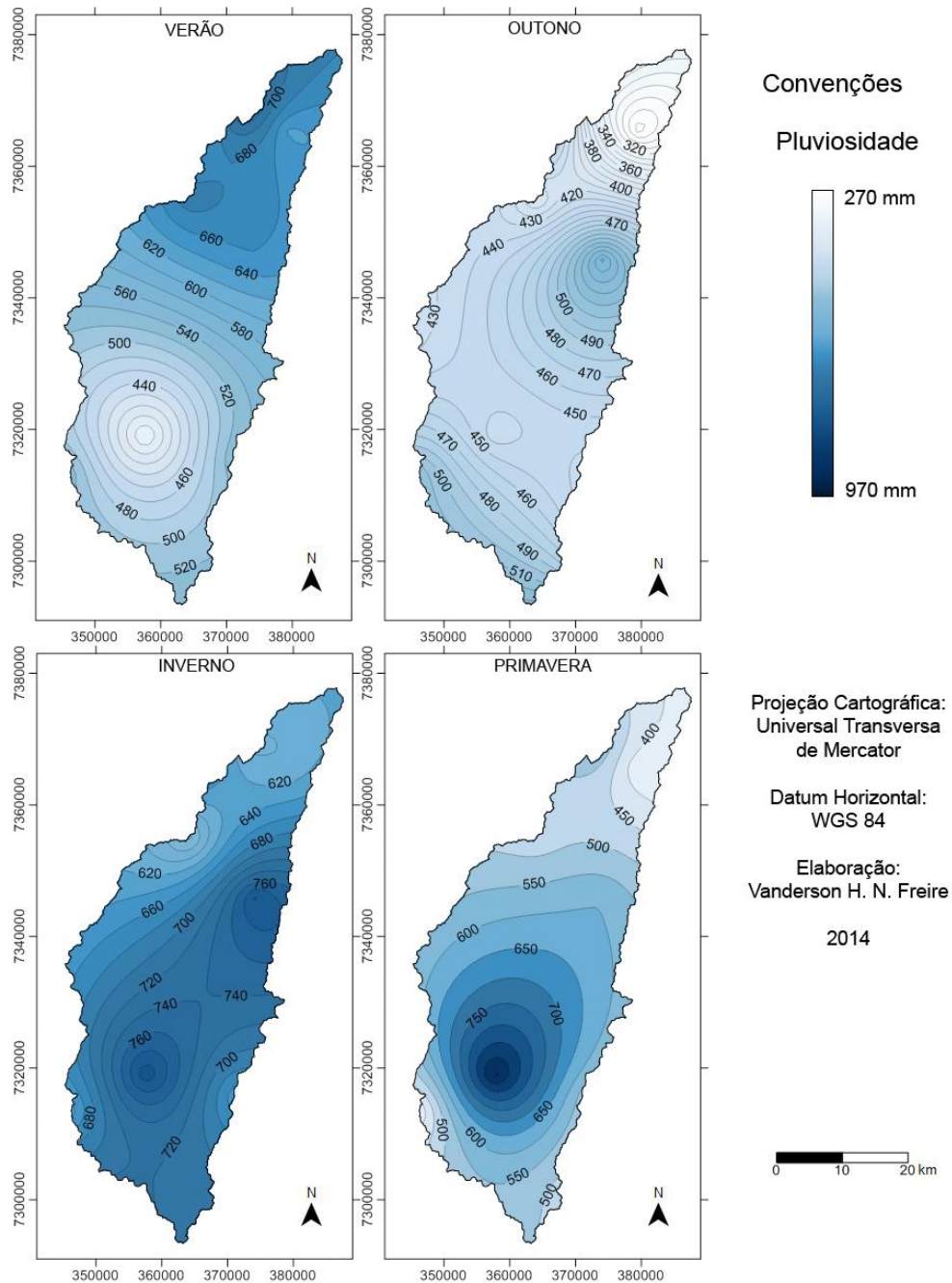
## 5.7 ANÁLISE DOS ANOS-PADRÃO

Após a seleção dos anos-padrão, foi feita uma análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação em tais períodos, na escala sazonal e mensal, para observar possíveis diferenças em relação aos padrões habituais, representados pela análise dos valores médios.

### 5.7.1 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. É notável que o padrão chuvoso foi predominante à jusante da bacia, contrariando a tendência de haver incrementos mais intensos das chuvas nas maiores altitudes, à montante. Durante o período de análise, de 33 anos, foi o segundo ano mais chuvoso, acumulando 2208,9 mm de média de precipitação. 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 (Figura 16) 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.



