



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Presidente Prudente

PAULO MIGUEL DE BODAS TERASSI

**ESTUDO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS COMO SUBSÍDIO À
GESTÃO AMBIENTAL DA VERTENTE PARANAENSE DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITARARÉ**

PRESIDENTE PRUDENTE, SÃO PAULO
DEZEMBRO DE 2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Presidente Prudente

PAULO MIGUEL DE BODAS TERASSI

**ESTUDO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS COMO SUBSÍDIO À
GESTÃO AMBIENTAL DA VERTENTE PARANAENSE DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITARARÉ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Geografia da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus
Presidente Prudente como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Geografia. Área
de concentração: Produção do Espaço Geográfico.
Linha de pesquisa: Dinâmicas da Natureza.

Orientação:

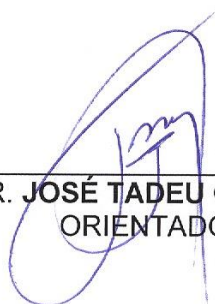
Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli

PRESIDENTE PRUDENTE, SÃO PAULO
DEZEMBRO DE 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

| | |
|-------|--|
| T293e | <p>Terassi, Paulo Miguel de Bodas. Estudo de parâmetros climáticos como subsídio à gestão ambiental da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé / Paulo Miguel de Bodas Terassi. - Presidente Prudente: [s.n], 2015 151 f; il.</p> <p>Orientador: José Tadeu Garcia Tommaselli Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia Inclui bibliografia</p> <p>1. Climatologia. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Gestão Ambiental. I. Terassi, Paulo Miguel de Bodas Terassi. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Estudo de parâmetros climáticos como subsídio à gestão ambiental da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.</p> |
|-------|--|

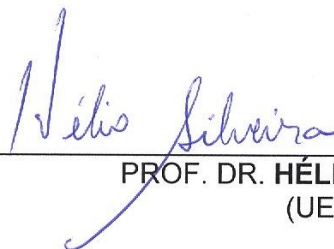
BANCA EXAMINADORA



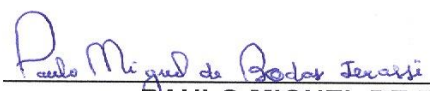
PROF. DR. **JOSÉ TADEU G. TOMMASELLI**
ORIENTADOR



PROFA. DRA. **MARGARETE C. DE COSTA T. AMORIM**
(FCT/UNESP)



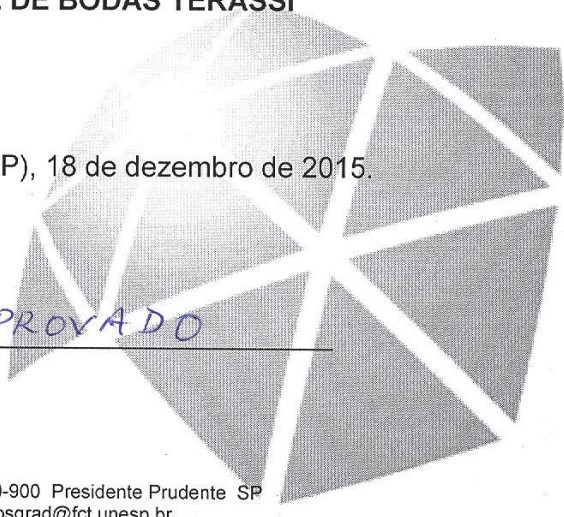
PROF. DR. **HÉLIO SILVEIRA**
(UEM)



PAULO MIGUEL DE BODAS TERASSI

Presidente Prudente (SP), 18 de dezembro de 2015.

RESULTADO: APROVADO



Dedico aos meus maravilhosos pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço àquelas pessoas que estiveram ligadas ao desenvolvimento da presente pesquisa. Espero que com estas palavras eu possa agradecer também àquelas que estiveram presentes no desenvolvimento do autor. Estão escritos aqui os resultados não puramente de uma pesquisa, mas essencialmente a trajetória de quem amadureceu.

Agradeço a minha família. Com ela eu pude perceber o valor das coisas simples da vida e perceber o quanto é valioso ter pessoas com quem você possa contar independentemente da situação. Aos meus pais agradeço por todo apoio e dedicação na minha formação. Aos meus adoráveis avós, que com a troca de conversas, aprendi que a vida é muito curta e que é preciso ter coragem para fazer e pensar além do que se vê.

Em Presidente Prudente algumas pessoas se mostraram muito solícitas e amigáveis. Pelo convívio adquiri afeto por algumas pessoas que marcaram a minha passagem pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Em especial, à Bárbara Ruela Peres, Demétrio Ruela Peres, Larissa Piffer Dorigon, Liriane Barbosa e Josué Viegas de Carvalho, que por muitas vezes me acolheram em suas casas e pelos quais guardo muita gratidão e admiração. Agradeço à Ana Paula Pires, Larissa Coutinho, Rizzia Mendes Mares e Sueli Souza por todo o apoio emocional nesta jornada e aos cafés na cantina. Ao orientador José Tadeu Garcia Tommaselli muito agradeço por ter sido solícito, pois com sua orientação tive a abertura para a escolha da temática para a realização deste trabalho e, principalmente, por acreditar na minha capacidade de trabalho. Agradeço aos professores João Osvaldo Rodrigues Nunes e Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim pelas fundamentais e pontuais sugestões no Exame Geral de Qualificação e, especialmente, à Margarete pelos apontamentos no Exame de Defesa.

A passagem pela Universidade Estadual de Maringá rendeu muitos frutos e tenho muito a agradecer. Agradeço ao Hélio Silveira por todas as oportunidades concedidas, por todas as exigências, pela consistência na orientação, e pela parceria ao longo de todos os anos de trabalhos juntos, além pelas correções e sugestões no Exame de Defesa. Ao Carlos Henrique da Graça agradeço por todo o conhecimento transmitido, por toda sua ajuda, fundamental para a conclusão deste trabalho, e pelo seu exemplo de comprometimento. À Maria de Lourdes Orsini Fernandes Martins e Sonia Maria Soares Stivari, desejo que a vida seja muito generosa a vocês duas tanto quanto vocês foram para mim. Aos amigos ficam os agradecimentos por todo o apoio. Guardo comigo cada sorriso, abraço e diálogo fraterno de vocês. Eles sempre estarão guardados.

“Fitou o rio que de subida, só homem macho para burro se aventurava, enfiando quando dava pé, a zinga comprida que calejava a mão ou o remo que zunia de tanta força, fazendo o coração baforar sangue, pulando [...] A luz do dia suspendia as árvores da selva, ao longe, como se toda plantação estivesse no céu ao invés de estar na terra” - José Mauro de Vasconcelos em Rosinha, minha canoa.

RESUMO

Os estudos dos aspectos físicos e sociais existentes em bacias hidrográficas permitem avaliar os seus diversos componentes, os processos e interações que nela ocorrem. Sobretudo, o clima funciona como um insumo de energia para a bacia hidrográfica e desempenha o papel de controlar ou influenciar diversos componentes da dinâmica socioambiental desse recorte espacial. Nessa perspectiva, o presente trabalho objetiva o estudo das características climáticas e, especificamente o conhecimento do comportamento da erosividade das chuvas e da disponibilidade hídrica na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé. O recorte de estudo está situado nos setores nordeste e leste do Paraná e abrange uma superfície aproximada de 4.845 km². Foram obtidos os dados anuais, sazonais, mensais e diários de chuva de treze postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e de uma estação meteorológica, de Joaquim Távora, pertencente ao Instituto Agrônomo do Paraná. Foram utilizadas as seguintes metodologias: aplicou-se o índice de erosividade de Rufino, Biscaia e Merten (1993); espacializou-se as estimativas de temperatura fornecidas pela Universidade de Delaware (2014); empregou-se o balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955); foram aplicados os sistemas de classificação climática de Köppen (1948), Thornthwaite (1948) e Nimer (1972); e, por fim, empregou-se a técnica de agrupamento para a obtenção de regiões homogêneas e para a definição de anos-padrão. Observou-se que embora tenham sido observados alguns padrões entre o efeito orográfico e o aumento de pluviosidade em alguns setores da bacia hidrográfica, a distribuição das isolinhas de pluviosidade e número de dias de chuva para a escala anual está propriamente mais ligada às diferenças entre o regime pluviométrico sazonal e a interferência da dinâmica atmosférica regional. Identificou-se que as maiores alturas pluviométricas ocorrem durante o período que vai de setembro a março, período de ocorrência do maior potencial erosivo. As maiores isotermas, os maiores valores de evapotranspiração e menores valores de excedente hídrico foram identificados para o setor norte, com um cenário inverso para os setores sul e oeste. O emprego do sistema de classificação climática de Köppen (1948) possibilitou delimitar a área de estudo em três tipologias climáticas: Cfb para os setores oeste e central; Cfa para o setor norte; Cfa/Cfb para os setores transitórios. A metodologia de Thornthwaite (1948) apresentou seis tipologias climáticas distinguindo apropriadamente as características climáticas da bacia hidrográfica em conformidade com o índice de umidade efetiva e a eficiência térmica. A metodologia de Nimer (1972) identificou três tipologias climáticas e definiu características da circulação atmosférica a partir dos atributos climáticos. O zoneamento climático permitiu averiguar a relação das características climáticas com os componentes socioambientais da área de estudo. A zona climática IV merece atenção por ter apresentado a maior erosividade das chuvas, junto à verificação de solo exposto associado a elevadas declividades, fatores que representam maiores riscos à erosão. A zona climática I apresenta a significativa ocupação por pastagens e lavouras temporárias e, o alerta da possibilidade de deficiência hídrica, especialmente em condições de La Niña ou em meses como abril e agosto, demonstram uma vulnerabilidade a essas atividades econômicas.

Palavras-chave: pluviosidade; erosividade das chuvas; balanço hídrico climatológico; tipologias climáticas; bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The studies of the physical and social aspects present in a watershed allow us to evaluate their various components, their processes and interactions that occur in it. Above all, the climate works as an energy input to the watershed and plays the role of controlling and influencing various components of the dynamics socio-environmental of this spatial cutout. From this perspective, the present study aims to study the climatic characteristics and specifically the knowledge of the behavior of rainfall erosivity and water availability in the watershed Itararé, in Paraná state. The study clipping is situated in the northeast and eastern sectors of Paraná and covers an area of approximately 4,845 km². Annual, seasonal, monthly and daily rain data of thirteen rain gauge stations were obtained along with the Paraná Institute of Water and the weather station Joaquim Távora, which belongs to the Agronomic Institute of Paraná. The following methodologies were used: erosivity indices of Rufino, Biscaia and Merten (1993); Temperature estimates provided by the University of Delaware (2014); climatic water balance of Thornthwaite and Mather (1955); Climate classification system of Köppen (1948), Thornthwaite (1948) and Nimer (1972) and, lastly, a clustering technique for obtaining homogeneous regions and to define standard-years was used. It was noticed that although some patterns between the orographic effect and the increase of pluviosity in some sectors of the watershed were observed, the distribution of isoline rainfall and the number of rainy days for the annual range is more properly related to the differences between seasonal rainfall and the interference of regional atmospheric dynamics. It was identified that the highest rainfall occur during the period from September to March, which is the period of occurrence of the most erosive potential. The biggest isotherms, the highest evapotranspiration values and lower water surplus values were identified for the northern sector, with a reverse scenario to the south and west sectors. The usage of Köppen's classification system (1948) allowed us to define the study area into three climatic types: Cfb for the western and central sectors; Cfa for the northern sector; Cfa / Cfb for transient sectors. The methodology presented by Thornthwaite (1948) exposed six climate types, properly distinguishing the climatic characteristics of the watershed in accordance with the effective moisture and thermal efficiency. Nimer's methodology (1972) identified three climate types and defined the atmospheric circulation features through the climatic attributes. The climatic zoning made it possible to examine the relation between the climatic characteristics and the social-environmental components of the study area. The climate zone IV requires attention for presenting the highest rainfall erosivity besides the exposed soil associated with high declivities, factors that evince the greatest risk to erosion. The climate zona I presents significant occupancy of pastures and temporary crops, and the warning of the possibility of deficiency water, especially in La Niña conditions or months like April and August, demonstrate a vulnerability to these economic activities.

Keywords: pluviosity; rainfall erosivity; climatic water balance; climate types; watershed.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé..... | 7 |
| Figura 2 - Unidades litológicas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 10 |
| Figura 3 - Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 12 |
| Figura 4 - Declividade da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 12 |
| Figura 5 - Distribuição dos tipos de solos na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. ... | 14 |
| Figura 6 - Distribuição das formações fitogeográficas originais da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 16 |
| Figura 7 - Divisão administrativa dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 18 |
| Figura 8 - Cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. . | 22 |
| Figura 9 - Localização geográfica e hipsometria da estação meteorológica e dos postos pluviométricos para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 52 |
| Figura 10 - Distribuição espacial da pluviosidade média anual (mm) (A) e número médio anual de dias de chuva (B) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 64 |
| Figura 11 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a pluviosidade média anual (mm) e a altitude da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 66 |
| Figura 12 - Dispersão e correlação linear gráfica entre o número médio anual de dias de chuva e a altitude da estação meteorológica e os treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 66 |
| Figura 13 - Distribuição anual da pluviosidade (mm) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 69 |
| Figura 14 - Dendograma do agrupamento em anos chuvosos, secos e habituais para a pluviosidade anual (mm) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 70 |
| Figura 15 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima absoluta anual (mm) (A) e da pluviosidade mínima absoluta anual (mm) (B) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 16 - Distribuição anual do número de dias de chuva para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizadas dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 72 |
| Figura 17 - Dendograma do agrupamento de anos habituais (tendentes a seco), secos, habituais (tendentes a chuvoso) e chuvosos para o número anual de dias de chuva na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 72 |
| Figura 18 - Distribuição espacial do número máximo anual (A) e número mínimo anual (B) de dias de chuva para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 73 |
| Figura 19 - Distribuição sazonal da pluviosidade (mm) e do número de dias de chuva para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 74 |
| Figura 20 - Distribuição espacial da pluviosidade (mm) média para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 77 |
| Figura 21 - Distribuição espacial da pluviosidade diária média para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 78 |
| Figura 22 - Distribuição mensal da pluviosidade (mm) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos inseridos no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 79 |
| Figura 23 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a pluviosidade média mensal (mm) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 80 |
| Figura 24 - Distribuição mensal da pluviosidade (mm) para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 82 |
| Figura 25 - Distribuição espacial das regiões homogêneas do número mensal de dias de chuva para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 83 |
| Figura 26 - Distribuição mensal de número de dias de chuva as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 84 |
| Figura 27 - Distribuição espacial da erosividade média anual (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹) para o período de 1976 a 2012 a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 86 |
| Figura 28 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a pluviosidade média anual (mm) e a erosividade média anual (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹) para a estação meteorológica e os treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 87 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a altitude (metros) e a erosividade média anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$) para a estação meteorológica e os treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 88 |
| Figura 30 - Distribuição espacial da erosividade máxima (A) e mínima (B) anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}$) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 89 |
| Figura 31 - Distribuição anual da erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$) da média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 90 |
| Figura 32 - Dendograma do agrupamento em anos de erosividade muito alta, alta, habitual e baixa para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 90 |
| Figura 33 - Distribuição sazonal da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{sazonal}^{-1}$) para a média da estação meteorológica e dos postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 92 |
| Figura 34 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{sazonal}^{-1}$) para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) Na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 93 |
| Figura 35 - Distribuição mensal da erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 94 |
| Figura 36 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a erosividade média mensal ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$) e a pluviosidade média mensal (mm) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR | 96 |
| Figura 37 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a erosividade média mensal ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mensal}^{-1}$) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 97 |
| Figura 38 - Distribuição mensal da erosividade média mensal ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mensal}^{-1}$) para as regiões homogêneas na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 100 |
| Figura 39 - Distribuição espacial das estimativas de temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) anual para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 102 |
| Figura 40 - Distribuição espacial das estimativas de temperatura média sazonal ($^{\circ}\text{C}$) para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 103 |

| | |
|--|-----|
| Figura 41 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a temperatura média (°C) mensal na bacia hidrográfica do rio Itararé – PR..... | 104 |
| Figura 42 - Distribuição mensal da temperatura média (°C) para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 106 |
| Figura 43 - Distribuição espacial das estimativas de evapotranspiração média potencial anual (mm) (A) e do excedente hídrico médio anual (mm) (B) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 108 |
| Figura 44 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a evapotranspiração potencial da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 109 |
| Figura 45 - Distribuição mensal da evapotranspiração potencial mensal (mm) para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 111 |
| Figura 46 - Distribuição espacial das regiões homogêneas do excedente hídrico mensal (mm) da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 112 |
| Figura 47 - Distribuição mensal do excedente hídrico para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - Paraná. | 114 |
| Figura 48 - Distribuição espacial das tipologias climáticas de Köppen (1948) (A) e Thornthwaite (1948) (B) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 117 |
| Figura 49 - Distribuição da tipologia climática de Nimer (1972) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 118 |
| Figura 50 - Distribuição da tipologia climática de Thornthwaite (1948) para o ano chuvoso (1983) e seco (1985) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 123 |
| Figura 51 - Distribuição espacial das tipologias climáticas de Nimer (1972) para o ano chuvoso (1983) e o ano seco (1985) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 125 |
| Figura 52 - Proposta de zoneamento climático para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 126 |
| Figura 53 - Distribuição da pluviosidade média anual (mm) e o número de dias de chuva conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 128 |
| Figura 54 - Distribuição da pluviosidade média anual (mm) e erosividade média anual conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 129 |
| Figura 55 - Distribuição da temperatura média anual (°C) e evapotranspiração potencial anual (mm) conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 131 |

Figura 56 - Distribuição da pluviosidade média anual (mm) e erosividade média anual conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. 131

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - População residente e participação setorial na economia dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 19 |
| Tabela 2 - Localização geográfica das dos postos pluviométricos e estação Meteorológica* na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé..... | 52 |
| Tabela 3 - Caracterização do indicador de grupo climático (primeira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948). | 56 |
| Tabela 4 - Caracterização do indicador do tipo climático (segunda chave) da Classificação Climática de Köppen (1948). | 56 |
| Tabela 5 - Caracterização do indicador de subtipo climático (terceira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948). | 57 |
| Tabela 6 - Primeira chave, conforme os intervalos do índice de umidade (Ieu), e segunda chave, conforme o Índice térmico (It), da tipologia climática de Thornthwaite (1948). | 58 |
| Tabela 7 - Primeira sub-chave, conforme os intervalos do índice de aridez (Ia) para climas úmidos e do índice de umidade para climas secos, da tipologia climática de Thornthwaite (1948). | 58 |
| Tabela 8 - Segunda sub-chave, conforme a concentração de evapotranspiração potencial no verão (%), da tipologia climática de Thornthwaite (1948). | 59 |
| Tabela 9 - Primeira chave da tipologia climática de Nimer (1972) conforme a variedade térmica. | 59 |
| Tabela 10 - Segunda chave da tipologia climática de Nimer (1972) conforme o grau de umidade. | 60 |
| Tabela 11 – Hipsometria, os resultados de pluviosidade média anual (mm) e o número médio anual de dias de chuva para o período de 1976 a 2012 para a estação meteorológica* e os postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 68 |
| Tabela 12 - Hipsometria e pluviosidade média anual para as regiões homogêneas da média mensal pluviométrica para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 82 |
| Tabela 13 – Hipsometria e número médio anual de chuva para as regiões homogêneas do número mensal de dias de chuva para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 84 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 14 - Pluviosidade média anual, erosividade média anual e densidade de fluxo de energia para os postos pluviométricos e estações meteorológicas* inseridos dentro e no entorno das bacias hidrográficas do rio Itararé - Paraná. | 87 |
| Tabela 15 - Hipsometria, pluviosidade média anual e erosividade média anual para as regiões homogêneas da erosividade média mensal para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR..... | 100 |
| Tabela 16 - Hipsometria e temperatura média anual para as regiões homogêneas da temperatura média mensal na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 106 |
| Tabela 17 - Hipsometria, temperatura média anual e evapotranspiração potencial anual para as regiões homogêneas da média mensal de evapotranspiração potencial para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 111 |
| Tabela 18 - Hipsometria, pluviosidade média anual, evapotranspiração potencial anual e excedente hídrico anual para as regiões homogêneas da média mensal do excedente hídrico para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR. | 114 |
| Tabela 19 - Tipologias climáticas obtidas para a série histórica (1976 a 2012) dos postos pluviométricos e estação meteorológica* inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé- Paraná..... | 120 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| INTRODUÇÃO | 1 |
| 1. OBJETIVOS | 5 |
| 2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 6 |
| 2.1 Localização da área de estudo | 6 |
| 2.2 Aspectos físicos..... | 8 |
| 2.3 Aspectos humanos | 17 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 23 |
| 3.1 A dinâmica da paisagem e o recorte espacial bacia hidrográfica | 23 |
| 3.2 Gestão de recursos hídricos e a análise climática em bacias hidrográficas | 25 |
| 3.3 A erosividade das chuvas: o problema da erosão e o cálculo do fator R..... | 31 |
| 3.4 Métodos de estimativas de temperatura e o balanço hídrico climatológico | 40 |
| 3.5 Tipologias climáticas: paradigmas e aplicação | 45 |
| 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 51 |
| 4.1 Obtenção de dados..... | 51 |
| 4.2 Preenchimento de falhas e a estatística descritiva | 53 |
| 4.3 Índice de erosividade das chuvas | 54 |
| 4.4 Estimativas de temperatura e o cálculo do balanço hídrico climatológico | 55 |
| 4.5 Sistemas de classificação climática..... | 55 |
| 4.6 O emprego da técnica de agrupamento e as representações espaço-temporais..... | 60 |
| 4.7 Elaboração dos produtos cartográficos | 62 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 63 |
| 5.1 Caracterização pluviométrica | 63 |
| 5.1.1 Pluviosidade anual..... | 63 |
| 5.1.2 Pluviosidade sazonal..... | 74 |
| 5.1.3 Pluviosidade mensal | 79 |
| 5.2 Erosividade das chuvas | 85 |
| 5.2.1 Erosividade anual | 85 |
| 5.2.2 Erosividade sazonal | 91 |
| 5.2.3 Erosividade mensal..... | 94 |
| 5.3 Estimativas de temperatura | 101 |
| 5.4 Balanço hídrico climatológico..... | 107 |
| 5.5 Sistemas de classificação climática e zoneamento climático | 115 |
| 5.5.1 Sistemas de classificação climática..... | 115 |
| 5.5.2 Sistemas de classificação climática para anos excepcionais..... | 122 |
| 5.5.3 Zoneamento climático | 126 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 133 |
| 7. REFERÊNCIAS | 136 |
| ANEXOS | 149 |

INTRODUÇÃO

O clima é um dos componentes de maior importância da dinâmica ambiental, seja pela sua interferência em diversos setores das atividades sociais e econômicas, seja pela sua interação com os demais atributos físicos de uma paisagem. Seu conceito mais difundido é definido por Sorre (1951), que o compreende como a série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar em uma sucessão habitual. Normalmente, as condições atmosféricas são comumente mensuradas por seus elementos, dentre eles a pluviosidade, a temperatura, a evapotranspiração, entre outros, que refletem a relação dos fatores geográficos constituintes do clima de determinada região.

Destacadamente, o conhecimento das características da pluviosidade, tais como a quantidade, a intensidade, a duração ou a frequência, é fundamental em diversas áreas aplicadas. A pluviosidade apresenta elevada interação com os elementos climáticos, uma vez que as características dos regimes de chuva afetam as variações de temperatura e umidade do ar, nebulosidade e quantidade de radiação incidente na superfície. Igualmente, as informações sobre o regime pluviométrico contribuem para a tomada de decisões em áreas estratégicas para o desenvolvimento econômico e social, como por exemplo, geração de energia elétrica, defesa civil, em algumas atividades industriais e no planejamento agrícola.

Uma das principais características da pluviometria é a sua potencialidade em ocasionar erosões. Considerada uma das forças ativas na formação dos processos erosivos, a erosividade refere-se à capacidade das chuvas em formar uma erosão a partir do impacto de suas gotículas em determinada porção de solo. A partir da energia cinética desempenhada pelo impacto da chuva (efeito splash), ocorre a desagregação das partículas de solo, que em sequência pode apresentar um escoamento superficial, resultante do transporte desses materiais pela enxurrada. Em situações de solos de elevada erodibilidade, elevadas declividades, uso e manejo inadequado do solo, e de elevada e frequente pluviosidade, são verificados os mais elevados riscos à erosão.

Outro elemento climático, a temperatura exerce grande influência sobre os processos dinâmicos que ocorrem entre a atmosfera e as plantas, animais, solo, água, entre outros. A compreensão das características térmicas e suas variações espaço-temporais são indispensáveis para diversos setores da economia e sociedade, subsidiando o planejamento e gestão territorial e ambiental, especialmente possibilitando a compreensão do regime hídrico. Cargnelutti Filho, Maluf e Matzenauer

(2008) destacam que a determinação da temperatura do ar é essencial para estudos que apontem a aptidão climática, as indicações de épocas de semeadura, irrigação, determinação de produtividade potencial, zoneamento de risco climático, entre outros.

Entende-se, por conseguinte, que a temperatura é indispensável para a realização do balanço hídrico climatológico, que contabiliza a quantidade de água que entram e saem de certa porção de solo em um determinado intervalo de tempo (PEREIRA, 2005). Para a elaboração do balanço hídrico climatológico há a necessidade de definir o armazenamento máximo do solo e de se ter os dados referentes à pluviosidade e a evapotranspiração potencial. As informações resultantes do balanço hídrico, seja a deficiência ou o excedente hídrico, tem utilidade na definição dos setores e dos períodos de maior vulnerabilidade hídrica e, assim sendo, essenciais para segmentos como a agricultura e a gestão de recursos hídricos.

Dada à abrangência de elementos mencionados, as classificações climáticas têm sua importância na análise e definição climática de diferentes regiões levando em consideração diferentes elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações para diferentes propósitos. Desse modo, os sistemas de classificação climática pautam-se de diferentes critérios, como a precipitação, a temperatura, a evapotranspiração potencial, a deficiência e/ou o excedente hídrico, a vegetação e as massas de ar (NÓBREGA, 2010). Esta pesquisa utiliza-se da aplicação e a avaliação de três diferentes métodos classificatórios: Köppen (1948) com o intuito de observar a variação espacial e temporal das características térmicas e pluviométricas; a tipologia climática de Thornthwaite (1948) foi empregada com o intuito de avaliar conjuntamente as características do regime hídrico; e Nimer (1972) para analisar os aspectos quantitativos e qualitativos do clima da área de estudo.

A utilização da bacia hidrográfica como recorte espacial permite uma visão sistêmica e integrada devido à interdependência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos, e pode ser considerada uma excelente unidade de gestão dos componentes naturais e sociais, uma vez que todos os eventos, antrópicos ou naturais, interferem na dinâmica desse sistema e, especialmente, na qualidade ou quantidade dos recursos hídricos (SANTOS, 2004). Especificamente, o clima corresponde a um insumo de energia para as bacias hidrográficas e responde diretamente pela qualidade e quantidade dos recursos hídricos, revelando associações entre a pluviosidade e o potencial erosivo das chuvas, que possibilitam recomendações diretas de práticas preditivas para as perdas de solo, e as características termo-

pluviométricas e a disponibilidade hídrica, fatores importantes para o monitoramento dos recursos hídricos.

Salienta-se que este trabalho, ao estudar uma das bacias hidrográficas que tributam ao reservatório de Chavantes, alinha-se ao projeto “Monitoramento e controle de erosões marginais de reservatórios hidrelétricos: métodos de avaliação dos processos, uso de geotecnologias para seu monitoramento e experimentação de técnicas de controle”, desenvolvidos por discentes e docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- Campus Presidente Prudente, e financiado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Os resultados e análises provenientes dessa pesquisa subsidiam o projeto de pesquisa acima com as informações acerca do potencial erosivo das chuvas ao longo da vertente paraense do rio Itararé e para a área mais próxima ao reservatório de Chavantes, uma vez que, segundo Rubio (2014), a erosividade das chuvas corresponde a um dos principais fatores para a gênese e o desenvolvimento das feições erosivas nas margens dos reservatórios.

O memorial da Duke Energy refere-se à região onde foi realizada a construção da barragem do reservatório de Chavantes como de vales profundos e margens escarpada, além de apresentarem solos de baixa fertilidade, sendo que não se recorreu à desapropriação de terras por ser uma área pouco utilizada para a agricultura (DUKE ENERGY, 2012). Essas características do relevo da região onde foi construída a represa de Chavantes respondem pelo tipo de reservatório de acumulação, que possibilitam o estoque a serem utilizados em períodos de estiagem. Está situada a montante em relação às demais usinas hidrelétricas para regular a vazão da água que irá fluir para elas, de forma a permitir a operação integrada do conjunto de usinas (ANEEL, 2008).

Os relatos das enchentes do ano de 1983 ressaltam a necessidade de compreensão do potencial erosivo das chuvas, uma vez que ocorreram danos nas margens dos reservatórios e deslizamentos superficiais, além de diversas outras avarias (DUKE ENERGY, 2012). Recentemente, a ocorrência de uma estiagem durante o ano de 2014 comprometeu as atividades de turismo e pesca, além de trazer a tona a possibilidade de comprometimento da produção de energia, uma vez que o reservatório de Chavantes atingiu nível inferior a 25%, cota atingida somente com a grande seca do ano de 1985 (TRIBUNA DO VALE, 2014).

Além de sua inserção no projeto supracitado, as características físicas e humanas da bacia hidrográfica do rio Itararé são altamente relevantes para justificar o estudo das

características climáticas desse recorte espacial. A diversidade de formações litológicas junto ao elevado declive predominante na área de estudo resultou na formação de solos que naturalmente apresentam elevada susceptibilidade aos processos erosivos e que, somados a elevada porção ocupada por atividades agrossilvipastoris, ressaltam a necessidade de compreensão do regime de chuvas e sua associação com o potencial erosivo.

A pluralidade de formações fitogeográficas originais na área de estudo, atributo diretamente ligado à consonância entre as espécies vegetais e os tipos climáticos, demonstra a possibilidade de diferentes regimes de pluviometria e temperatura. Por sua vez, o levantamento da cobertura vegetal e do uso da terra indicou que da vegetação original da bacia hidrográfica somente uma pequena porção foi mantida, sendo largamente substituída pela ocupação de plantio de pastagens e lavouras, demonstrando a imprescindibilidade do conhecimento de características da disponibilidade hídrica, com a avaliação da evapotranspiração potencial e real, e o excedente e a deficiência hídrica, como um subsídio ao planejamento dessas atividades.

A significativa variação das elevações do terreno da bacia hidrográfica, de aproximadamente 900 metros, corresponde a um fator de destaque para a investigação do efeito da orografia para a distribuição espacial das condições termo-pluviométricas. O relevo é um dos aspectos mais relevantes na análise climática, uma vez que suas características, dentre elas a altura e a orientação, controlam e determinam a interação com os demais componentes da dinâmica atmosférica.

A disposição latitudinal da bacia hidrográfica do rio Itararé é um dos principais fatores que contribuíram para sua seleção no presente trabalho, devido ao fato de que a latitude corresponde a um dos principais fatores delimitativos na distribuição dos níveis de radiação solar e dos períodos de insolação. Ainda, os estudos anteriores para a região na qual está inserido o recorte de estudo demonstram elevada interação entre sistemas atmosféricos de origens e propriedades distintas, sobretudo por configurar-se na transição entre dois grandes domínios climáticos, conforme indicado por Nimer (1989): o Brasil Meridional, caracterizado por menores temperaturas e um regular regime de chuvas, palco da atuação preeminente de massas de ar polar; e o Brasil Central, onde são verificadas elevadas temperaturas, uma concentração da pluviosidade nos meses de verão, associadas aos sistemas atmosféricos intertropicais.

1. OBJETIVOS

A partir das problemáticas e das justificativas destacadas anteriormente, a presente pesquisa objetiva realizar um estudo das características climáticas da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé, visando fornecer subsídios para a gestão ambiental desta unidade da análise ambiental.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Caracterizar a distribuição espacial e temporal da pluviosidade anual, sazonal e mensal;
- Determinar e analisar o potencial erosivo das chuvas a partir do índice de erosividade, conforme proposto por Rufino, Biscaia e Merten (1993);
- Estudar as relações existentes entre a pluviosidade, a erosividade e a influência do relevo na distribuição espacial destes;
- Analisar a variação espacial das temperaturas médias anuais, sazonais e mensais, tendo como parâmetro os dados fornecidos pela Universidade de Delaware (UDEL);
- Verificar a variação espacial e temporal da deficiência e do excedente hídrico da área de estudo com a aplicação do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955);
- Averiguar os tipos de clima ao longo da bacia hidrográfica a partir dos sistemas de classificação climática de Köppen (1948), Thornthwaite (1948) e Nimer (1972);
- Propor o zoneamento climático da área de estudo a partir da análise qualitativa dos resultados, conjugando-os aos demais aspectos físicos e sociais que compõe a área de estudo, e identificar prováveis problemas ambientais decorrentes dos diferentes regimes climáticos.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa, embora tenha sua delimitação temática enquadrada no segmento Geografia Física, especialmente em Climatologia Geográfica, busca se aplicar na perspectiva da totalidade e da necessidade de compreensão de que os elementos da natureza se manifestam a partir de suas dinâmicas e suas inter-relações com os aspectos sociais. Esta ideia baseia-se em Nunes et al. (2006), que complementam que a Geografia Física deve ter uma finalidade de interesse a sociedade e, portanto, precisa conjugar uma visão crítica (social, política, cultural e ambiental) com o pragmatismo.

O presente trabalho tem como um dos seus pilares o entendimento do clima enquanto fenômeno geográfico e destaca o seu papel na organização do espaço a partir de sua interação com os demais componentes da dinâmica sócio-ambiental (SANT'ANNA NETO, 1998). Partindo destas ideias, estão apresentados a seguir os aspectos físicos e humanos do recorte de estudo, com a finalidade de justificar a realização deste trabalho e sistematizar os procedimentos metodológicos definidos para o alcance dos objetivos propostos anteriormente.

2.1 Localização da área de estudo

A porção paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé está situada entre os Primeiro, Segundo e Terceiro Planaltos Paranaenses (MAACK, 2012), entre as coordenadas UTM 625000 e 675000 oeste e 7420000 e 7300000 sul, especificamente na zona 22S. A área da bacia abrange uma superfície aproximada de 4845 km² (ITCG, 2013), localiza-se nos setores nordeste e leste do estado do Paraná, e corresponde a uma das bacias hidrográficas que compõem a bacia hidrográfica do rio Paranapanema, que apresenta uma área de 105921 km². O curso principal compreende um divisor natural com o estado de São Paulo, tem sua nascente no município de Sengés a uma altitude de aproximadamente 1060 metros, e é um dos principais tributários da Represa de Chavantes (**Figura 1**).

O rio Paranapanema possui ao longo de sua extensão um total de onze usinas hidrelétricas, sendo que oito destas usinas estão sob a concessão da companhia norte-americana Duke Energy International e correspondem a empreendimentos resultantes de projetos implantados ao longo de cinco décadas, tendo início na década de 1950. Uma de suas mais representativas construções é a usina hidrelétrica de Chavantes, instalada

no ano de 1971, compreendido como um conjunto de obras e equipamentos que produzem energia elétrica por meio do potencial hidráulico das águas do rio Paranapanema e demais tributário de diversas ordens, dentre eles o rio Itararé. O reservatório de Chavantes apresenta uma área de 400 km² e um perímetro de 1085 km², com uma potência instalada de 414 megawatts (TOYAMA, 2014).

A bacia hidrográfica do rio Itararé é administrada pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, instituído pelo decreto de 05 de junho de 2012 (BRASIL, 2012), e compõe, junto às bacias hidrográficas dos rios das Cinzas, Paranapanema I e II, o Comitê de Bacia Hidrográfica do Norte Pioneiro. Conforme a resolução nº49/2006 do Comitê Estadual de Recursos Hídricos, as bacias hidrográficas do estado do Paraná foram agrupadas em 12 Unidades Hidrográficas a partir de critérios fisiográficos, características sócio-econômicas e de uso e ocupação do solo.

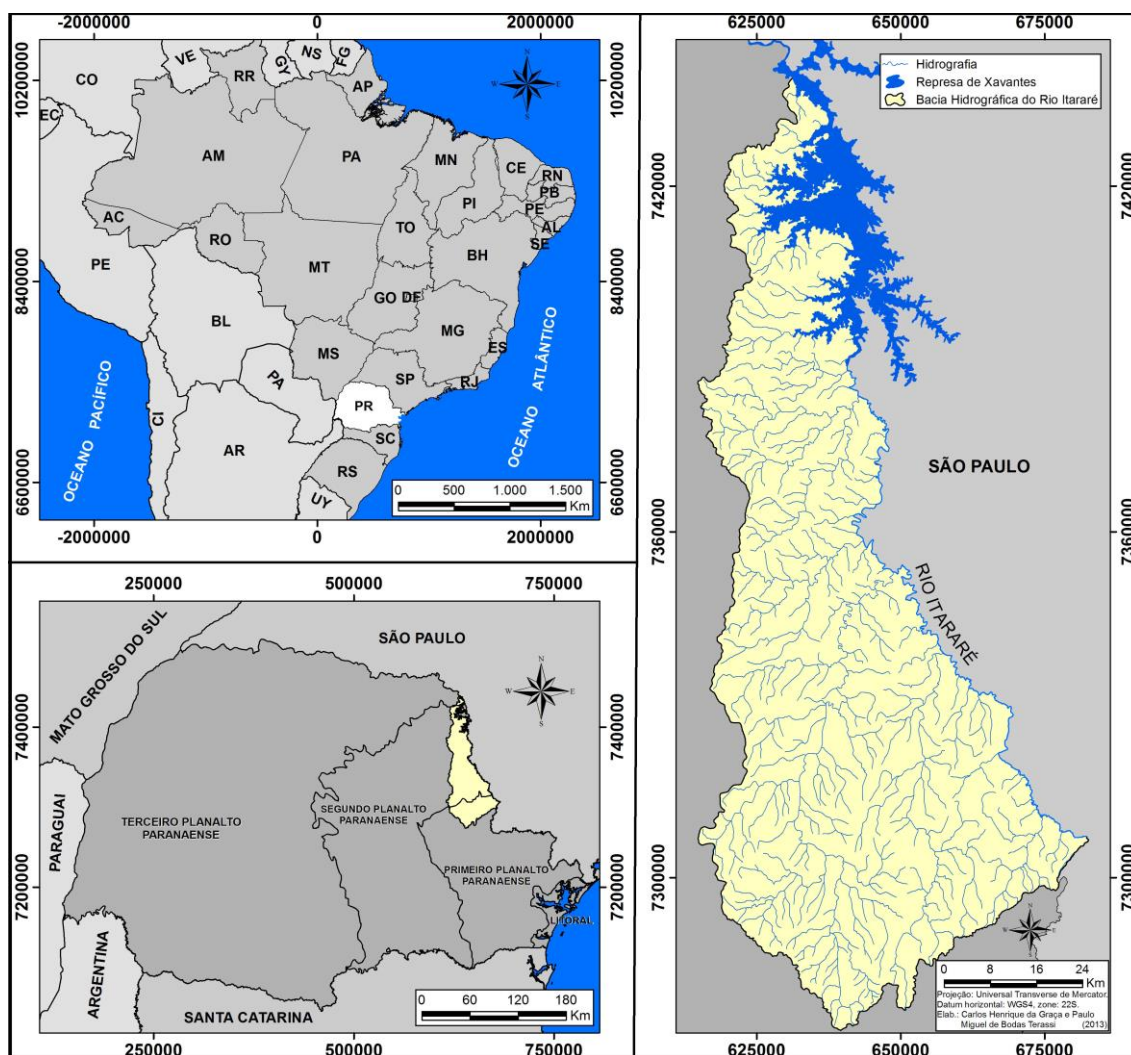


Figura 1 - Localização da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

2.2 Aspectos físicos

A vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé é composta por uma elevada diversidade de unidade litoestratigráficas, conforme representa a **Figura 2**.