**Figura 16 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1990.**

**Fonte: Autoria própria.**

Mas embora na escala sazonal a precipitação tenha se mantido geralmente acima da média, a análise mensal (Figura 17) mostra uma situação atípica predominante na bacia durante esse ano. Em todos os postos, fevereiro, que costuma ser um dos meses mais chuvosos na bacia, foi nesse ano o mês mais seco, e muitas vezes, 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.

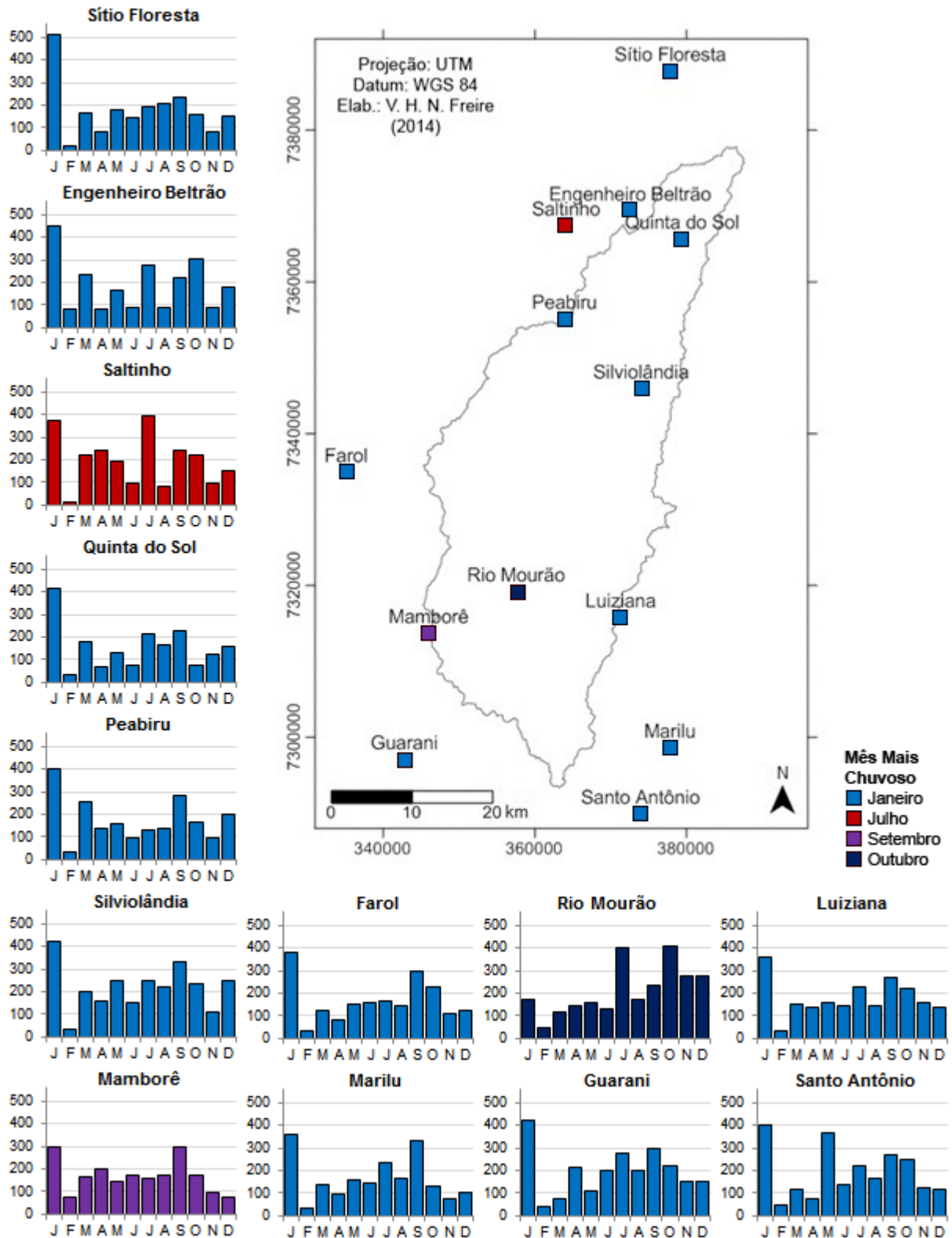


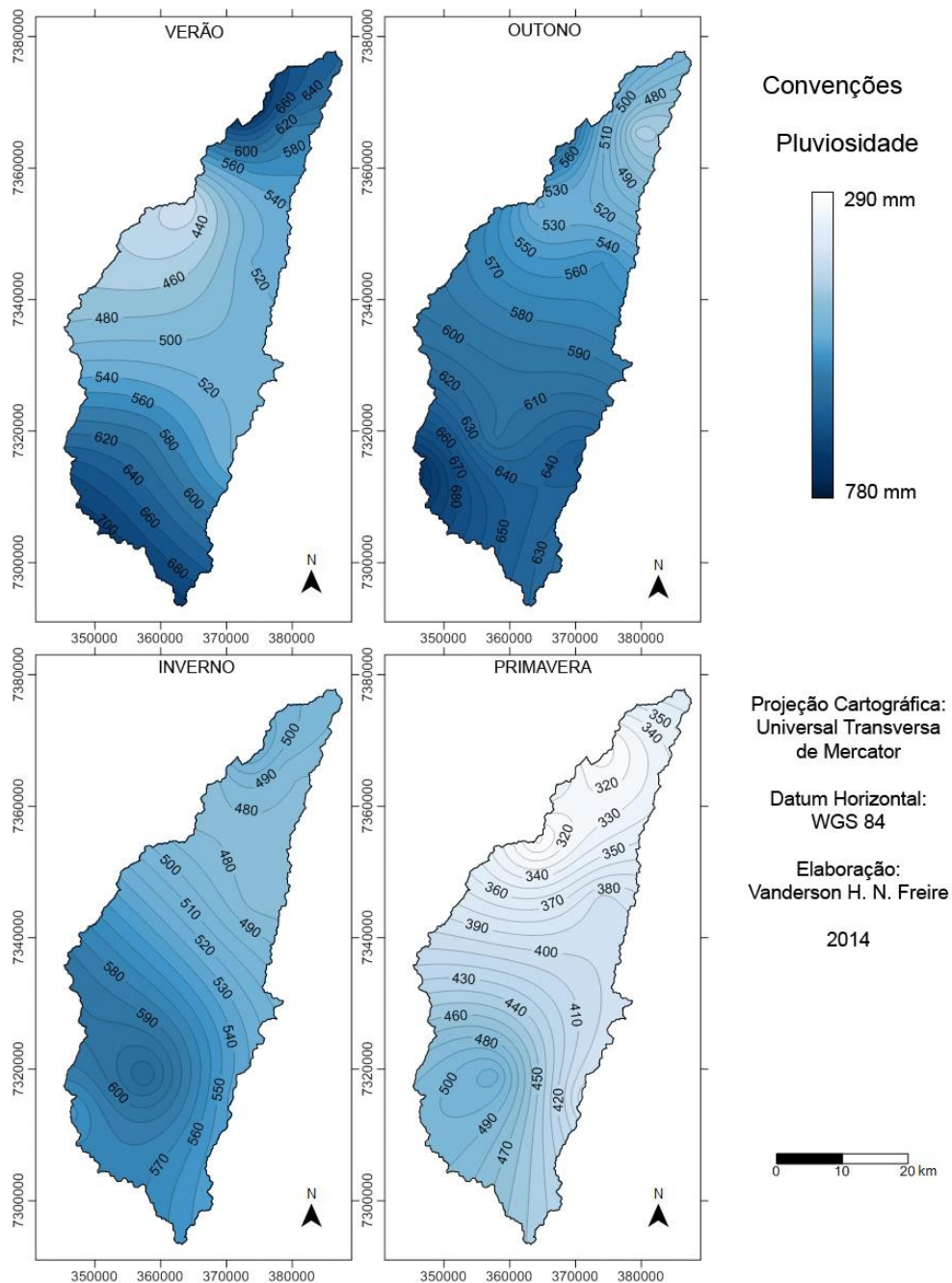
Figura 17 – Distribuição da precipitação mensal em 1990 nos postos estudados.

Fonte: Autoria própria.



### 5.7.2 Ano Tendente a Chuvoso de 1998

Terceiro ano de maior precipitação na série histórica, 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 postos, e chuvoso em 4. As análises são apresentadas nas Figuras 18 e 19.