No setor sul da bacia hidrográfica predominam as rochas formadas no Proterozóico Superior do Grupo Açungui e do Complexo Cunhaporanga. O Grupo Açungui subdivide-se em duas Formações: a Formação Itaiacoca, de ocorrência predominante no setor sudeste da bacia hidrográfica, caracteriza-se por rochas metavulcânicas básicas a intermediárias, quartzitos, metarenitos, metassiltitos, metacalcários e metadolomitos; e a Formação Votuverava, situada na porção sudoeste da bacia hidrográfica, é predominantemente composta por estaurolitas, muscovitas, biotitas, xistos e micaxistos. O Complexo Granítico Cunhaporanga, localizado no setor sul e sudoeste da bacia hidrográfica, é caracterizado por rochas graníticas porfíricas associadas a gnaisses e migmatitos (MINEROPAR, 2001; PINESE, 2002).

O Grupo Paraná é constituído de uma seqüência arenosa basal e de uma seqüência argilosa superior e está situado no setor central da bacia hidrográfica, região de localização da Escarpa Devoniana. São reconhecidas no grupo duas formações: a Formação Furnas, do Devoniano Inferior, tem sua litologia composta de arenitos esbranquiçados e de granulação média a muito grossa; a Formação Ponta Grossa é constituída de folhelhos, folhelhos sílticos e siltitos cinza-escuros a pretos (THOMAZ, 1984; MINEROPAR, 2001).

Situado no setor central, norte e leste da bacia hidrográfica, o Grupo Itararé é caracterizado como uma unidade litoestratigráfica permeano-devoniana das mais complexas, caracteristicamente marcada pela descontinuidade de suas litofácies constituintes (ARAB; PERINOTTO; ASSINE, 2009). Trata-se, portanto, de um Grupo constituído heterogeneamente por rochas sedimentares, sobretudo por arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos, e de carvão.

O Grupo Guatá, de idade permiano-devoniana, constitui-se de siltitos cinza-esverdeados e arenitos, com intercalações de camadas de carvão e de folhelhos carbonosos. Localizado no setor nordeste da bacia hidrográfica, este grupo é dividido em duas formações: Rio Bonito e Palermo. A Formação Rio Bonito é constituída, nos terços inferior e superior, predominantemente por arenitos, enquanto no terço médio prevalecem siltitos e folhelhos contendo camadas de carvão e calcários com ocasionais intercalações de arenitos. A Formação Palermo tem sua constituição litológica

predominantemente de siltitos arenosos cinza-amarelados e cinza-esverdeados (THOMAZ, 1984; MINEROPAR, 2001; PINESE, 2002).

O Grupo Passa Dois, de idade permearno-devoniana, localiza-se no setor norte da bacia hidrográfica, e constitui-se de quatro formações: Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto. A Formação Irati aflora em zonas de falhamentos e de intrusões de grandes sills de diabásio, e caracteriza-se por folhelhos pretos, geralmente betuminosos. A Formação Serra Alta, de idade neo-permiana, tem sua litologia constituída de folhelhos pirobetuminosos no topo, além de siltitos cinza-escuros com fratura concóide acima da formação. A Formação Santa Teresinha é constituída essencialmente por ritmitos alternados de argilitos e folhelhos cinza-escuros, com siltitos e arenitos muito finos. A Formação Rio do Rasto, de idade neo-permianatriássica, constitui-se de arenitos, siltitos e argilitos (THOMAZ, 1984; MINEROPAR, 2001; PINESE, 2002).

O Grupo São Bento, situado no setor extremo norte da bacia hidrográfica, é marcado por ambiente de deposição desértico e por derrames basálticos, formados no período Mesozóico, e que se constitui pelas formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral. A Formação Pirambóia tem uma litologia caracterizada por uma sucessão de camadas arenosas, comumente vermelhas. A Formação Botucatu, de idade triássico-jurássico e cretáceo, constitui-se quase que inteiramente de arenitos de granulação fina a média, homogêneos, com boa seleção de grãos foscos com alta esfericidade. A Formação Serra Geral, de idade jurássico-cretácea, compreende, predominantemente, um conjunto de derrames de basaltos toleíticos e, subordinadamente, um conjunto de derrames de riolitos, dacitos e riodacitos, conjuntos de derrames se intercalam com os arenitos da Formação Botucatu (THOMAZ, 1984; MINEROPAR, 2001).

Destaca-se a ocorrência de Sedimentos Recentes, do período Quaternário-Holoceno, em setores isolados da bacia hidrográfica. No setor sudeste verifica-se a ocorrência de argila, silte, areias, seixo e blocos, depósitos de colúvio e talus. Nota-se no setor nordeste da bacia hidrográfica, nas proximidades do leito principal do rio Itararé, a presença de sedimentos de deposição fluvial (aluviões), com areias, siltes, argilas e cascalhos, depositados em canais, barras e planícies de inundação.

A complexidade das unidades litoestratigráficas verificadas para a bacia hidrográfica do rio Itararé é um dos componentes que justificam e sistematizam a presente pesquisa, haja vista que a grande diversidade do substrato rochoso compreende um aspecto responsável diretamente pelas propriedades texturais dos solos, sendo esse último um dos componentes mais significativos para a erodibilidade.

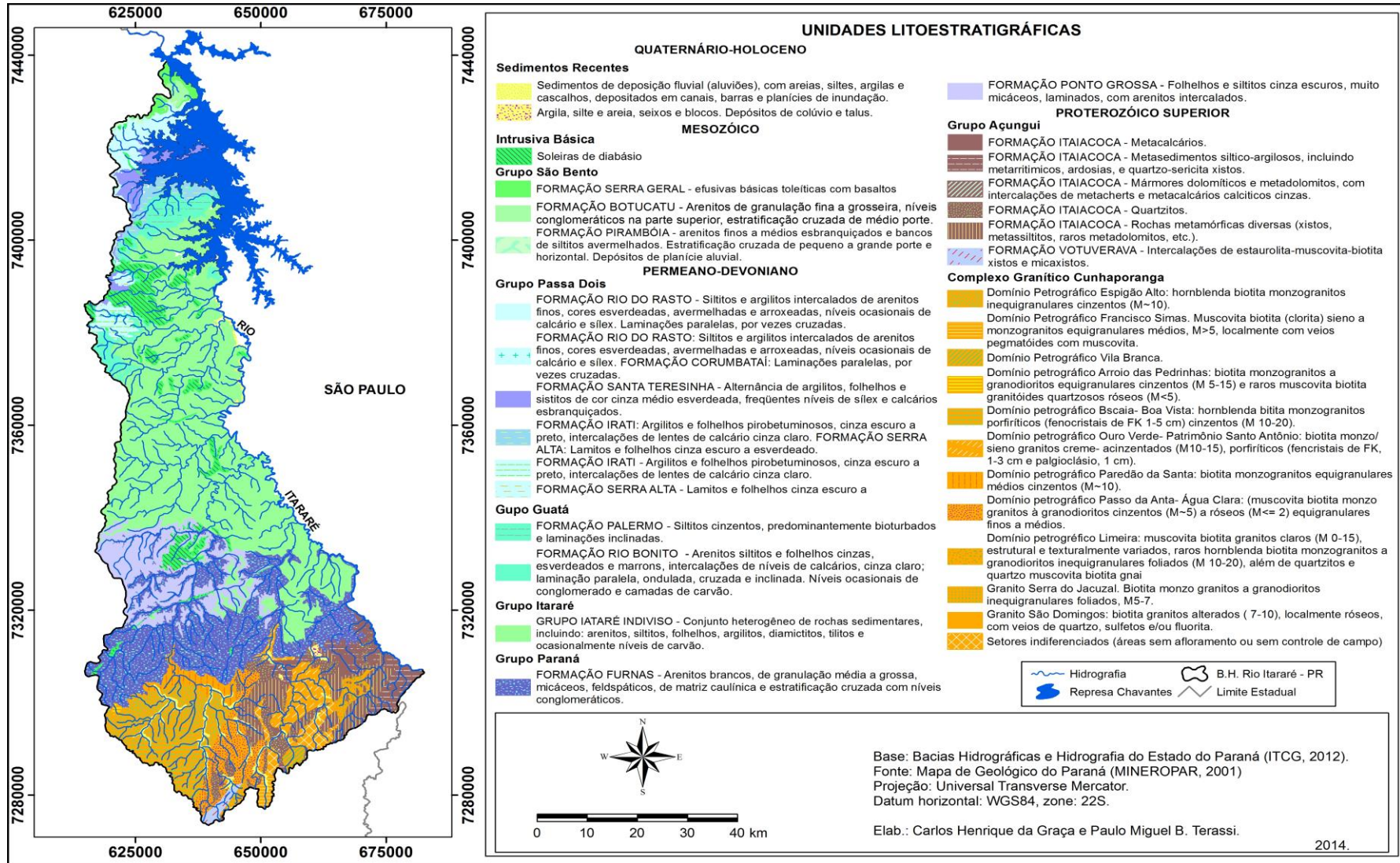


Figura 2 - Unidades litológicas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A bacia hidrográfica do rio Itararé em sua porção paranaense tem uma hipsometria diversificada, sobretudo por localizar-se em uma região de transição de planaltos, conforme a divisão de Maack (1968). O grande marco delimitativo do Primeiro para o Segundo Planalto é a Escarpa Devoniana, situada no setor central da bacia hidrográfica, e que apresenta altitudes que chegam a 1350 metros, ao passo que o setor ao sul desta Serra é denominado de Primeiro Planalto Paranaense. O Segundo Planalto Paranaense ocupa grande extensão do recorte de estudo e tem no seu limite ao norte com a Serra Geral, com altitudes que chegam a 750 metros, e que corresponde ao Terceiro Planalto Paranaense. Os setores da área de estudo com as menores altitudes são aqueles próximos ao curso principal do rio Itararé e a represa de Chavantes, com uma hipsometria próxima a 450 metros (**Figura 3**).

Um dos aspectos mais relevantes para a análise climatológica da presente área de estudo está na variação de sua hipsometria, de aproximadamente 900 metros. O relevo é uma das características físicas que mais apresenta interação com os componentes da dinâmica climática por gerar diferenças na distribuição espacial de atributos como a precipitação e a temperatura, influenciando significativamente a variação do potencial erosivo das chuvas e a da disponibilidade hídrica ao longo da área de estudo. Considerando a relevância do efeito orográfico e sua relação com os atributos climáticos, a escolha da estação meteorológica e dos postos pluviométricos selecionados para essa pesquisa, além de considerar a qualidade dos registros de dados, avaliou a representatividade da altitude desses pontos amostrais para uma análise mais apropriada do clima da área de estudo.

Observa-se que a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR) apresenta uma declividade com o predomínio da classe de 8% a 20%, mostrando a característica regional de relevo ondulado devido à transição de planaltos e a presença de Serras. Os setores mais próximos a Escarpa Devoniana, ao centro, e a Serra Geral, ao norte, caracterizam-se por relevo forte ondulado, de declividades entre 20 a 45%. As porções situadas ao norte da Escarpa Devoniana, em seu reverso, e nas proximidades da represa de Chavantes mostram-se de declividades de relevo plano, entre 0 a 3% (**Figura 4**).

Embora essa pesquisa tenha desconsiderado a orientação de vertentes, importante aspecto para avaliar a interação entre o relevo e a circulação atmosférica, inclui o levantamento do declive do terreno por considerá-lo como importante para ressaltar o elevado grau de susceptibilidade à erosão a partir de sua associação com os tipos de solos verificados para a área de estudo.

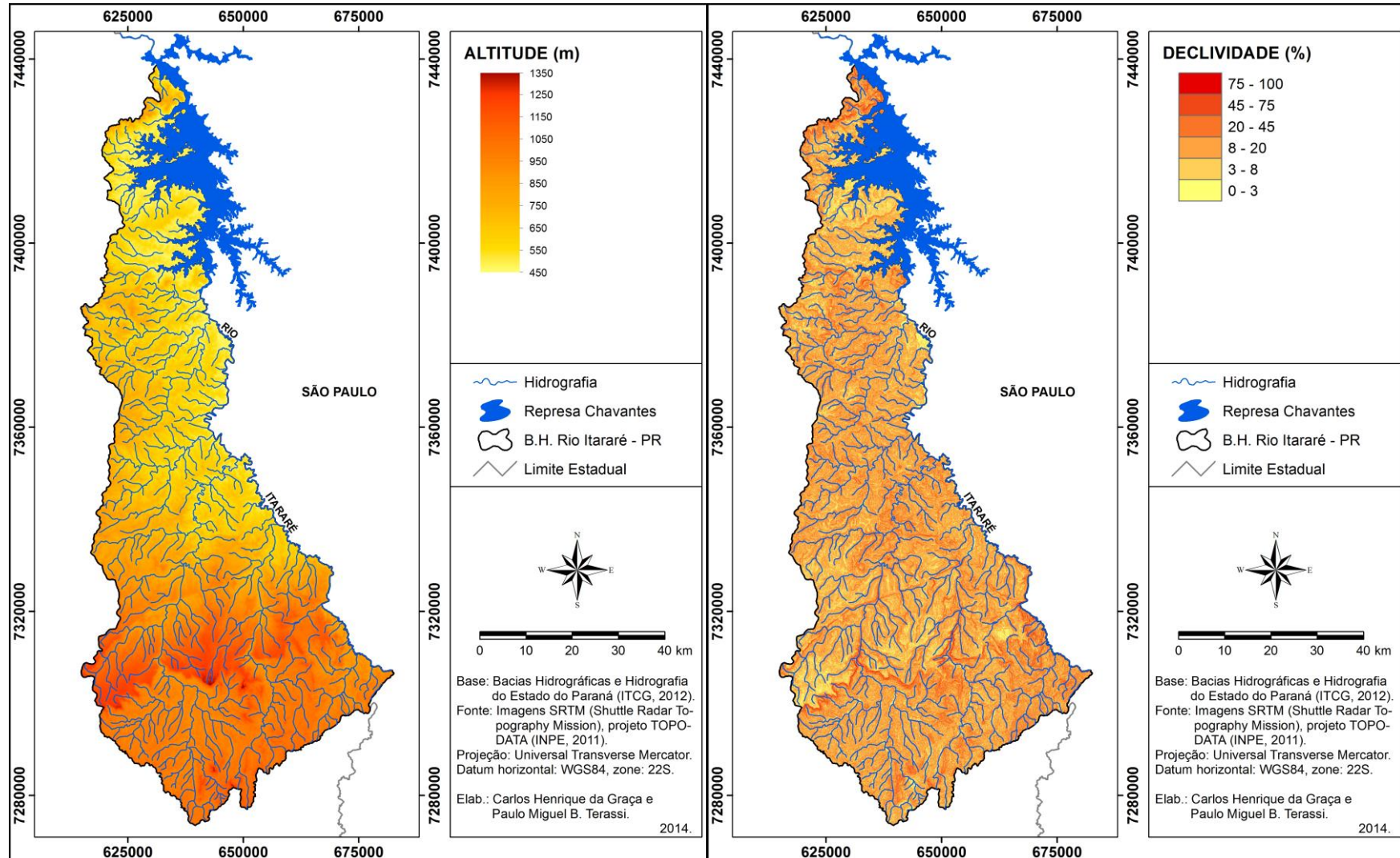


Figura 3 - Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

Figura 4 - Declividade da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

As características litológicas, do relevo e climáticas são condições essenciais para a diversificação da cobertura pedológica na bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). Os setores de menores declividades, inferiores a 8%, permite o desenvolvimento de solos mais profundos e homogêneos em diferentes formações litológicas, há a presença do Latossolo Vermelho em regiões de maiores temperaturas e maiores teores de óxido de ferro, enquanto, especificamente no setor oeste e sul da bacia hidrográfica, sob as condições de maior pluviosidade e menores médias térmicas, condições que permitem o enriquecimento de matéria orgânica no horizonte superficial, verifica-se o Latossolo Bruno. Esses são os tipos de solos com a menor susceptibilidade à erosão por possuírem homogeneidade textural e elevada permeabilidade e porosidade (**Figura 5**).

Com uma declividade intermediária e variável entre 8% a 20%, há a ocorrência dos Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-Amarelos e Nitossolos Vermelhos. (**Figura 5**). A característica de heterogeneidade textural, com a formação de horizonte eluvial e outro iluvial e a preponderância de horizontes superficiais com significativas frações de areia, considerando-se as formações litológicas areníticas, dão ao Argissolo atributos de elevada erodibilidade quando associados às mais elevadas declividades. Com o substrato dos basaltos da Formação Serra Geral, as porções de cobertura pedológica dos Nitossolos, mesmo em condições de homogeneidade textural e a formação do horizonte B nítico, apresentam menor susceptibilidade à erosão em relação ao Argissolo devido ao menor desprendimento de partículas em seu horizonte superficial, de maiores porções de argila (EMBRAPA, 2007).

Nas porções da bacia hidrográfica com as maiores declividades, superiores a 20%, que estabelece o menor desenvolvimento da profundidade dos solos, em distintas litologias, verificam-se a cobertura dos Cambissolos Háplicos e Húmicos e Neossolos Litólicos, os tipos de solos com a maior susceptibilidade à erosão na bacia hidrográfica do rio Itararé (**Figura 5**). Os Cambissolos Háplicos e Húmicos e os Neossolos Litólicos caracterizam-se como de a baixa profundidade, a grande quantidade de cascalho e estão em relevo inclinado, condições que somadas determinam o mais alto risco natural à erosão. Singularmente, esses solos devido ao alto teor de silte e a baixa permeabilidade, apresentam a fácil formação de sulcos pela enxurrada, mesmo quando eles são usados com pastagens (UFLA, 2015).

Os Neossolos Quartzarênicos, mesmo em condições de relevo plano e de elevada profundidade, compreendem solos que preocupam quanto ao tipo de uso e ocupação, por sua predominância de textura muito arenosa (superior a 90%). De modo

especial, no setor sudoeste da bacia hidrográfica, há a presença do Gleissolo Melânico, de relevo plano, de baixa drenagem e, por estarem em áreas de várzeas, apresentam elevada tendência a inundações (EMBRAPA, 2007). Os afloramentos de rocha são setores que estão altamente suscetíveis à movimentação e remoção de rochas, haja vista as declividades superiores a 20% (Figura 5).

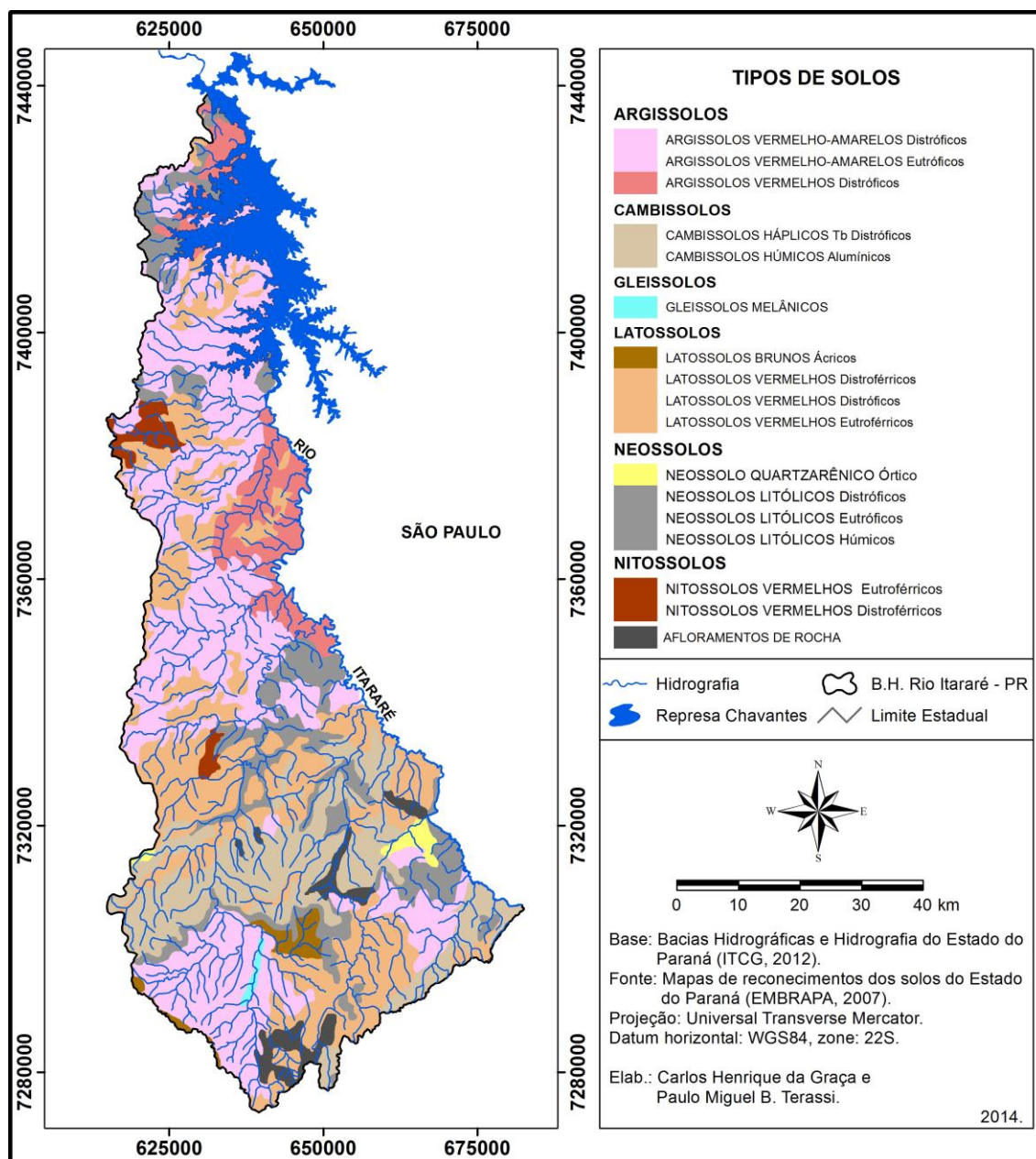


Figura 5 - Distribuição dos tipos de solos na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A área de estudo apresenta uma elevada diversificação de formações fitogeográficas originais, resultante da significativa variedade de tipos de solos, relevo e

características climáticas. Conforme a descrição de Sonogo, Backes e Souza (2007), com médias térmicas anuais inferiores a 18°C e uma elevada e regular distribuição pluviométrica mensal, a Floresta Ombrófila Mista é caracterizada pela presença da *Araucaria angustifolia*, apresenta uma subdivisão entre Altomontana, Montana e Aluvial, em conformidade com as características do relevo, e ocupa uma porção relevante da bacia hidrográfica (**Figura 6**).

Nos setores mais elevados da bacia hidrográfica, caracterizado pelas menores temperaturas médias e uma cobertura pedológica predominante de solos mais rasos, como os Cambissolos e os Neossolos, ocorrem os Campos Naturais da Estepe Gramíneo-Lenhosa, também conhecida como Campos Gerais. Maack (1968) destaca que os Campos Gerais são uma forma de relictos do antigo clima semiárido que vigorou no Pleistoceno e que atualmente constituem-se em um enclave em meio às paisagens úmidas atuais. Especificamente, conforme mencionam Ritter, Almeida e Moro (2007), o Cerrado (Savana Arborizada), ocorrente no setor central da bacia hidrográfica, apresenta predominantemente estrato arbóreo-arbustivo, vegetação relictual testemunha de um clima pretérito mais árido, e caracteriza-se por solos arenosos e rasos (**Figura 6**).

Ao norte da bacia hidrográfica do rio Itararé ocorre a Floresta Estacional Semidecidual, que se caracteriza pelo aumento da temperatura média e a influência de dois distintos períodos de pluviosidade, uma estação chuvosa e outra seca, resultando na perda parcial de suas folhas durante a redução das chuvas. Essa sazonalidade foliar reflete de forma mais direta a regulamentação das árvores em relação à deficiência hídrica, uma vez que o conjunto florestal pode perder de 20% a 50% das folhas conforme a estação do ano (TROPMAIR, 1990). Predomina na porção norte da bacia hidrográfica a ocorrência da Floresta Estacional Semidecidual Montana em setores de maiores cotas altimétricas e vegetação arbórea de maior porte, enquanto no extremo norte da unidade de análise, nas proximidades da represa de Chavantes, localiza-se a Floresta Estacional Semidecidual, onde a altitude média e o porte da vegetação são menores (**Figura 6**).

As formações fitogeográficas originais verificadas para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé mostraram, portanto, critérios preponderantes para a sua distribuição espacial: o regime pluviométrico e a variação térmica. Além de um demonstrativo de como o desenvolvimento das atividades humanas modificaram a vegetação original na área de estudo, a inserção desse aspecto avaliará a relação entre esse e as características climáticas predominantes. Primordialmente, considerada uma

expressão da influência do clima, a diversidade de Formações Fitogeográficas foi um dos aspectos preliminares que justificaram a escolha da área de estudo, posto que esse componente indique a probabilidade de diferentes tipos climáticos.

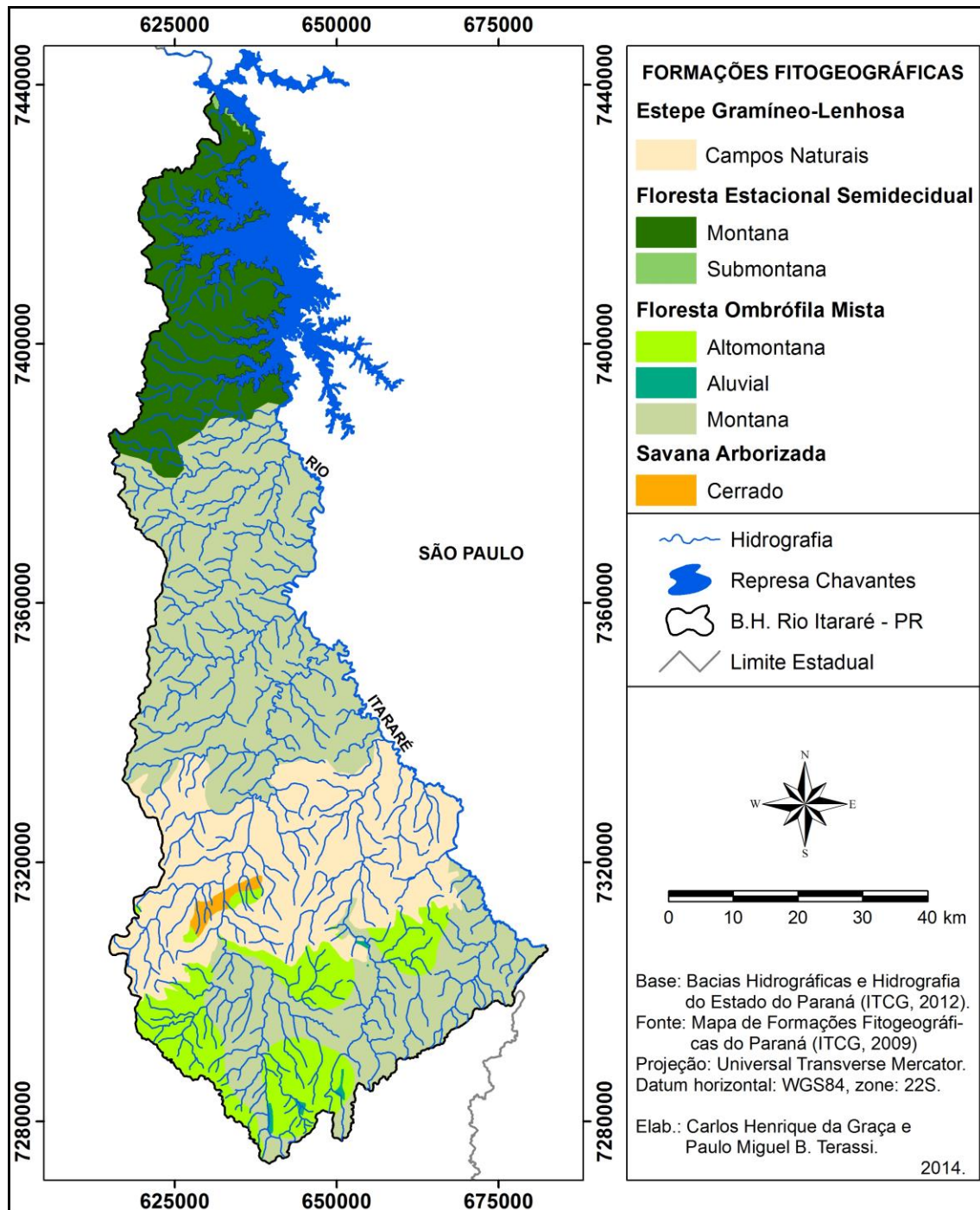


Figura 6 - Distribuição das formações fitogeográficas originais da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

2.3 Aspectos humanos

O nome Itararé tem sua origem no tupi-guarani e significa “pedra que o rio cavou”, uma vez que o rio Itararé corre em um leito rochoso que foi sendo desgastado pela correnteza formando altos paredões, grandes cachoeiras e grutas. A região da bacia hidrográfica do rio Itararé foi inicialmente habitada por índios Guaianazes e tornou-se ponto conhecido de bandeirantes, exploradores, jesuítas e estudiosos, firmando-se como um dos pontos de descanso dos tropeiros que convergiam do sul levando animais para a feira de Sorocaba pelo conhecido Caminho das Tropas (PARANÁ, 2010).

Martins (1995) descreve que a colonização da região pode ser dividida em três períodos, que não ocorrem em uma sucessão contínua no tempo ou no espaço. O primeiro período, relacionado à fundação e subsequente destruição das reduções jesuíticas espanholas no território do Guairá, vai de 1610 a 1631. O segundo, começando quando Heliodoro Eobano encontrou ouro na bacia de Paranaguá, na década de 1640, passa pelo Tropeirismo e se estende até o final do século XIX; e o terceiro, abrangendo os ciclos da madeira e do café, tem como principal fato a colonização do norte do estado nas primeiras décadas do século XX.

O principal período de ocupação da região foi o denominado de Tropeirismo, no qual a região tornou-se parada obrigatória na rota do comércio que levava gado e muares do Rio Grande para o abastecimento de São Paulo e das Minas Gerais. A necessidade de abastecimento colonial tanto impulsionou o mercado interno brasileiro, possibilitando a gradativa integração das economias regionais, como favoreceu, ainda, a ocupação de regiões do interior paranaense (UEPG, 2014). Soares e Medri (2002) salientam que a qualidade dos pastos dos Campos Gerais foi um atrativo para que homens ricos de São Paulo, Santos e Paranaguá requeressem posses nessa região visando sua exploração comercial.

A bacia hidrográfica do rio Itararé em sua porção paraense é composta por 11 municípios que estão totalmente ou parcialmente inseridos dentro desta unidade de análise (**Figura 7**). Estes municípios apresentam uma população total de 179.373 habitantes, sendo que 76,6% desta população (137.452 habitantes) residem em áreas urbanas, e 23,4% destes moradores (41.931 habitantes) ocupam as áreas rurais (IBGE, 2013). Observa-se que os municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Itararé apresentam uma economia predominantemente composta por atividades do setor terciário, de maior participação do PIB (Produto Interno Bruto). Entretanto, nota-se que

dois municípios, Jaguariaíva e Siqueira Campos, detêm de uma porção significativa de sua economia movimentada pelo setor secundário, ao passo que os municípios de Salto do Itararé, Santana do Itararé e São José da Boa Vista caracterizam-se por uma economia predominantemente agropecuária (IPARDES, 2013) (**Tabela 1**).

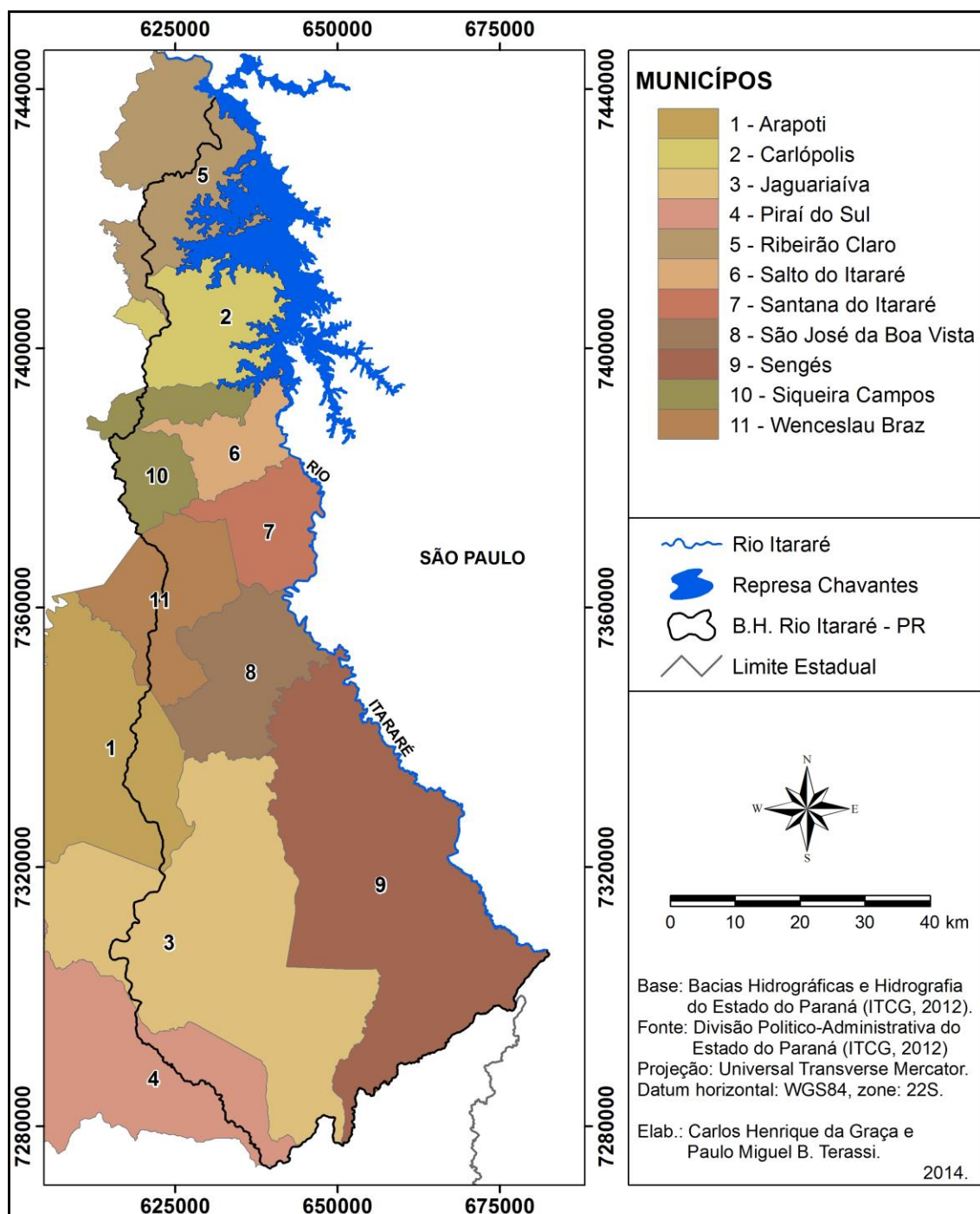


Figura 7 - Divisão administrativa dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

Tabela 1 - População residente e participação setorial na economia dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

| Município | Demografia | | | Economia - PIB* | | |
|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | População total | População urbana | População rural | Setor Primário | Setor Secundário | Setor Terciário |
| Arapoti | 25.855 | 21.788 | 4.077 | 136.141 | 139.970 | 579.842 |
| Carlópolis | 13.706 | 9.353 | 4.353 | 47.902 | 19.011 | 108.083 |
| Jaguariaíva | 32.606 | 28.041 | 4.565 | 69.638 | 172.006 | 223.083 |
| Piraí do Sul | 23.424 | 16.102 | 7.322 | 122.582 | 62.999 | 150.315 |
| Ribeirão Claro | 10.678 | 7.085 | 3.593 | 42.595 | 37.742 | 76.837 |
| Salto do Itararé | 5.178 | 3.723 | 1.455 | 65.399 | 3.689 | 30.675 |
| Santana do Itararé | 5.249 | 3.456 | 1.793 | 27.347 | 3.634 | 25.251 |
| São José da Boa Vista | 6.511 | 3.864 | 2.647 | 44.865 | 5.303 | 33.791 |
| Sengés | 18.414 | 15.107 | 3.307 | 84.937 | 51.061 | 114.158 |
| Siqueira Campos | 18.454 | 13.424 | 5.030 | 53.086 | 52.947 | 130.627 |
| Wenceslau Braz | 19.298 | 15.509 | 3.789 | 45.103 | 16.425 | 141.643 |
| Total | 179.373 | 137.452 | 41.931 | 739.595 | 564.787 | 1.614.305 |

Fonte: IBGE (2010) e IPARDES (2013). * Valores em R\$1.000,00 – Produto Interno Bruto.