**Figura 18 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1998.**

**Fonte: Autoria própria.**

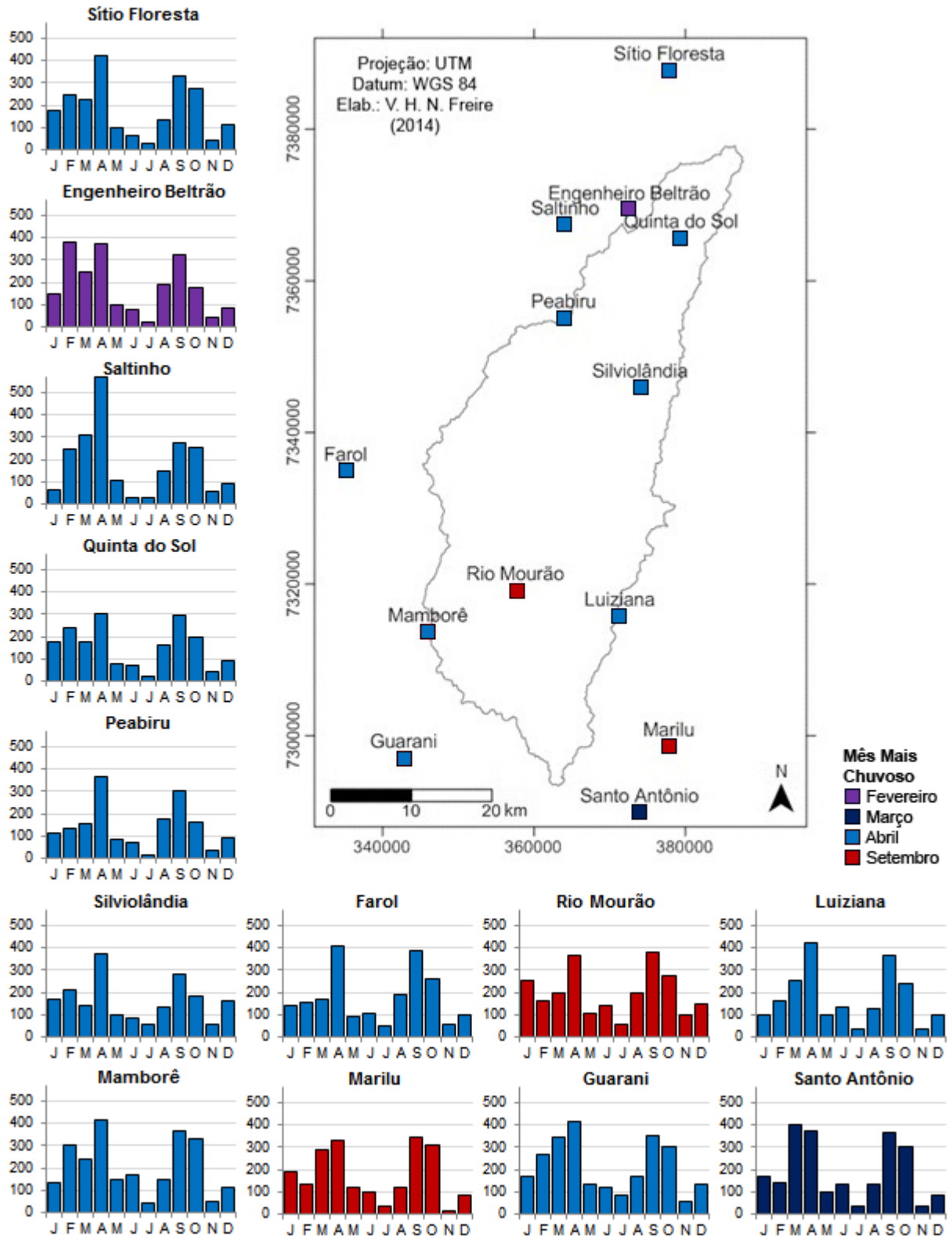


Figura 19 – Distribuição da precipitação mensal em 1998 nos postos estudados.

Fonte: Autoria própria.

Diferentemente do ano de 1990, que se apresentou com distribuição mais aleatória, 1998 não apresenta uma grande diferenciação do padrão de distribuição

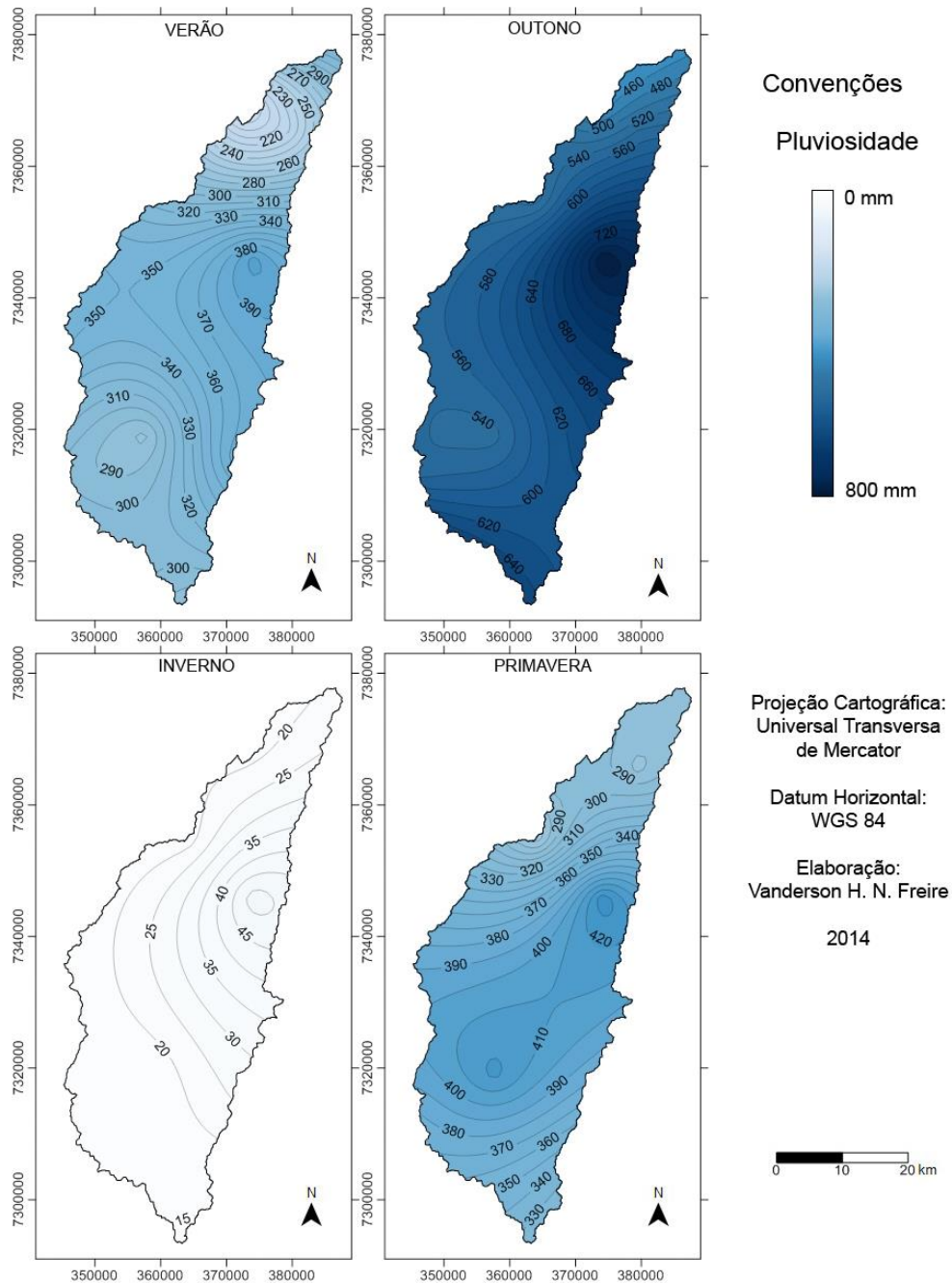
espacial da precipitação na bacia, geralmente com maiores valores à montante, e menores à jusante. O verão e outono foram as estações mais chuvosas, com valores predominantemente elevados, e o inverno foi muito mais chuvoso que a média do período estudado. Porém, a primavera apresentou valores inferiores à média, estando ligada ao período seco ocorrido em 1999.

Embora a escala sazonal ofereça a impressão de que há nesse ano um padrão decrescente de precipitação, recorrendo à análise mensal (Figura 19), observa-se elevada irregularidade nos valores pluviométricos. De maneira geral, abril e setembro apresentaram elevada precipitação, apresentando um padrão bastante atípico, com 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 estações geralmente mais chuvosas, como a primavera, perderam os altos valores de precipitação. Enfim, de maneira geral houve um aumento da irregularidade na pluviosidade mensal, fugindo dos padrões regionais.

### 5.7.3 Ano Seco de 1988

Trata-se do ano mais seco de toda a série histórica, chegando à média 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 mensal é apresentada na Figura 20, e em escala mensal, na Figura 21.



**Figura 20 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1988.**

**Fonte: Autoria própria.**

Pelos mapas sazonais, observa-se que o outono possui, 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 resultaram em 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.