A representação cartográfica das formações fitogeográficas permitiu estabelecer padrões de distribuição espacial das espécies vegetais e a sua relação com os demais atributos físicos da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé (**Figura 6**). No entanto, a vegetação natural verificada para esse recorte espacial sofreu diversas alterações de ordem humana, com a ocupação e o desenvolvimento das atividades sócio-econômicas, transformando a paisagem natural em paisagem antropizada. Nunes (2002) refere-se a esse último termo empregado como um espaço produzido, no qual a natureza serve de suporte físico ou recurso, em que as diferentes formas de ocupação refletem o momento histórico, econômico, social, político e cultural.

Utilizada como principal fonte de alimentação da indústria da celulose no Brasil, a silvicultura é a atividade econômica que ocupa a maior abrangência dentre os tipos de uso e ocupação do solo, predominantemente situada nos setores oeste, sul e central, corresponde a uma área de 1636 km² e a 33,8% da bacia hidrográfica do rio Itararé (**Figura 8**). Essa atividade possibilita, aparentemente, um elevado grau de proteção aos solos por localizar-se em regiões de cobertura pedológica do Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico e o Neossolo Litólico e em áreas com declividade predominantemente entre 8 a 45% e que, consequentemente, correspondem a setores de elevada susceptibilidade natural aos processos erosivos.

Entretanto, a principal preocupação em relação ao plantio de eucalipto está no fato de que essas culturas são capazes de absorver enormes quantidades de água, podendo até mesmo ressecar rios e outras fontes hídricas existentes no entorno dessas grandes plantações. Dessa forma, os efeitos ambientais adversos do plantio de eucalipto

são os seguintes: a retirada de água do solo, tornando o balanço hídrico deficitário, com o rebaixamento do lençol freático e até o secamento de nascentes; o empobrecimento de nutrientes no solo, bem como seu ressecamento; a desertificação de amplas áreas, pelos efeitos alelopáticos sobre outras formas de vegetação e a consequente extinção da fauna (VIANA, 2004).

As pastagens localizam-se nos setores central e, principalmente, norte e ocupam uma área equivalente a 1098 km² e a 22,7% das porções da bacia hidrográfica (**Figura 8**). Destaca-se que essa atividade está predominante localizada em regiões de cobertura dos Argissolos Vermelho-Amarelos e/ou Vermelhos, que junto a sua heterogeneidade textural apresentam declividades entre 8 a 20%, fatores que juntos permitem afirmar uma significativa vulnerabilidade à erosão.

Graça, Silveira e Terassi (2014) citam que devido a pouca movimentação dos horizontes superficiais do solo, tipo de cobertura foliar mais densa e às formas entrelaçadas das raízes, as pastagens proporcionam maior estabilidade à estrutura dos solos e proteção contra o impacto direto das chuvas. No entanto, Silva Filho, Cottas e Marini (2010) ressaltam que as pastagens podem representar um problema ambiental com a pecuária intensiva ou rotativa e a consequente compactação do solo gerada pelo deslocamento dos rebanhos de animais. O solo compactado dificulta a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, podendo gerar erosões.

Foram verificadas lavouras temporárias para uma área correspondente a 1040 km² e a 21,5% da área de estudo, identificadas preponderantemente nos setores norte e central (**Figura 8**). Trata-se de setores com cobertura pedológica de Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos e/ou Vermelhos e Nitossolos Vermelhos e, principalmente, esses dois últimos tipos de solos estão em condições de declividades entre 8 a 20%, o que permite diagnosticá-los como de representativa vulnerabilidade à erosão. Especialmente, os períodos de plantio entre safras apresentam elevada vulnerabilidade ao impacto de eventos pluviométricos erosivos, uma vez que a exposição do solo e a baixa proteção de plantas ainda em desenvolvimento aumentam as probabilidades de remoção de porções de solos e a formação de ravinamentos e voçorocas.

Observam-se porções de solo exposto nos setores sudeste, norte e, majoritariamente, central da área de estudo, que somadas ocupam uma área de 598 km², equivalente a 12,4% (**Figura 8**). Com o mais baixo grau de proteção, os setores que apresentam solo exposto, junto às características predominantes de cobertura pedológica

de Argissolos Vermelho-Amarelos e/ou Vermelhos, Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos, e conjugados aos declives entre 8 a 45%, mostram o mais elevado grau de susceptibilidade à erosão. A questão mais preocupante está no fato de que porções significativas de solos expostos foram verificadas nas proximidades da nascente do curso principal e de numerosos afluentes no setor sudeste, o que demonstra um quadro alarmante de processos erosivos acentuados e o comprometimento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

A vegetação densa (mata) situa-se preeminentemente no setor central da bacia hidrográfica, abrangendo uma área de 445 km² e a 9,1% do total de porções da bacia hidrográfica (**Figura 8**). Ainda que tenha uma abrangência menor e bastante esparsa, trata-se da porção da bacia hidrográfica, que mesmo em condições de solos e declividades que favoreçam uma elevada susceptibilidade às erosões, apresenta o maior grau de proteção para a redução da perda de solo em relação à ação erosiva das chuvas.

Nota-se a baixa ocupação urbana, uma vez que foram identificados 27.6 km² (0,6%) de áreas urbanizadas e que estão situadas nos setores norte e central da bacia hidrográfica (**Figura 8**). De modo geral, os problemas ambientais decorrentes da urbanização são decorrentes da intensiva e inadequada impermeabilização do solo, da disposição e formato dos lotes e do crescimento desordenado, em cidades desprovidas de planos diretores compatíveis com as características geotécnicas de solos mais susceptíveis a erosão, como os tipos de solos e os declives predominantes na bacia hidrográfica do rio Itararé.

Brito (2012) destaca o surgimento e evolução dos processos erosivos em áreas urbanas, que ocorrem geralmente em áreas periféricas com deficiências no sistema de drenagem de águas pluviais, implantação inadequada de arruamento perpendicular às curvas de nível com ausência de pavimentação, ocupação de áreas impróprias, lançamento de galeria pluvial à meia encosta ou em cabeceira de drenagem. Francisco, Nunes e Tommaselli (2010) complementam que eventualmente, com a ocorrência de elevados volumes de pluviosidade concentrados em um intervalo de tempo incompatível com a capacidade de infiltração, o elevado escoamento superficial responde pela remoção das partículas de solo e, por conseguinte, em deslizamentos de terra em encostas altamente declivosas indevidamente habitadas.

Do ponto de vista climático, os tipos de cobertura vegetal e uso da terra e os prováveis problemas decorrentes, haja vista as características de tipos de solos e declividades predominantes, justificam os objetivos gerais e específicos delimitados

para a presente pesquisa. As características espaço-temporais da erosividade das chuvas permitem indicar os setores e os períodos de maior potencial erosivo e as medidas preditivas para a redução de perdas de solos e problemas associados. O conhecimento da disponibilidade hídrica possibilita auxiliar o gerenciamento de recursos hídricos e o planejamento das atividades agrícolas e pastoris, excepcionalmente por indicar regiões e setores com maiores probabilidades de excedente e deficiência hídrica.

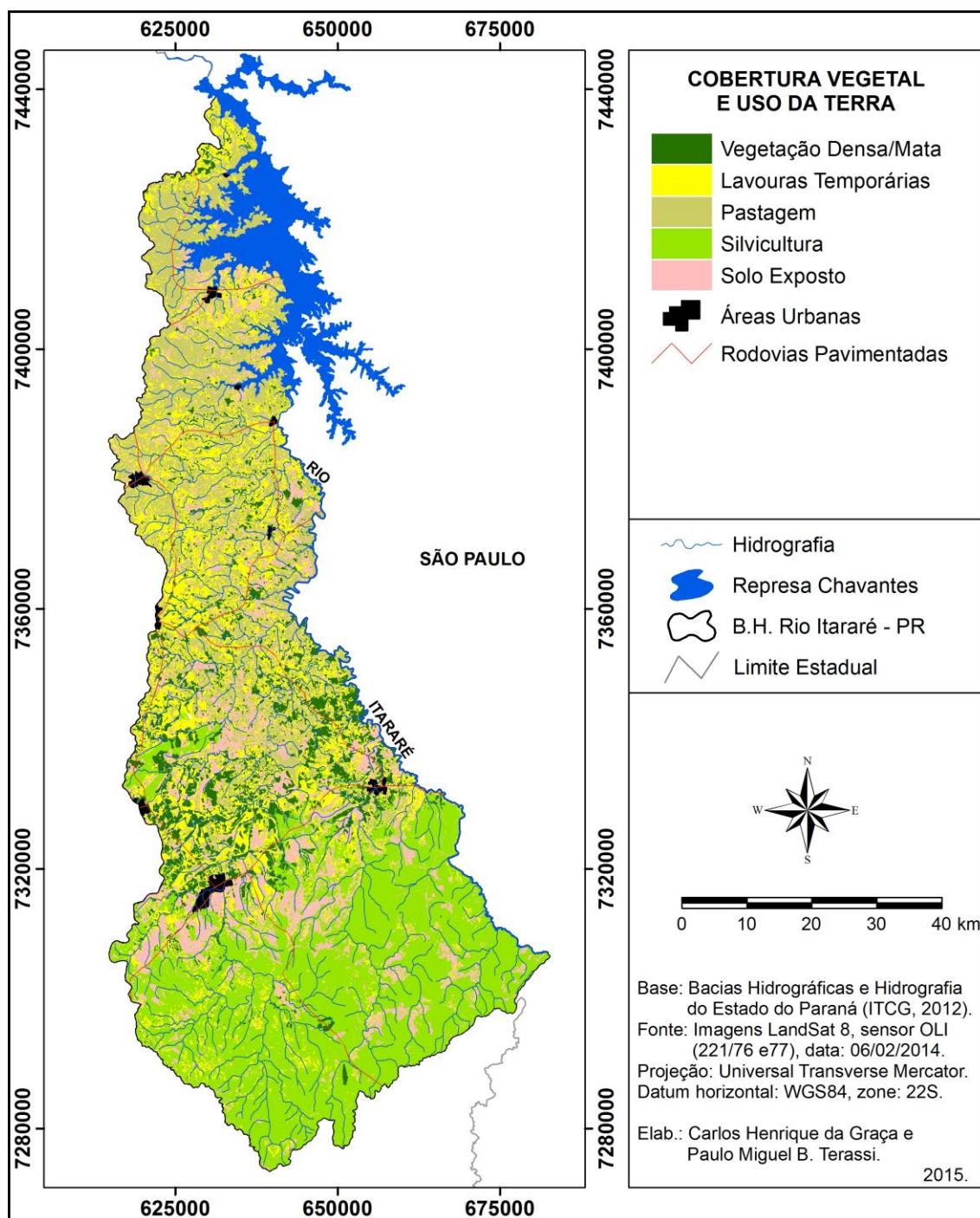


Figura 8 - Cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Notadamente, a fundamentação teórica realizada pelo presente trabalho está disposta em conformidade aos objetivos específicos mencionados. Buscou-se, portanto, um arcabouço teórico-metodológico que explicitasse o emprego das técnicas adequadas para a obtenção dos objetivos delineados para a temática. Foram pesquisados os mais relevantes e diversificados trabalhos com a finalidade de organizar, discutir e comparar os resultados posteriormente obtidos. Excepcionalmente, o primeiro item da revisão literária busca integrar as discussões a cerca dos aspectos físicos e humanos levantados anteriormente.

3.1 A dinâmica da paisagem e o recorte espacial bacia hidrográfica

A paisagem é uma das categorias de análise mais amplamente utilizada na Ciência Geográfica por possibilitar estabelecer relações entre elementos antrópicos e naturais e, conseqüentemente, indicando potencialidades e vulnerabilidades do ambiente a partir de uma visão sistêmica. O pensamento clássico de Bertrand (1972) refere-se à paisagem como uma determinada porção do espaço, resultante de uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, pode ser compreendida como um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Dessa forma, a paisagem compreende a uma área geográfica com uma morfologia composta por uma complexa inter-relação entre a litologia, solo, fauna e flora, entre outros, sob a constante ação da sociedade. Portanto, a paisagem deve ser vista como uma realidade integrada, onde elementos abióticos, bióticos e antrópicos apareçam associados de tal maneira, que os conjuntos possam ser trabalhos em um modelo de sistema (BOLÓS, 1981).

Dianov (1988) apud Amorim e Oliveira (2008) cita que o funcionamento da paisagem constitui um processo mediante o qual se exerce funções, ações e um determinado trabalho. É um processo de intercâmbio de substâncias e energia que ocorre na própria paisagem com o exterior. A autora supracitada destaca que cada paisagem tem sua dinâmica funcional, que é sustentada por mecanismos e balanços de fluxo de energia, matéria e informação específicas por uma cadeia de relações reversíveis que asseguram a integridade e coerência do sistema.

Inserida no contexto da visão sistêmica, a bacia hidrográfica compreende um recorte espacial na qual estão inseridas diferentes paisagens unidas pelo escoamento da água precipitada para um ponto comum, o curso d'água. Ross e Prette (1998) citam que as bacias hidrográficas compreendem distintas unidades da paisagem, onde os componentes naturais (relevo, solo, subsolo, clima, fauna e flora) e os componentes sociais estão atrelados a uma dinâmica cujo elemento integrador é a água.

A delimitação da bacia hidrográfica enquanto recorte espacial surge a partir da possibilidade de compreensão integrada e estrutural nos estudos ambientais. Santos (2004) explicita que o arcabouço teórico dos sistemas e o conceito de organização se adaptam aos estudos de bacias hidrográficas, uma vez que permite reconhecer que as partes de suas paisagens não são interdependentes. Esse mesmo autor complementa que a bacia hidrográfica constitui-se num todo interconectado, expresso espaço e temporalmente por padrões, arranjos morfológicos e estruturais complexos.

A concepção acima infere que a bacia hidrográfica é um sistema dinâmico, como uma unidade básica apropriada para o planejamento e gerenciamento ambiental, pois nela ocorre a integração com o meio físico, o meio biótico e o meio social. Portanto, a bacia hidrográfica é uma unidade sistêmica e caracterizada por múltiplos conceitos, seguindo a perspectiva e objetivo de cada estudo. Especificamente, esse trabalho trata-se de uma abordagem climatológica, embora não desconsidere para a sua problematização que os componentes da dinâmica ambiental da área de estudo comportam-se como um sistema.

Nesse contexto, Belizário (2014) discorre que a Climatologia Geográfica compreende uma forma de análise baseada na abordagem geossistêmica do clima, especialmente com os estudos em bacias hidrográficas, uma vez que estes permitem verificar as relações existentes entre a natureza e seus fenômenos e a sociedade e suas dinâmicas. Ainda, esse mesmo autor afirma que o clima é determinante para o planejamento do uso e gestão de bacias hidrográficas e que a compartimentação climática dessa unidade possibilita o conhecimento aprofundado da área e subsidia o planejamento em diferentes segmentos.

Contemplando esses aspectos, a presente pesquisa tem como um dos seus principais pilares a investigação de características climáticas de uma bacia hidrográfica como subsídio a gestão de recursos hídricos, fornecendo informações sobre a distribuição espacial e temporal da pluviosidade, o potencial erosivo das chuvas, a

variação térmica e sua relação com a disponibilidade hídrica e a possibilidade de uma avaliação conjunta dos atributos climáticos.

3.2 Gestão de recursos hídricos e a análise climática em bacias hidrográficas

A água é considerada um recurso econômico finito, vulnerável e essencial para a conservação da vida e do meio ambiente. É igualmente tida como um recurso ambiental, pois a alteração adversa desse recurso pode contribuir para a degradação da qualidade ambiental, que afeta a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a fauna e a flora. A gestão de recursos hídricos, através do recorte da bacia hidrográfica, tem papel fundamental na gestão ambiental porque a água é um indicador que, acima de tudo, é possível reproduzir o funcionamento hidráulico e ambiental a partir de uma base técnica, com informações sobre apropriação (uso e poluição) da água e características fisiográficas da bacia e do corpo d'água em si (BORSOI; TORRES, 1997).

O artigo 1º da Lei 9433, de 08 de janeiro de 1997, define a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). A escolha pelas bacias hidrográficas é justificada por suas características essenciais, que as tornam uma unidade de estudo que permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental. Principalmente, a bacia hidrográfica é uma unidade apropriada para o gerenciamento, à utilização de usos múltiplos e o desenvolvimento sustentável, a partir da adoção do planejamento e gestão integrado, pautado no conhecimento detalhado dos aspectos físicos e sociais (TUNDISI; MATSUMARA-TUNDISI, 2011).

Em especial, as características físicas de uma bacia hidrográfica são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico, pois há uma estreita correspondência entre o regime hidrológico e os elementos físicos. A água que atinge a superfície de uma bacia hidrográfica está disposta em rios, lagos e represas, e ao longo do processo do ciclo hidrológico, pode evaporar para a atmosfera ou infiltrar-se e percolar-se no solo. O ciclo hidrológico como um todo e, principalmente, o conhecimento das características físicas, geológicas e topográficas, e climáticas, variáveis que controlam diretamente as condições hidrológicas, são de grande utilidade prática (MAKSOUD, 1964).

O ciclo hidrológico pode ser definido como um fenômeno de circulação de água entre a atmosfera e a superfície terrestre. No nível local é compreendido como um sistema aberto, pois o volume precipitado em determinada região pode atingir diversas outras áreas, diferentes daquela onde ocorreu efetivamente a precipitação, principalmente pela contribuição dos oceanos para a taxa de evaporação do ciclo hidrológico. Destaca-se que o ciclo hidrológico apresenta os seguintes componentes: evaporação/evapotranspiração, interceptação, infiltração e o escoamento superficial (BOTELHO; SILVA, 2004).

Na perspectiva do ciclo hidrológico, Correa (2013) compreende a bacia hidrográfica como um subsistema terrestre que abriga em seus vários níveis particularidades que são dinamizadas pela entrada da água. Desta forma, a água perpassa por todas as escalas do sistema, a partir da relação da superfície com a atmosfera, que por sua vez tem sua própria dinâmica e interage constantemente com outros sistemas terrestres, seja pela troca de energia ou matéria.

Bertoni e Tucci (1997) descrevem a bacia hidrográfica como uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída e que se compõe de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório. Pode-se, por conseguinte, ser então considerada um ente sistêmico, onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos.

Em particular, os elementos climáticos mais importantes são a precipitação, principal “input” do balanço hidrológico de uma região, sua distribuição e modos de ocorrência, e a evaporação, responsável direta pela redução do escoamento superficial, por retirar das superfícies líquidas grande quantidade de água, incorporando-a na atmosfera. Outros elementos climáticos importantes são a temperatura, umidade e o vento, principalmente pela influência que exercem sobre a precipitação e a evaporação (VILELA; MATOS, 1975).