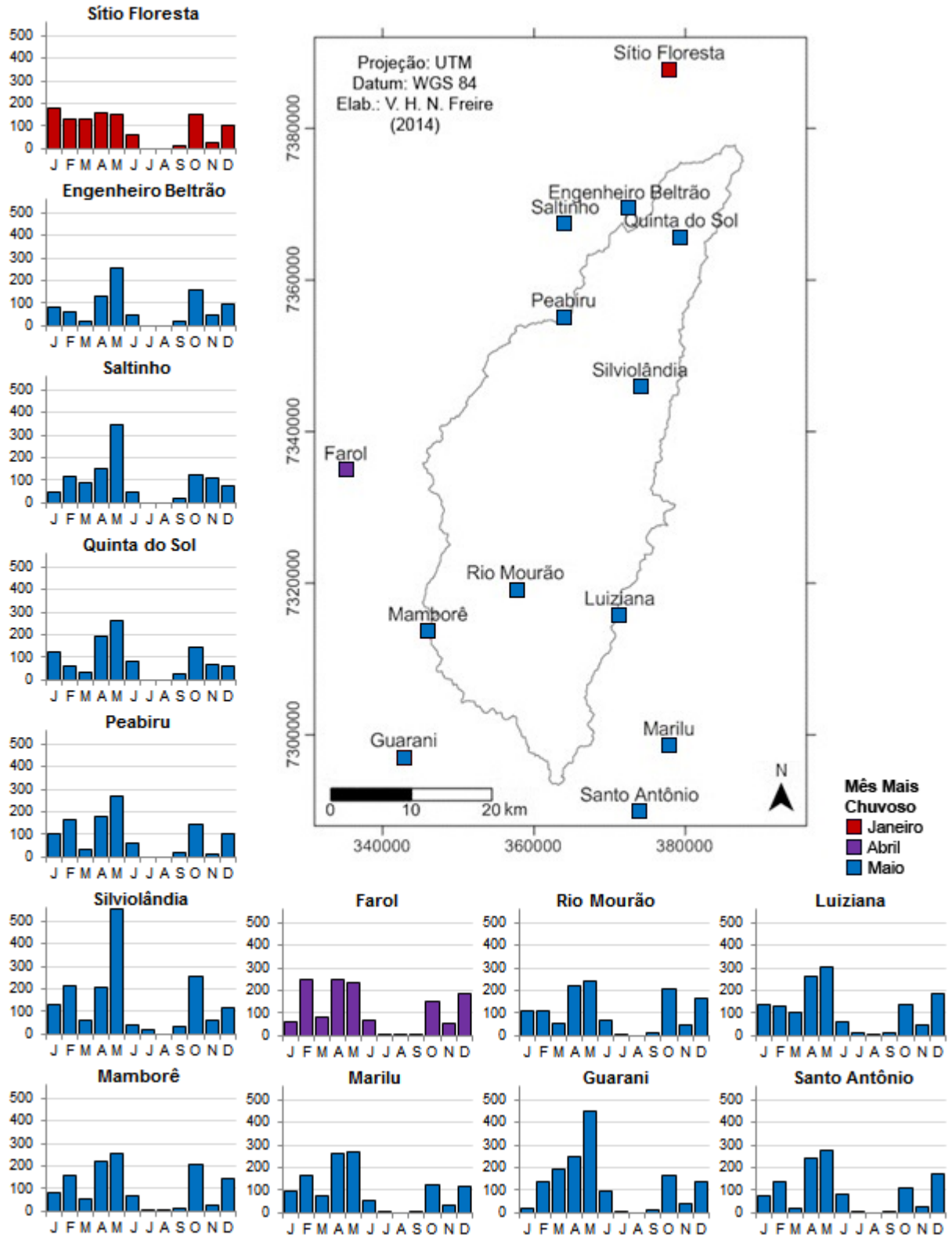


Figura 21 – Distribuição da precipitação mensal em 1988 nos postos estudados.

Fonte: Autoria própria.

A análise na escala mensal (Figura 21) mostra que 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. Porém, em alguns postos, nem mesmo o mês de maio chegou a se destacar dos demais, tratando-se de um ano predominantemente seco.

#### 5.7.4 Ano Tendente a Seco de 1999

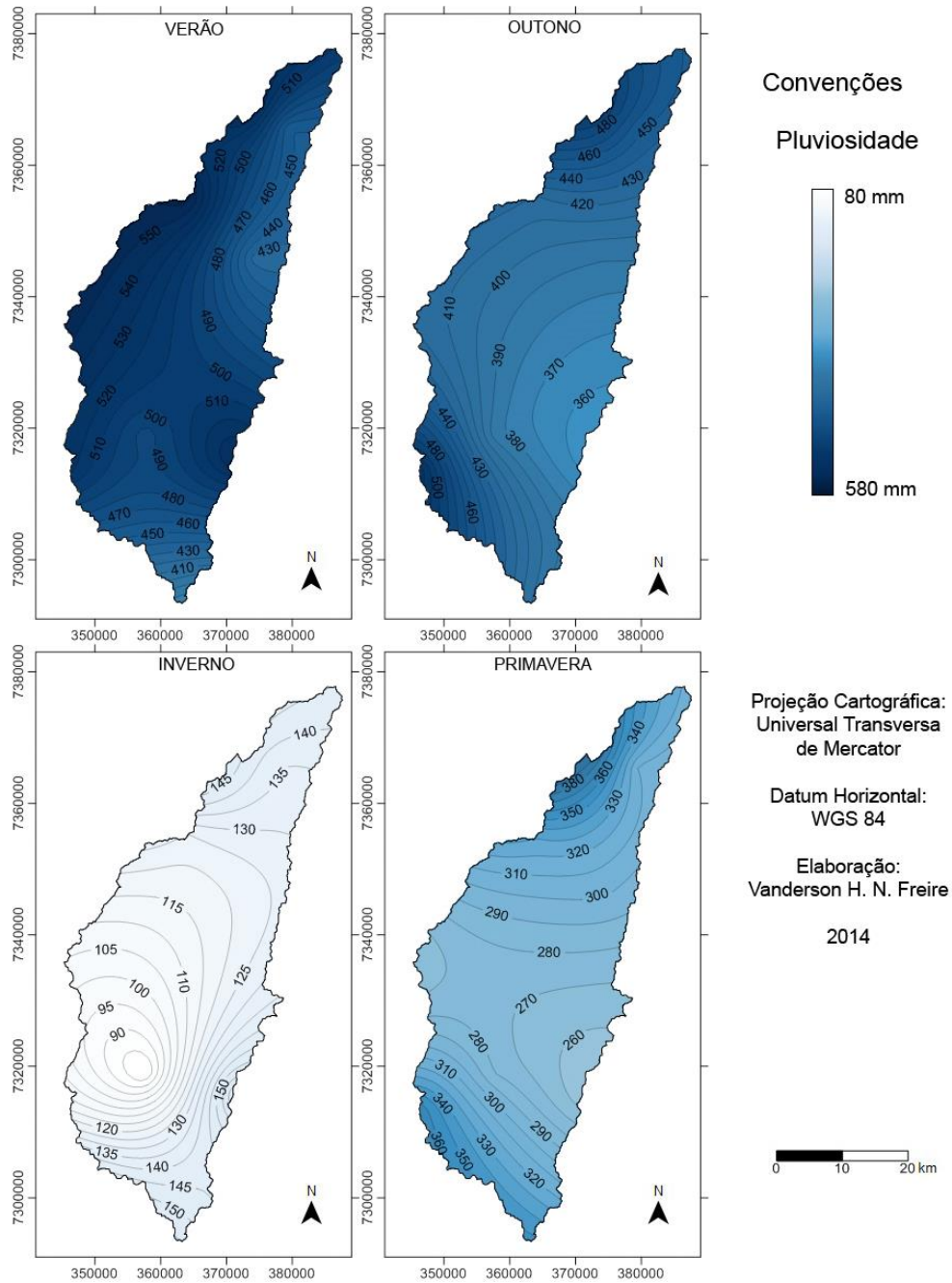
O ano de 1999, segundo mais seco da série histórica, possui média anual de 1390,3 mm, variando desde 1125,9 mm no posto de Santo Antônio até 1633,2 mm no posto de Engenheiro Beltrão. Esse ano foi classificado como habitual em 5 postos, tendente a seco em 6, e seco em 2. A classificação como ano habitual 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 22), 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.

Na escala mensal (Figura 23), 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 esteve entre janeiro, fevereiro e dezembro em todos os postos, exceto o de Marilu, onde junho foi levemente mais chuvoso. Outubro e novembro foram os meses onde ocorreram as



maiores reduções de precipitação, enquanto fevereiro, maio e junho chegaram a sofrer um aumento significativo de precipitação. Percebe-se portanto uma mudança brusca em relação 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.