Santos e Araújo (2013) colocam que dentre os componentes físicos o clima é de fundamental importância na análise ambiental de uma bacia hidrográfica, que além de influenciar os demais elementos ambientais, regula o processo de entrada e saída de energia nesta unidade de estudo. Considerando o clima e seu relevante desempenho como insumo de energia no ambiente das bacias hidrográficas e a sua interação com os

demais componentes da dinâmica ambiental, neste item, especialmente, estão selecionadas pesquisas que se utilizaram do recorte da bacia hidrográfica para a aplicação das diferentes técnicas da análise climatológica.

Pereira et al. (2003) ressaltaram a importância da bacia hidrográfica do rio São Francisco para a sustentabilidade e desenvolvimento de 503 municípios da região Nordeste e do Norte de Minas Gerais, sobretudo porque seu curso principal corta o Polígono das Secas, porção de clima semiárido. Caracterizaram a pluviosidade média anual a partir da compartimentação da bacia hidrográfica nos seguintes setores: o alto São Francisco com médias anuais entre 1000 mm a 1750 mm; o médio São Francisco de pluviosidade média anual entre 550 mm a 1750 mm; o submédio São Francisco, a porção mais característica do semiárido nordestino, com médias anuais entre 550 mm a 400 mm; e, por fim, o baixo São Francisco, que apresenta um acréscimo da pluviosidade média anual, entre 400 mm a 1300 mm, devido à influência marítima.

Zanella (2014) ressalta que o semiárido do Nordeste brasileiro é caracterizado por uma associação de baixas precipitações, com uma distribuição irregular em seu regime intranual e interanual, com elevadas temperaturas e taxas de evapotranspiração, elevado déficit hídrico, delgado manto intempérico e vegetação esparsa, que interferem diretamente na quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos das bacias hidrográficas desta região. Destaca que a falta de disponibilidade das águas tem interferido diretamente nas políticas de gestão de recursos hídricos, com a procura de práticas alternativas como a construção de açudes, perfuração de poços artesianos, a implantação de barragens subterrâneas, para minimizar os efeitos das secas no semiárido nordestino.

Silva, Sousa e Kayano (2010) destacaram a irregularidade pluviométrica interanual na bacia hidrográfica do rio Mandaú, situada nos estados de Alagoas e Pernambuco, e a relevância dos estudos acerca das características climáticas em áreas de interesse socioeconômico e ambiental, sobretudo em bacias hidrográficas em regiões de clima semiárido. Concluíram que a bacia hidrográfica apresenta diferentes características do período mais chuvoso, que se estende de abril a julho no Médio Mandaú e Baixo Mandaú, enquanto no Alto Mandaú o período chuvoso estende-se de março a julho.

Kelting (2009) identificou a distribuição espaço-temporal da pluviosidade e a sua influência para a formação das paisagens na bacia hidrográfica do Litoral do estado do Ceará. Identificou que alguns setores apresentam pluviosidade média anual inferior a

500 mm e um coeficiente de variação superior a 50%, o que indica a ocorrência de baixas alturas pluviométricas e uma significativa variabilidade interanual. Observou os diferentes padrões regionais de distribuição da pluviosidade e sua relação com as características de relevo e circulação atmosférica. Ressaltou o despreparo da população para enfrentar a escassez hídrica e a necessidade das políticas públicas de gestão dos recursos hídricos.

Berezuk e Garcia (2011) afirmam que a compreensão do ritmo climático de uma bacia hidrográfica serve para proteger e mitigar os impactos negativos que refletem sobre setores vinculados à agricultura e ao saneamento básico. Suas análises revelaram que ocorre uma tendência de sazonalização da pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pardo (MS), com um aumento no volume de chuvas no período de dezembro a fevereiro e uma redução para os meses de outono e primavera.

Zandonadi (2013) estudou as características rítmicas das chuvas na bacia hidrográfica do rio Paraná. Avaliou que para os três anos-padrões escolhidos o período de estiagem que ocorre no meio do ano esteve associado à atuação mais intensa da Massa Tropical Atlântica, que repercute em tempo seco e estável. Discorre que durante o verão a incursão da Massa Equatorial Continental e a Zona de Convergência do Atlântico Sul, esta última associada a Frente Polar Atlântica, provocam chuvas intensas que duram dias consecutivos.

Chierice e Landim (2014) analisaram a variabilidade espacial e temporal pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu (SP) e justificaram que a escolha por esta unidade de análise se atribui a facilidade de análise, pois todos os processos geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, climatológicos, ocorrem dentro deste limite natural. Avaliaram a variabilidade pluviométrica a partir da utilização da técnica de anos-padrão de Sturges (1926), definiram três anos típicos (habitual, seco e chuvoso), e verificaram que em todos os anos selecionados o fator orográfico foi determinante para a ocorrência de volumes mais elevados de pluviosidade anual.

Com uma proposta de regionalização das chuvas a partir da distinção do ponto de vista altimétrico, geomorfológico e hidrológico, Fontão e Zavattini (2014) estudaram a variabilidade espacial e temporal da bacia hidrográfica do rio do Pardo. Identificaram que os setores mais elevados, próximos a Serra da Mantiqueira, apresenta uma pluviosidade média superior a 1600 mm, ao passo que a pluviosidade reduz-se no sentido jusante, com média anual inferior a 1400 mm. Destacaram que o ano de 1983 foi o mais chuvoso, com um predomínio de pluviosidade média anual superior a 2000

mm, e que o ano de 1968 foi o mais seco, com médias pluviométricas anuais próximas a 900 mm.

Nery et al. (2006) observaram que a bacia hidrográfica do rio Uruguai, localizada nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, apresenta uma pluviosidade média anual que varia de 1300 mm à jusante e 1700 mm à montante, com um acréscimo significativo (1900 mm) na porção central. A variabilidade interanual da pluviosidade apresenta uma elevada correlação com a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña. Com uma característica predominante da região Sul do Brasil, o comportamento da pluviosidade média mensal demonstra um regime de boa distribuição ao longo do ano, sem uma diferença significativa entre o período úmido e o período seco.

Carmello (2013) analisou a variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense do rio Paranapanema. Foi eleito o ano agrícola de 2009/2010, avaliado como extremo chuvoso e que apresentou a maior produtividade observada para os 11 anos escolhidos, com uma pluviosidade máxima de 1776,4 mm. A análise do regime pluviométrico é, portanto, de suma importância para o planejamento das atividades agrícolas, sendo que os resultados e análises a serem apresentadas, além da gestão de recursos hídricos, podem ser úteis a este segmento das atividades econômicas.

Azevedo (2006) estudou as características pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Iguaçu (PR). Ao contrário do que ocorre na maioria das bacias hidrográficas, identificou-se que a porção situada à montante não apresenta as maiores médias de pluviosidade e que, inversamente, trata-se do setor da bacia hidrográfica com as menores médias pluviométricas anuais, inferiores a 1500 mm. Devido às condições excepcionais de características do relevo, a porção central apresenta as maiores cotas altimétricas e as maiores médias anuais de pluviosidade, superiores a 2000 mm, com uma gradativa redução no sentido jusante, inferiores a 1600 mm. Os resultados demonstraram uma elevada correlação entre os eventos de El Niño e La Niña são significativos para as anomalias de pluviosidade.

As mesmas características de distribuição espacial da pluviosidade foram obtidas anteriormente por Mendonça e Danni-Oliveira (2002), com médias pluviométricas anuais próximas a 1550 mm na direção montante e um acréscimo significativo na porção central da bacia hidrográfica, com médias pluviométricas próximas a 1700 mm, sendo que estas duas porções apresentam uma regular distribuição ao longo do ano. A

porção situada à jusante apresenta média de pluviosidade anual de 1600 mm e que, ao contrário da porção Sul e Central da bacia hidrográfica, tem como principal característica a concentração de chuvas nos meses de primavera e verão e uma redução significativa no outono e inverno.

Baldo (2006) analisou a dinâmica atmosférica e a variabilidade pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí (PR) a partir da metodologia da Análise Rítmica proposta por Monteiro (1971). Dentre seus principais resultados, ressalta-se a ocorrência de condição sinótica mais propícia à formação de chuvas que é a alternância de sistemas frontais e tropicais, que contribuem para uma distribuição espacial mais homogênea e de totais mais elevados de pluviosidade. A caracterização obtida foi semelhante à realizada por Andrade e Nery (2003), que identificaram uma pluviosidade média anual superior a 1850 mm nas porções mais elevadas, ao passo que, gradativamente, ocorre uma redução das médias pluviométricas no setor à jusante, com médias inferiores a 1300 mm.

Correa (2013) apresentou a distribuição espacial e a variabilidade temporal da pluviosidade da bacia hidrográfica do rio Piquiri (PR). A área de estudo apresentou uma média pluviométrica anual que variou entre 1400 a 2000 mm, com valores mais elevados nas áreas de maiores cotas altimétricas, com um aumento de pluviosidade de 31% para o ano padrão chuvoso (1983) e uma redução de 33,8% para o ano seco (1978).

Ribeiro (1987) realizou os primeiros estudos climáticos na bacia hidrográfica do rio Pirapó, região norte-noroeste do estado do Paraná. Esta área de estudo apresenta como características verões chuvosos e invernos quase sempre úmidos, com um ou dois meses secos, com maiores alturas pluviométricas no setor mais elevado e uma redução gradativa em direção à sua foz. Na bacia hidrográfica do rio Pirapó as médias térmicas são mais elevados nos meses de verão e nos setores de menores altitudes, enquanto nos meses de inverno e nas porções mais elevadas as médias térmicas são menores, com maiores riscos à ocorrência de geadas.

Baldo, Dziubate e Galiani (2012) estudaram temporal e espacialmente a pluviosidade da bacia hidrográfica do rio Pirapó (PR) e definiram que a bacia hidrográfica apresenta uma pluviosidade média anual de 1500 mm, com valores mais elevados no sentido a montante, superiores a 1600 mm, e menores à jusante, inferiores a 1300 mm. Destacaram que janeiro, fevereiro e dezembro são os meses de maiores médias pluviométricas, com uma redução significativa nos meses de junho, julho e agosto.

A importância dos estudos climáticos para a gestão dos recursos hídricos é o principal argumento que sustenta a presente pesquisa. Com tal justificativa, foram selecionados e consultados trabalhos sobre a análise climática em bacias hidrográficas a partir do objetivo da escolha metodológica e da avaliação dos resultados obtidos. Sobretudo, a fundamentação teórica esclareceu sobre as características próprias das bacias hidrográficas, enfatizando a relação do funcionamento e estrutura desta unidade de análise com o insumo de energia proveniente do clima. A revisão bibliográfica sobre a análise climática em bacias hidrográficas considerou também a relevância do ritmo climático (dinâmica atmosférica) e a sua interação com os demais fatores climáticos.

Nos itens seguintes está discorrido o suporte teórico ajustado aos objetivos específicos e que definiram os procedimentos metodológicos. Cada um deles apresentam diferentes problemáticas e justificativas, que traduzem a abrangência e diversidade de aspectos considerados como significativos para a investigação climática.

3.3 A erosividade das chuvas: o problema da erosão e o cálculo do fator R

A erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e a distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento e a forma das encostas, as propriedades químicas dos solos, o tipo de cobertura vegetal, e também à ação humana, com o uso e manejo da terra que, na maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos. O recorte espacial deste estudo apresenta um conjunto de variáveis que permitem indicar diferentes setores com vulnerabilidade aos eventos erosivos, sejam eles de origem natural ou antrópica. Excepcionalmente, a presente pesquisa investiga a variação espacial e temporal do potencial erosivo das chuvas, uma das variáveis de maior representatividade para os estudos a cerca dos riscos à erosão dos solos.

Representada pelo fator R da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), a erosividade das chuvas consiste no potencial da chuva em causar erosão hídrica e é representada pelo produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. Este fator é empregado nos cálculos da EUPS juntamente com a erodibilidade (K), fator que conjuga os tipos de solo com o declive do terreno, o comprimento da encosta (L), o uso e manejo do solo (C) e as práticas conservacionistas (P) (WISCHMEIER; SMITH, 1978). A erosividade das chuvas é um componente do

modelo EUPS, que possibilita estimar as perdas de solo e que é potencialmente uma informação importante para o manejo de bacias hidrográficas.

A erosão é causada por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal. A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos, sendo que o volume e a velocidade das enxurradas dependem da intensidade, duração e frequência da chuva. A intensidade é o fator pluviométrico mais importante para a formação de uma erosão e quanto maior a intensidade de uma chuva, maior a perda de solo por erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

Basicamente, conceitua-se a erosividade das chuvas como o potencial de uma chuva como a capacidade da chuva em causar erosão do solo, atribuída a proporção e a distribuição dos pingos d'água, segundo a carga de energia da chuva. Lal (1988) apud. Vitte e Mello (2012) discorre que a erosividade de uma chuva é atribuída à sua energia cinética ou momentum, parâmetros facilmente relacionados à intensidade da chuva ou à sua quantidade total. Guerra (2010) descreve o momentum como efeito splash, também conhecido como salpicamento, o qual se trata do estágio inicial do processo erosivo e que varia em conformidade a resistência dos solos (erodibilidade).

Existem medições diretas de erosividade, que envolvem o monitoramento da carga de energia e o efeito splash simultaneamente. No entanto, para regiões de maiores extensões, o cálculo direto torna-se inviável e, haja vista a abrangência, recorre-se a equações que estimam a energia cinética e o potencial erosivo das chuvas a partir de pluviômetros e pluviógrafos. O emprego dos índices de erosividade permite avaliar a energia cinética da chuva a partir de equações ajustadas às características do regime pluviométrico e aos dados de pluviômetros de estações meteorológicas representativas, principalmente a partir de regressões lineares.

Como justificativa, destaca-se que as perdas de solo, responsáveis por danos irreversíveis ao solo e redução nos rendimentos das culturas, e danos em infraestruturas e obras de engenharia hidráulica ocorrem frequentemente por chuvas erosivas. Eficientes dimensionamentos de obras hidráulicas e conservacionistas podem ser realizados quando há o detalhamento de aspectos de risco e a frequência das chuvas mais erosivas. Logo, o conhecimento das características das chuvas erosivas permite a planificação mais segura de estruturas de conservação do solo e de práticas agrícolas

que visem à conservação do solo por meio de manutenção de sua cobertura, assim como a construção de barragens e canais escoadouros, e de estruturas hidráulicas de fluxo para águas pluviais (ELTZ et al., 2013).

A erosão dos solos, causada pela água das chuvas, através da energia cinética do impacto das gotas sobre a superfície do solo e do escoamento superficial é, portanto, um dos agentes erosivos mais atuantes nas perdas anuais de solo. Com esta ideia, a determinação dos valores de erosividade permite identificar os períodos nos quais os riscos de erosão são mais elevados, altamente relevantes para o planejamento de uso da terra. Contudo, a erosividade apresenta uma variação espacial igualmente relevante e seu conhecimento é fundamental.

Ressalta-se, essencialmente, que a presente pesquisa pauta-se de uma fundamentação teórica que selecionou os trabalhos mais relevantes em diferentes regiões do mundo e, principalmente, regiões brasileiras, além de destacar os aspectos espaciais e temporais da distribuição da erosividade das chuvas. A descrição dos seguintes estudos demonstrará que a erosividade das chuvas é uma problemática excepcionalmente das regiões de clima equatorial, tropical e subtropical, de elevada pluviosidade, ao passo que as regiões de clima árido, temperado ou frio apresentam uma redução do potencial erosivo das chuvas.

Os estudos de Meusburger et al. (2012) indicaram a distribuição espacial da erosividade das chuvas para a Suíça, que obteve uma média de $1330 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com a obtenção de $124 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ nas regiões mais montanhosas e $5611 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para a porção sul com divisa para a Itália. Evidenciou-se uma tendência de crescimento do aumento do potencial erosivo para os meses de maio, setembro e outubro, quando a escassez da cobertura de vegetal reforça o risco de erosão dos solos para determinadas culturas agrícolas e pastos alpinos na Suíça.

Ângulo-Martínez e Beguería (2012) averiguaram a variação espacial e temporal da erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do rio Ebro, localizado na região nordeste da Espanha. Descreveram que a bacia hidrográfica distingue-se em três setores de comportamentos distintos do regime de chuvas e erosividade: o setor noroeste, com os maiores valores mensais de pluviosidade e com o pico de erosividade durante as tempestades do fim da primavera, com erosividade entre 1300 a $1600 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$; o setor central obteve uma erosividade média anual entre 300 a $500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com valores mais elevados em maio, junho, agosto e setembro, com um clima próximo ao semi-árido; o setor norte e sudeste caracterizam-se pelo regime de

chuvas típicas do clima mediterrâneo, com máximas de primavera e outono, e pela maior erosividade média anual da área de estudo, superior a $1900 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

Zhang, Nearing e Liu (2005) estudaram o potencial erosivo das chuvas para a bacia hidrográfica do rio Amarelo, importante por ter em seus vales terras férteis altamente agricultadas e ter sido uma das regiões em que a milenar civilização chinesa se desenvolveu. Subdividiram a bacia hidrográfica do rio Amarelo em seis regiões climatologicamente distintas e observaram uma variação da erosividade das chuvas entre 3987 a $16441 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com uma tendência de concentração superior a 70% durante o período que vai de junho a outubro. Os diferentes cenários futuros indicaram que o aumento precipitação pode ter efeito no agravamento da erosão e, como medida preditiva, sugeriram o aumento do reflorestamento para a minimização dos impactos do aumento da erosividade das chuvas e, conseqüentemente, a conservação da qualidade dos solos e da água.

Salako (2006) destaca que a erosão dos solos pela água é uma das principais causas da degradação dos solos nos trópicos, o que requer a avaliação de fatores como a erosividade. Utilizando-se de dois postos pluviométricos característicos, um da região sub-úmida de Savana e outro de uma localidade na Floresta Equatorial, respectivamente em Ibadan e Pourt Hacourt, estudou o potencial erosivo das chuvas para estas duas regiões da Nigéria. Determinou-se uma erosividade média anual de $17988 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Pourt-Hacourt e de $11107 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Ibadan. O autor supracitado observou que os valores de erosividade das chuvas para Ibadan esteve relacionado com uma maior concentração de chuvas intensas enquanto em Pourt Hacourt atribuiu-se a obtenção deste potencial erosivo ao grande e regular volume anual da pluviosidade.

Ufoegbune et al. (2011) estabeleceram o padrão de distribuição das isoerodentes para a bacia hidrográfica do rio Ogun na Nigéria e observaram valores entre $19583 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ a $5756 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Ressaltaram que os dados apresentados são necessários para a prevenção e controle da degradação do solo, bem como no planejamento e desenvolvimento de bacias hidrográficas em regiões tropicais, onde o regime pluviométrico concentrado compreende em um fator determinante para as maiores perdas de solo e, conseqüentemente, para a aceleração de processos erosivos que determinam a menor disponibilidade dos recursos hídricos.

Silva (2004) investigou a distribuição da erosividade anual e mensal para o Brasil com a utilização de 1600 estações meteorológicas. Os valores da erosividade

média anual variaram entre 20035 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ a 3116 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com os maiores valores no setor extremo Noroeste da região Norte e menores valores na porção semiárida do Nordeste. Os maiores valores do índice de erosividade foram obtidos em janeiro e dezembro, com uma redução significativa entre junho e setembro, em consonância com as características de distribuição da pluviosidade do Brasil Tropical.

No entanto, o autor supracitado destaca que o Brasil Meridional apresenta as menores oscilações mensais da erosividade, sendo a exceção o oeste do estado do Paraná, que apresenta uma elevação dos valores médios para o mês de outubro, no início da estação chuvosa. A característica de menores variações mensais da erosividade das chuvas para a região Sul brasileira está em conformidade com o regime pluviométrico de melhor distribuição e maior regularidade ao longo da marcha anual, conforme cita Nimer (1989).

A revisão bibliográfica realizada por Oliveira, Wendland e Nearing (2012) identificou que as pesquisas publicadas até então para o Brasil mostraram um potencial da erosividade média anual que variou entre 22452 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ a 1672 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com os maiores valores na região Norte, especificamente no estado do Amazonas e Pará, e menores valores na porção central da região Nordeste, com resultados próximos aos obtidos por Silva (2004). A interpolação dos resultados indicou que a região Sul do Brasil apresenta uma erosividade média anual nos intervalos entre 6000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ a 8000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

Albuquerque (2013) apontou que a bacia hidrográfica do rio Apeú, Nordeste do Pará, apresenta um potencial médio anual da erosividade das chuvas de 220001 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com uma variação de valores entre 17299 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ a 31452 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Detectou-se que o período de janeiro a abril é o que apresenta os maiores valores de erosividade das chuvas, com valores médios mensais acima dos 2000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹, enquanto que o período que vai de agosto a novembro apresenta valores inferiores a 1000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹.

Almeida (2009) avaliou o índice de erosividade das chuvas e sua distribuição temporal para 10 estações pluviográficas e 102 postos pluviométricos localizados no Mato Grosso. Identificou-se um potencial erosivo superior a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ na porção norte, na Amazônia Mato-Grossense, que apresenta uma pluviosidade média anual inferior a 2000 mm, ao passo que as porções sudeste e sudoeste do estado apresentaram os menores valores do índice de erosividade, inferiores a 12000

$\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, o que se justifica pela pluviosidade média anual próxima a 1000 mm. O período com os maiores potenciais erosivos vai de outubro a março, com uma erosividade média mensal superior a $2000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ nos meses de janeiro e fevereiro para a região norte do estado.

O cálculo do potencial erosivo das chuvas para o Mato Grosso do Sul foi realizado por Oliveira et al. (2012) a partir da utilização de dados de 3 estações pluviográficas e 109 postos pluviométricos. Com a determinação de regiões isoerosivas, indicaram que o estado apresenta uma elevada variação espacial do índice médio anual da erosividade das chuvas, com valores máximos superiores a $12000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ no setor nordeste e valores mínimos inferiores a $7000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ na porção oeste. Ressaltaram que os maiores valores de erosividade não estão necessariamente ligados aos maiores valores de pluviosidade, obtendo uma maior relação com as características de concentração de chuvas em determinadas épocas do ano devido às características climáticas regionais.

Cabral et al. (2007) determinaram o índice de erosividade das chuvas e sua espacialização para as bacias de contribuição do reservatório da hidroelétrica Cachoeira Dourada, localizada entre os estados de Goiás e Minas Gerais. Observou-se uma variação espacial entre $7100 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ a $8700 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com uma elevada concentração do potencial erosivo anual durante o período de novembro a março, meses em que o índice médio de erosividade foram superiores a $1000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$, e uma redução significativa nos meses de junho a agosto, com valores inferiores a $20 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$.

Os estudos de Mello et al. (2007) revelaram que o estado de Minas Gerais apresenta uma elevada variação espacial da erosividade das chuvas, condição determinada pela influência orográfica e as características climáticas regionais. O estado de Minas Gerais pôde ser dividido em três zonas, com erosividade anual variando de 5.000 a $12.000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com menores valores nas regiões central, nordeste e parte da Zona da Mata e com maiores valores na maior parte do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, noroeste e leste. Quanto à distribuição mensal, observou-se que para todas as regiões os maiores valores de erosividade média mensal ocorre em dezembro e janeiro.

Mello et al. (2012) verificaram que o Espírito Santo apresenta três padrões de distribuição das linhas de erosividade média anual: a região do Vale do Rio Doce, com os maior potencial erosivo, apresenta valores entre $7000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ a 11460

MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹; a região de Serras que apresenta uma erosividade média anual entre 4141 a MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ a 8287 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹; e a região Norte do estado, com um índice de erosividade que varia de 4142 a 6258 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. No entanto, os padrões de pluviosidade não estiveram relacionados com os totais anuais de pluviosidade, uma vez que os maiores valores de isoerodentes para a região do Vale do Rio Doce está estreitamente ligado à ocorrência de elevados valores de pluviosidade em períodos concentrados, sobretudo nos meses de verão.

Gonçalves et al. (2005) estimaram a partir dos dados de 14 pluviógrafos a distribuição espacial da erosividade das chuvas para o estado do Rio de Janeiro. Identificaram que há valores máximos acima dos 16000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ nas porções mais elevadas e de maiores alturas pluviométricas médias anuais, ao passo que as porções de menores cotas altimétricas e menores médias pluviométricas anuais apresentaram índices de erosividade inferiores a 5000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Em relação à distribuição das chuvas erosivas e o volume total precipitado, verificaram que ocorre uma média anual de 45 dias de chuvas erosivas e que estas representam aproximadamente 80% do total pluviométrico médio anual para as localidades analisadas.

Sant'Anna Neto (1995) calculou o índice de erosividade das chuvas para o estado de São Paulo. As porções com o menor potencial erosivo do estado foram o Extremo Oeste Paulista, o alto Vale do Paranapanema, o alto e médio Vale do Ribeira e o Vale do Paraíba do Sul, que apresentaram índices entre 5000 a 6500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. As regiões com as maiores cotas altimétricas com as Serras do Mar, Paranapiacaba e Mantiqueira, as Cuestas basálticas de Franca, São Carlos, Botucatu e dos Agudos, além da Zona Costeira, são as que se verificaram os maiores potenciais erosivos, com índices superiores a 8000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

Os estudos de Santos (2008) investigaram a distribuição espacial anual das isoerodentes para o estado do Rio Grande do Sul sob diferentes cenários: indiscriminado (série histórica), El Niño, La Niña e neutro. Dentre os resultados mais expressivos, verificou-se que com a influência do El Niño o índice de erosividade das chuvas atinge até 13000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, na porção Noroeste do estado, região que apresenta os maiores valores do potencial erosivo para todos os cenários. Inversamente, os resultados mostraram que com a atuação da La Niña as isoerodentes estiveram próximas ao valor encontrado para a série histórica, entre 3000 a 10000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com um significativo decréscimo na porção Litorânea e Sul. Quanto à

distribuição sazonal, observou-se que o verão apresenta o maior potencial de erosividade devido às características de chuvas de maior intensidade.

Utilizando-se como parâmetro a simplificação do método de Wischmeier (1959) realizada por Wilkinson (1975) para a Nigéria, Castro Filho, Cataneo e Biscaia (1982) calcularam pela primeira vez o potencial erosivo das chuvas para cinco localidades do estado do Paraná e obtiveram elevadas correlações entre a energia cinética calculada pelos dois métodos. Esta condição validou a aplicação do método simplificado de Wilkinson (1975) para as cinco regiões estudadas.

A segunda avaliação do potencial erosivo das chuvas para o estado do Paraná foi realizada por Rufino (1982) com a utilização da equação de Wilkinson (1975) a partir da utilização de dados de pluviosidade de 32 localidades. Identificaram que os valores médios do índice de erosividade das chuvas do Paraná oscilaram de 5000 a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, variação espacial que foi aproximada a encontrada por Bertoni e Lombardi (1985) para o estado de São Paulo.

O potencial erosivo das chuvas no estado do Paraná foi aperfeiçoado por Rufino, Biscaia e Merten (1993), que utilizaram os dados de pluviógrafos de 31 Estações Meteorológicas e 144 postos pluviométricos. Determinou-se que o Paraná apresenta oito regiões isoerosivas ajustadas a densidade do fluxo de energia calculado conforme Fournier (1956). Verificou-se que no estado há uma amplitude espacial do índice de erosividade anual das chuvas, que vai de 5500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, na porção leste, para 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, na porção oeste.

O quarto cálculo do potencial erosivo das chuvas no estado do Paraná foi realizado por Waltrick (2010), Waltrick et al. (2012) e Waltrick et al. (2015). Os valores médios anuais do índice de erosividade das chuvas, seguindo o método de Castro Filho, Cataneo e Biscaia (1982), foram semelhantes aos obtidos por Rufino, Biscaia e Merten (1993), com valores superiores a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ na porção sudoeste e inferiores a 6000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ na porção leste. Determinou-se que os mais elevados índices de erosividade ocorrem em maio e outubro para o setor oeste, ao passo que predomina nas demais regiões do estado um potencial mais elevado de erosividade das chuvas no mês de janeiro.

Amaral (2012) avaliou a relação entre a pluviosidade e a erosividade das chuvas para a bacia hidrográfica do rio Jordão, localizada na região Centro-Sul paranaense, utilizando a equação proposta por Rufino, Biscaia e Merten (1993). Verificou a partir da definição de anos-padrão a variabilidade espacial das isoerodentes e identificou que:

para o ano extremo chuvoso (1998) predominou os índices de erosividade superiores a $11000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com o máximo destes índices nos meses de inverno e outono; para o ano habitual (2005) verificou-se o predomínio das isoerodentes superiores a $9000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com os maiores valores de erosividade das chuvas nos meses da primavera; para o ano extremo seco (2006) identificou-se que a bacia hidrográfica apresentou um padrão de isoerodentes inferiores a $8000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com o mínimo de erosividade nos meses de outono e inverno. O autor destaca que o mês de outubro é o que apresenta os maiores valores de erosividade, o que é concordante com o apresentado por Waltrick et al. (2015) para a região Centro-Sul do estado do Paraná.

Os estudos de Terassi, Silveira e Graça (2014) apontaram que a bacia hidrográfica do rio Pirapó (PR) apresenta uma concentração de pluviometria e do potencial erosivo para o período que vai de outubro a março, período coincidente com a primavera e verão. Esses autores destacaram o papel desempenhado pela orografia para a ocorrência de maior potencial erosivo nos setores mais elevados da área de estudo, com uma média anual superior a $8000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, enquanto as porções de menor altimetria obtiveram valores inferiores a $6800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

A revisão literária sobre a erosividade das chuvas indicou a relevância do seu conhecimento para o manejo adequado e a aplicação de práticas preditivas a perda de solos, tanto para o planejamento ambiental quanto para o planejamento agrícola, visando a manutenção da qualidade do solo e da água. Foram identificadas as diferentes características de distribuição espacial e temporal do potencial erosivo das chuvas para diferentes regiões do mundo e, especialmente, para o território brasileiro, servindo como parâmetro para a organização e discussão dos resultados obtidos por esta pesquisa. Escolheu-se a equação de Rufino, Biscaia e Merten (1993) por sua eficácia na adequação ao regime pluviométrico regional e pela continuidade de sua aplicação por trabalhos posteriores.

O item seguinte, mesmo que não apresente relação direta com esta temática, discorre sobre o arcabouço teórico sobre que, posteriormente, apresentará outra associação entre a relação entre clima e os demais componentes ambientais, a disponibilidade hídrica, mensurada a partir do cálculo do balanço hídrico climatológico.

3.4 Métodos de estimativas de temperatura e o balanço hídrico climatológico

A insuficiência de estações meteorológicas com o registro dos dados de temperatura é uma das grandes problemáticas no conhecimento detalhado das características climáticas de determinada região ou localidade. Trata-se de uma deficiência que impossibilita o planejamento adequado de diversos setores da economia e que é superado com a realização das estimativas de temperatura, usualmente realizadas a partir de regressões lineares que partem de dados de estações meteorológicas geograficamente aproximadas à localidade em que se pretende conhecer e as relações entre altitude, latitude e longitude.

Medeiros et al. (2005) realizaram estimativas de temperatura mínimas, médias e máximas mensais e anuais a partir de múltiplas regressões lineares que tiveram como parâmetro 74 estações meteorológicas espalhadas pela região Nordeste do Brasil. Identificaram que na maior parte da região Nordeste brasileira as temperaturas do ar normais médias mensais variam entre 18 e 26 °C, sendo que foram menores em pequenas áreas situadas na região central do estado da Bahia, e maiores nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará e no norte do estado da Bahia.

Gomes et al. (2014) geraram modelos de regressão linear múltipla para a obtenção das estimativas de temperatura máxima, média e mínima para o estado do Rio de Janeiro. Indicaram que a altitude mostrou as melhores estimativas de temperatura média e mínima do ar, quaisquer seja a época do ano, enquanto a latitude foi determinante para estimar as temperaturas máximas. Ainda, o modelo gerado para estimar a evapotranspiração potencial mensal obteve os resultados mais satisfatórios para os meses de outubro a fevereiro, período de ocorrência das maiores médias térmicas do estado do Rio de Janeiro.

As estimativas de temperaturas médias mensais para estado de São Paulo foram realizadas por Pinto, Ortolani e Alfonsi (1972), que utilizaram como critérios básicos a altitude e a latitude para o cálculo da regressão linear em relação às 90 estações meteorológicas com o mínimo de 8 anos de observações. Analisaram que os resultados foram satisfatórios para as regiões do Planalto Paulista, com exceção da porção litorânea, e as maiores discordâncias mensais das estimativas em relação às observações das estações meteorológicas ocorrem nos meses de inverno devido aos fatores topoclimáticos locais.

Braido (2010) realizou estimativas de temperatura para a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Ponto do Paranapanema, localizado no oeste do estado de São Paulo, a partir dos dados disponibilizados pela Universidade de Delaware. Correspondem a dados disponibilizados em arquivos digitais para todo o planeta, em formato de grade regular de 0,5° de latitude por 0,5° de longitude, atualizados anualmente. O mapeamento destes dados estimados apresentou resultados satisfatórios, apresentando predominantemente valores máximos de temperatura média mensal acima dos 25°C nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, enquanto junho e julho apresentaram médias mensais inferiores abaixo de 20°C. Este mesmo autor elegeu dois anos padrões para, junto com os dados de CAD (capacidade de água disponível), realizar a análise dos setores mais vulneráveis a valores extremos de deficiência e excedente hídrico sob diferentes condições de pluviosidade e temperatura.

Pinto e Alfonsi (1974) calcularam 39 equações de regressão em função da altitude e da latitude para delimitar as isotermas para o estado do Paraná. Concluíram que os coeficientes de determinação (R^2) entre os dados estimados e os dados registrados foram bastante elevados, mostrando uma resposta satisfatória da variação espacial da temperatura em função da altitude e da latitude. Observou-se uma menor precisão entre os dados medidos e calculados nos meses de inverno, condição que os autores responsabilizaram a má localização de algumas estações meteorológicas que sofrem efeitos topoclimáticos locais.

Utilizando-se da equação de regressão linear proposta por Pinto e Alfonsi (1974), Paiva, Silveira e Baldo (2011) realizaram as estimativas de temperatura média para os municípios de São Carlos do Ivaí e Florai (PR). A aplicação do coeficiente linear de Pearson possibilitou avaliar a associação dos resultados obtidos com os dados da estação meteorológica mais próxima da área de pesquisa, em Paranaíba (PR). Descobriram que as estimativas foram satisfatórias para a avaliação da distribuição espacial da temperatura mensal correlacionada à topografia e propiciou uma análise detalhada da área de estudo.

Frequentemente as estimativas de temperatura têm sido realizadas não somente para a compreensão da variação espacial e temporal deste elemento climático. O emprego dos métodos de estimativas de temperatura é utilizado normalmente como parâmetro para estipular a disponibilidade hídrica a partir da quantificação do balanço hídrico climatológico. Este último evidencia as variações, segundo Ometto (1981), do excedente e da deficiência e excedente hídrico através das relações entre entrada e saída

de água de uma condição de controle, principalmente a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial.

Especialmente, a temperatura do ar e as precipitações são os principais elementos do clima por indicarem os níveis de energia e as disponibilidades hídricas de uma determinada região. Selecionado como base metodológica para os estudos das variações da disponibilidade hídrica para a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), o balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) é amplamente utilizado e possibilita o monitoramento da variação do armazenamento de água no solo usando as medidas de temperatura do ar e precipitação para o cálculo do volume de evapotranspiração potencial.

O balanço hídrico climatológico, desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) colocam que o balanço hídrico climatológico é realizado através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), e com os ajustes de um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD), fornecendo estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM).

A evapotranspiração potencial, amplamente utilizada no presente trabalho, compreende o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície sem restrição hídrica para atender as necessidades de evaporação do solo e da transpiração. Deste modo, representa a necessidade de chuva necessária para atender às carências de água da vegetação (CAMARGO; CAMARGO, 2000). Por sua vez, a evapotranspiração real compreende um caso especial de evapotranspiração, não se constituindo em um elemento meteorológico, mas em um parâmetro mensurado quando ocorre a falta de água no solo.

Os autores acima referidos discorrem que a evapotranspiração potencial também pode ser compreendida como o processo de transferência de água do solo para a atmosfera e que requer o suprimento de energia da radiação solar, esta última mais elevada no verão, quando os dias são mais longos. Consequentemente, a energia da radiação solar e a evapotranspiração potencial é mais elevada nos trópicos, onde a incidência solar ocorre com maior frequência ao longo do ano, ao passo de nas regiões

temperadas, devido à inclinação terrestre, os níveis de radiação solar e a evapotranspiração potencial são menores.

A pluviosidade e a evapotranspiração potencial são elementos meteorológicos contrários, que quando relacionados em um processo contábil, o balanço hídrico, fornecem dados acerca de deficiência e excedente hídrico. Os resultados oriundos de um balanço hídrico podem ser úteis no zoneamento agroclimático de uma região, cálculo da demanda potencial de água das culturas irrigadas, na definição de prioridades no planejamento de pesquisas e no conhecimento do regime hídrico. Principalmente, as características da tropicalidade do território brasileiro determina o regime hídrico como o principal fator condicionante das atividades econômicas, em especial a agricultura e industrial, a produção de energia elétrica e a dessedentação animal e humana.

Fabres (2009) esclarece que o balanço hídrico permite contabilizar as entradas, as saídas e o saldo de água num dado volume de solo, o qual representa uma disponibilidade de água às plantas e suporta a produção de carboidrato na presença de luz (fotossíntese). Destaca que em termos ambientais, essa disponibilidade define as espécies que predominam numa dada região, enquanto em termos agrícolas, permite a definição da produtividade atingível. Portanto, o detalhamento das condições da disponibilidade hídrica permite estabelecer eficiência para o planejamento ambiental e planejamento agrícola.

O conhecimento da distribuição espacial e temporal da disponibilidade hídrica permite estabelecer as diretrizes para a implantação de política de gestão deste recurso. Tendo em conta esta justificativa, o presente trabalho optou por selecionar uma revisão literária de diversos autores que realizaram estimativas de temperatura a partir de diferentes metodologias e, para corroborar a ampla utilização do Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) para os estudos das características hídricas e as aplicações para a definição de zoneamentos agroclimáticos e hidrológicos, dimensionamento de reservatório e drenagem, entre outros. Reichardt (1985) ressalta a importância do conhecimento do balanço hídrico para a utilização das técnicas possíveis e necessárias para evitar o deflúvio superficial, seja pelo sistema de cultivo empregado, plantio de nível, construção de terraços, por exemplo, pois além de representar perda de água este elemento acelera o processo de erosão do solo.