**Figura 22 – Distribuição espacial da precipitação sazonal no ano de 1999.**

**Fonte: Autoria própria.**

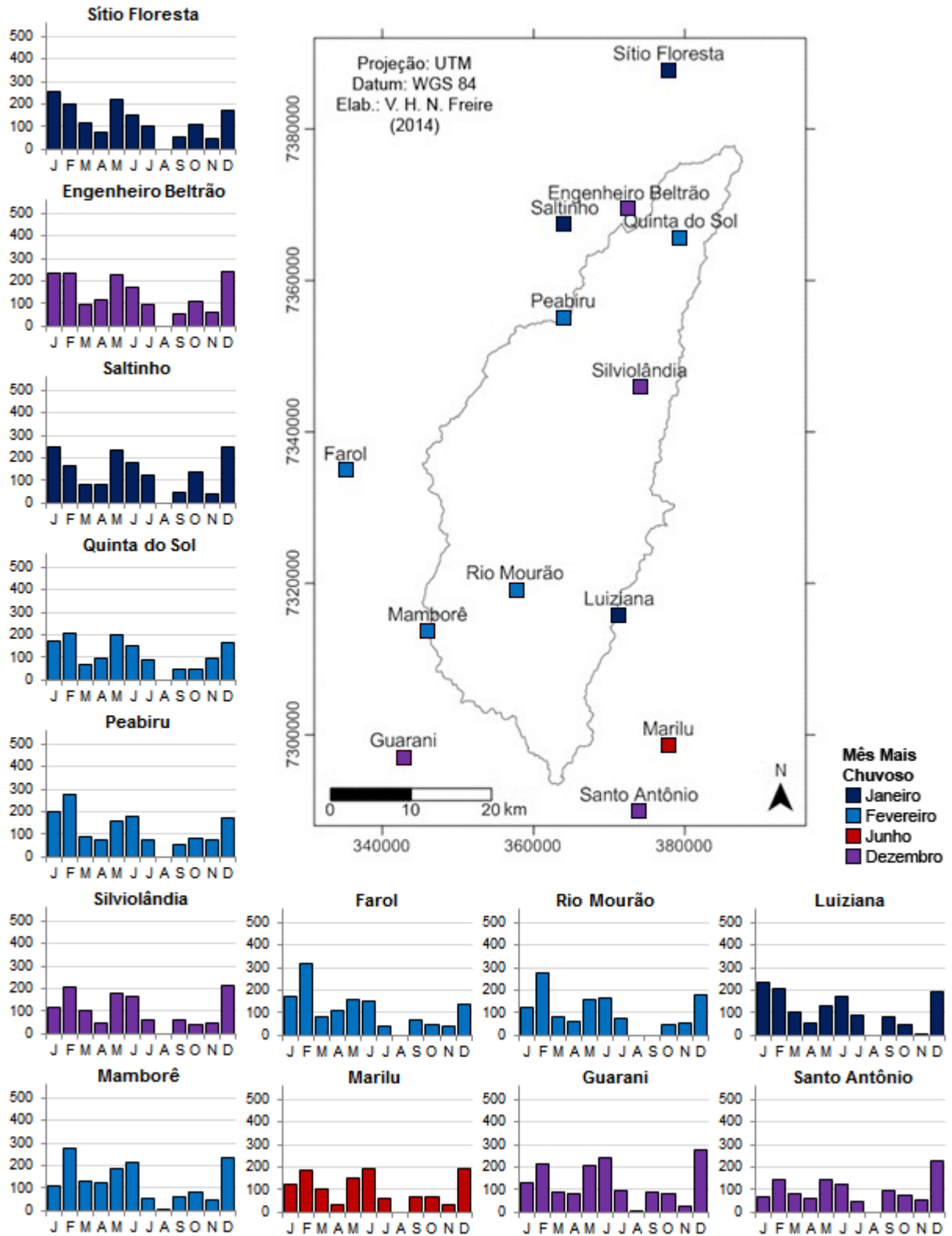


Figura 23 – Distribuição da precipitação mensal em 1999 nos postos estudados.

Fonte: Autoria própria.



Pode-se dizer que houve uma ação diferenciada dos fenômenos de circulação atmosférica durante esses anos predominantemente 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 variabilidade elevada dos anos que passam por tais fenômenos.

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. Já 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, apresentam menores valores que o habitual, e em anos secos, valores mais elevados.

## 6 CONCLUSÃO

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 para a formação dos grupos homogêneos na análise de *cluster* e no mapeamento de dados de 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, quando comparada com a distribuição da média histórica, o que provavelmente está relacionado à atuação de fenômenos de circulação atmosférica, especialmente o El Niño em anos chuvosos, e La Niña em anos secos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BRITTO, Fabiane P.; BARLETTA, Rodrigo; MENDONÇA, Magaly. Regionalização Sazonal e Mensal da Precipitação Pluvial Máxima no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia.** Curitiba, v. 3, p. 83-99, ago. 2008.

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: 21 mai. 2014.

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](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=30)> Acesso em: 21 mai. 2014.

LEITE, Maysa de L.; ADACHESKI, Patrícia A.; VIRGENS FILHO, Jorim S. Estudo da Variabilidade da Precipitação Pluvial em Municípios da Região Sul dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, v. 6, p. 135-150, jun. 2010.

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, Michelle S.; GAN, Manoel A.; ROCHA, Rosmeri P. da; AMBRIZZI, Tércio. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Teórica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

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.

VAREJÃO-SILVA, Mário A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital. 2ª ed. Recife, 2006.

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.