Correa (2013) realizou as estimativas de temperatura média anual a partir da aplicação da regressão linear de Pinto e Alfonsi (1974) na bacia hidrográfica do rio Piquiri (PR) para a possibilidade de realização do balanço hídrico climatológico.

Identificou que as médias térmicas mensais seguem conforme as características do relevo, com valores mais elevados nos setores de menores cotas altimétricas e uma redução gradativa nas porções mais elevadas. Conseqüentemente, tendo em conta as características da pluviosidade mencionadas anteriormente e as condições térmicas, verificou-se que ocorrem valores mais elevados de excedentes hídricos para a porção sul, de maiores elevações do relevo, e que as maiores probabilidades de ocorrência de deficiência hídrica são nos meses de fevereiro e março, restritamente para o setor norte, de menor altimetria.

Carvalho e Stipp (2004) realizaram uma avaliação qualitativa da aplicação do balanço hídrico climático de Thornthwaite e Mather (1955) para o Paraná. Suas análises indicaram uma classificação de alto balanço hídrico para as estações meteorológicas situadas nos setores sul, central e no litoral do estado, indicando nenhuma deficiência hídrica e excedente hídrico anual entre 798,26 a 1596,52 mm. Inversamente, o setor norte mostrou um baixo balanço hídrico, com deficiência hídrica em ao menos um mês. Ainda, como um setor de transição, 30% dos municípios estudados apresentaram uma classificação de balanço hídrico médio, com nenhuma deficiência hídrica e excedente hídrico inferior a 798,26 mm anuais. Estes resultados estão adequados ao esperado para o estado do Paraná, uma vez que os setores meridionais apresentam as menores médias térmicas e uma maior regularidade anual das chuvas, ao passo que o setor setentrional mostra-se caracterizado por maiores temperaturas e uma tendência a maior redução da pluviosidade em meses de inverno.

Andrade (2003) realizou o balanço hídrico climatológico para estações meteorológicas localizadas em setores representativos da bacia hidrográfica do rio Ivaí (PR) e identificou a variabilidade espaço-temporal do excedente e deficiência hídrica. Notou-se que as estações meteorológicas situadas a montante obtiveram os maiores valores de excedente hídrico, especialmente em anos de El Niño, e que as estações meteorológicas localizadas a jusante mostraram com maior frequência a deficiência hídrica, sobretudo em anos de La Niña.

Baldo, Galiani e Dziubate (2012) caracterizaram o excedente e a deficiência hídrica para a bacia hidrográfica do Rio Pirapó (PR). Devido à inexistência de dados de temperatura, foram realizadas estimativas de temperatura conforme Ometto (1981), tendo como parâmetro o cálculo de 0,65°C a cada 100 metros de variação do posto pluviométrico em relação e a estação meteorológica mais próxima. Os postos pluviométricos localizados no setor Norte da bacia hidrográfica apresentaram os

maiores valores de deficiência hídrica, sendo a região com a maior probabilidade de deficiência hídrica, característica marcadamente própria a região de transição do clima Subtropical para o Tropical.

Com a finalidade de subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Itararé optou-se por serem realizadas as estimativas de temperatura a partir dos dados fornecidos pela Universidade de Delaware por terem sido altamente eficaz no mapeamento das isotermas para a região do Pontal do Paranapanema, realizada por Braido (2010), e por estarem mais adequadas aos níveis de detalhamento do balanço hídrico climatológico e dos sistemas de classificação climática empregados. Estes dados estimados de temperatura do ar serviram para a realização do balanço hídrico climatológico, calculado através da metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), a mais apontada pela revisão literária consultada e que foi utilizada para a definição da tipologia climática de Thornthwaite (1948).

3.5 Tipologias climáticas: paradigmas e aplicação

Os sistemas de classificação climática (SCC) definem os climas das diferentes regiões levando em consideração os elementos climáticos simultaneamente, com o aprimoramento de análises e informações para diferentes propósitos e com a incorporação de diferentes critérios, como a precipitação, temperatura, evapotranspiração, vegetação e massas de ar (NÓBREGA, 2010).

O primeiro sistema de classificação climática foi elaborado em 1918 por Wilhelm Köppen. Seus critérios de agrupamento são considerados simples e compreendem um conjunto de letras maiúsculas e minúsculas, cada uma com o objetivo de classificar as características espaciais e sazonais. Esse método classificatório é o mais utilizado por conter delimitações que são abrangentes e por permitir a fácil aplicação em todos os setores interessados em Climatologia.

Ao utilizar os dados de evapotranspiração potencial, excedente ou deficiência hídrica, obtidos pelo balanço hídrico, Thornthwaite (1948) deu grande passo na racionalização da classificação climática (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984). Embora mantenha o caráter analítico de Köppen (1918), o sistema classificatório de Thornthwaite (1948) foi considerado um avanço na classificação climática por considerar que um clima é seco ou úmido não somente devido à pluviometria e à temperatura, mas sim relacionado com a necessidade hídrica.

Destacam-se os métodos classificatórios baseados nos princípios da climatologia dinâmica, na qual a circulação e a dinâmica atmosférica constituem a base genética dos climas, pois têm na origem dos fenômenos climáticos como fundamento do sistema classificatório. Esses métodos são denominados de genéticos e tem como base a latitude, a altitude, as configurações da circulação geral, a maritimidade e a continentalidade com um conjunto de fatores que produzem tipologias climáticas (VIANELLO; ALVES, 1991).

Baseado nas características genéticas, o método de Arthur Strahler (1951) propôs uma classificação para os tipos climáticos do mundo baseada nos controles climáticos (centros de ação, massas de ar e processos frontológicos) e nas características das precipitações sobre os lugares. Mendonça e Danni - Oliveira (2007) explicam que esses critérios permitiram que Strahler dividisse o clima do Planeta em três tipos principais: o clima das latitudes baixas, o clima das latitudes médias e o clima das latitudes altas. Essas três grandes divisões apresentam 14 subdivisões com os tipos climáticos das distintas regiões da Terra.

Com a utilização de um amplo banco de dados de temperatura e precipitação ao longo do Globo Terrestre, equivalentes a 12396 postos pluviométricos e a 4844 postos de coletas de temperaturas, Pell, Finlayson e McMahon (2007) realizaram o mapeamento global da classificação climática de Köppen e Geiger (1928). A mais comum tipologia climática obtida foi BWh (14,2%), que caracteriza o clima Árido Desértico Quente, e a tipologia Aw (11,5%), que indica um clima Tropical de Savana.

Para o recorte do território brasileiro, Pell, Finlayson e McMahon (2007) indicaram as seguintes tipologias: Af (tropical chuvoso) e Am (tropical de monção) para o Norte, na região da Floresta Amazônica; Aw (tropical com chuvas de verão) para grande parte do território nacional, sobretudo no Brasil Central; BWh (árido e quente) e BSh (semi-árido estépico quente) verificados para os setores mais secos da região Nordeste; Cwa (subtropical quente de chuvas de verão) e Cwb (subtropical mesotérmico de chuvas de verão) para a região Sudeste; e Cfa (subtropical quente) e Cfb (subtropical mesotérmico), ambas indicando menores médias térmicas e a ausência de estação seca para a região Sul do Brasil.

Álvares et al. (2013) aplicaram a classificação climática de Köppen (1936) para o Brasil e obtiveram a predominância da tipologia A (tropical), com uma extensão para 81% do território nacional, enquanto as tipologias C (subtropical) e B (árido) ocuparam, respectivamente, 14% e 8%. Essa pesquisa demonstrou que os componentes das chaves

das tipologias climáticas apresentaram peculiaridades regionais: a tipologia A predominantes em regiões acima da linha do Trópico de Capricórnio, indicando maiores médias térmicas anuais, ao passo que abaixo deste marco geográfico notou-se quase que exclusivamente a prevalência da tipologia C, característica de menores médias térmicas; a tipologia B destacou-se por representar as menores alturas pluviométricas do Semi-Árido nordestino.

Referente à segunda chave do sistema classificatório de Köppen (1936), Álvares et al. (2013) obteve a tipologia f, que caracterizou a regularidade das chuvas de grande porção da Floresta Equatorial Amazônica e da região Sul do Brasil, enquanto a tipologia w representou o regime concentrado de chuvas no período do verão para grande extensão do Brasil Central, e a tipologia m indicou a elevada pluviosidade com uma significativa concentração nos meses de verão. Compondo a terceira chave, a tipologia b indicou a ocorrência das menores médias térmicas, inclusive nos meses de verão, do território nacional para as porções mais elevadas da região Sul e do estado de São Paulo, sendo que a tipologia a mostrou maiores médias térmicas, especialmente com verões quentes, para a maior parte do território brasileiro.

Seguindo os critérios genéticos de Strahler (1951), Nimer (1972) propôs para o Brasil um método de classificação climática que se constitui em um exemplo de como é possível conciliar métodos tradicionais de classificação climática a métodos dinâmicos, do que propriamente um critério de enquadramento climático imposto para qualquer região.

Nimer e Brandão (1985) adaptaram os intervalos da classificação climática de Thornthwaite (1948) para o estabelecimento das chaves componente de uma tipologia climática condizente com as características climáticas do território brasileiro, uma vez que a aplicação do método original acaba por distorcer algumas características climáticas regionais. Embora com um nível de detalhamento pouco significativo, devido à extensão do trabalho original, as experiências da aplicação destes métodos nas regiões geográficas do Brasil apresentaram resultados satisfatórios.

Souza et al. (2013) estabeleceram a classificação climática para o estado do Mato Grosso a partir da aplicação das tipologias de Köppen (1931) e de Thornthwaite (1948) com a utilização dos dados de temperatura do ar e precipitação pluvial de séries temporais superiores a 15 anos de 13 Estações Meteorológicas. Com a metodologia de Köppen (1931) obteve-se a tipologia Aw (tropical com chuvas de verão) para 12 Estações Meteorológicas, com exceção de São Vicente, que localizado em uma região

Serrana do estado, de altitudes superiores a 800 metros, obteve a tipologia Cwa (tropical de altitude) por apresentar a menor média térmica do estado do Mato Grosso. A classificação climática realizada pelo método de Thornthwaite (1948) indicou a predominância dos climas megatérmicos, com concentrações de evapotranspiração potencial no verão inferiores a 40%, chuvas concentradas no verão e outono e deficiências hídricas no inverno e primavera.

Sá Júnior (2009) aplicou a classificação climática de Köppen (1931) para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais. Determinou que 67% da área do estado apresenta como tipologia climática característica Aw (tropical com chuvas de verão), ao passo que as tipologias Cwa (subtropical com chuvas de verão e verão quente) e Cwb (subtropical com chuvas de verão e verão ameno) caracterizaram as porções mais elevadas do centro-sul mineiro e representaram, respectivamente, 21% e 11% da área total do estado. As tipologias Am (tropical de Monção) e BSh (árido de estepe e quente) apresentaram uma área de 1% e foram obtidas para as áreas de divisa com o estado da Bahia, região de elevadas concentrações pluviométricas sazonais e elevada irregularidade pluviométrica anual.

Jurca (2005) delimitou as tipologias climáticas de Köppen (1918) para as regiões Sul e o estado de São Paulo. Nota-se que grande porção da região Sul e as regiões Oeste e Sul de São Paulo obtiveram a tipologia Cfa (subtropical quente sem estação seca definida) e que os setores de maiores altitudes da região Sul e da Serra da Mantiqueira no estado de São Paulo mostraram a tipologia Cfb (subtropical mesotérmico sem estação seca definida). O setor leste de São Paulo obteve a tipologia Cwb (Subtropical mesotérmico de chuvas de verão). As porções noroeste do Paraná e norte de São Paulo caracterizam-se pela tipologia Aw (tropical de chuvas de verão), enquanto se demonstraram para o litoral de São Paulo as tipologias Af (tropical chuvoso) e Am (tropical de Monção).

Utilizando-se da primeira chave do método classificatório de Thornthwaite (1948), referente ao índice de umidade efetiva, Jurca (2005) verificou que os setores noroeste do estado do Paraná e norte e oeste do estado de São Paulo apresentaram as tipologias C₂ (sub-úmido) e B₁ (úmido), indicando que estes setores obtiveram os menores níveis de excedente hídrico. Inversamente, os setores Oeste da região Sul, litoral dos estados do Paraná e de São Paulo e a serra da Mantiqueira, no estado de São Paulo, distinguem-se pelas tipologias A (super-úmido) e B₄ (úmido), apontando maiores valores de excedente hídrico.

Rolim et al. (2007) definiram as zonas agroclimáticas do estado de São Paulo a partir dos métodos classificatórios de Köppen e Geiger (1928) modificada por Setzer (1966) e Thornthwaite (1948). Observaram que o sistema classificatório de Thornthwaite se mostrou eficaz por resumir de forma satisfatória as informações geradas por balanços hídricos normais e por apresentar uma maior precisão por agrupar de forma mais detalhada as tipologias climáticas em relação ao método de Köppen e Geiger. Indicaram que este último sistema classificatório é adequado a uma classificação climática de macroescala, pois tem baixa capacidade de separação de tipos climáticos quanto à temperatura do ar, a precipitação pluvial e elementos resultantes do balanço hídrico e, portanto, não recomendado para zoneamentos agrometeorológicos.

Silva et al. (2006) propuseram uma classificação climática para a raia divisória entre os estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, pautada tanto em aspectos quantitativos dos elementos climáticos e suas expressões temporais quanto na análise genética. Foram obtidas seis unidades climáticas e que permitiram identificar que o setor meridional apresenta maior participação de sistemas frontais, menores médias térmicas, um regime pluviométrico caracterizado pela regularidade e maiores excedentes hídricos, enquanto se observou uma tendência gradativa no sentido noroeste de uma redução da participação dos sistemas atmosféricos extratropicais e um aumento da atuação dos sistemas intertropicais, além de maiores médias térmicas e com uma tendência a concentração de alturas pluviométricas entre os meses de outubro a abril.

Seguindo os sistemas classificatórios de Köppen (1931) e Thornthwaite (1948), Kuinchtner e Buriol (2001) definiram o clima do estado do Rio Grande do Sul. O emprego da metodologia de Köppen (1931) permitiu identificar a tipologia Cfb (subtropical mesotérmico úmido) para a região da serra do nordeste, nas partes mais elevadas das regiões do planalto e serra do sudeste, áreas com cotas altimétricas mais elevadas e com uma temperatura média menor em relação às demais áreas do estado, enquanto que as demais regiões do estado, por apresentarem uma maior média mensal no mês mais quente do ano (janeiro), receberam a tipologia Cfa (subtropical quente úmido). A aplicação da metodologia de Thornthwaite (1948) demonstrou que quanto ao índice de umidade que o Rio Grande do Sul apresenta os seguintes tipos climáticos: Ar (super-úmido de pequena ou nenhuma deficiência hídrica) e B₄r (úmido de pequena ou nenhuma deficiência hídrica) nas regiões de maior pluviosidade, na serra nordeste e em partes do planalto e região das missões e B₁r e B₂r e B₃r (úmido de pequena deficiência hídrica) nas regiões de menor pluviosidade, como o baixo vale do rio Uruguai.

A proposta metodológica de Rossato (2011), a partir de uma análise qualitativa dos dados de pluviosidade, temperatura, dinâmica atmosférica e as características do relevo, permitiu dividir o estado do Rio Grande do Sul em quatro grandes categorias: subtropical pouco úmido, com inverno frio e verão fresco no setor sul, e inverno frio e verão quente na porção sudeste; subtropical medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias na porção central; subtropical úmido com variação longitudinal das temperaturas médias na porção norte; subtropical muito úmido de inverno fresco e verão quente no setor noroeste e de inverno frio e verão fresco no setor leste.

O Instituto Agrônomo do Paraná (CAVAGLIONE et al., 2000) definiu a tipologia climática do litoral, Vale do Ribeira, regiões norte, oeste e grande parte do Sudoeste paranaense como de clima Cfa (subtropical chuvoso e moderadamente quente), por apresentarem temperatura média no mês mais frio superior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porém, sem estação seca definida. O clima da porção centro-sul do estado, por sua vez, foi definido como Cfb, tipologia atribuída por características de temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida.

Ao utilizarem o sistema de classificação climática de Köppen (1948), Vanhoni e Mendonça (2008) definiram que o tipo climático predominante do litoral do Paraná é o Cfa, denominado de clima subtropical e moderadamente quente, úmido em todas as estações e com verão quente. No entanto, observaram que em algumas partes mais elevadas do litoral ocorre uma importante redução das médias térmicas associadas à elevação da pluviosidade média anual e de semelhante distribuição pluviométrica mensal, e o tipo climático mais representativo é o Cfb, o que chamaram de subtropical úmido mesotérmico com verão fresco.

As características climáticas da bacia hidrográfica do rio Tibagi (PR), as quais são fundamentadas na transição climática entre o subtropical e o tropical, responderam por três distintas zonas climáticas criadas por Mendonça e Danni-Oliveira (2002). Através do sistema classificatório de Köppen (1948), identificou-se a tipologia Cfa na porção Sul, com participação relativamente moderada dos sistemas intertropicais e participação expressiva dos sistemas extratropicais. No setor a jusante, obteve-se a tipologia Cfb, com um significativo aumento das temperaturas médias mensais e

concentração das chuvas conjugadas a uma forte participação dos sistemas intertropicais. A área de transição climática (Cfa/Cfb), situada na porção média da bacia, apresenta os maiores totais pluviométricos e uma média térmica anual maior que a montante e menor que a jusante.

Terassi e Silveira (2013) realizaram a aplicação de três diferentes metodologias de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó, região norte do estado do Paraná. Cada uma com suas especificidades, sendo elas as tipologias de Köppen (1918), Nimer (1972) e Nimer e Brandão (1985), mostraram a influência da topografia nas características climáticas da área de estudo e a tropicalização na região Norte do estado do Paraná, conforme mencionada por Nimer (1989).

O presente trabalho tem como um de seus pressupostos em aplicar três diferentes tipologias climáticas, que apresentem diferentes formas de identificação das características climáticas da vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé. O método de Köppen (1948) foi selecionado por sua fácil aplicação e pela grande difusão em diferentes segmentos de interesse à Climatologia. O método de Thornthwaite (1948) foi empregado pela potencialidade racional de compreensão do regime hídrico da área de estudo. Por sua vez, o método classificatório de Nimer (1972) foi aplicado pela possibilidade de compreensão quali-quantitativa dos atributos climáticos.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Obtenção de dados pluviométricos

Foram obtidos os dados de treze postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e de uma estação meteorológica da rede do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), em Joaquim Távora, trabalhados com segmento temporal de 1976 a 2012. Os dados dos postos pluviométricos que estão ao entorno da bacia hidrográfica foram utilizados na busca de uma melhor distribuição espacial da precipitação pluviométrica e para o preenchimento de dados faltantes (**Tabela 2 - Figura 9**).

Tabela 2 - Localização geográfica das dos postos pluviométricos e estação Meteorológica* na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé.

| Número no mapa de localização | Código da ANEEL | Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica | Latitude (S) | Longitude (W) | Altitude (m) |
|-------------------------------|-----------------|--|--------------|---------------|--------------|
| 1 | 02349060 | Carlópolis (Nova Brasília) | 7395526 | 627900 | 563 |
| 2 | 02449030 | Castro (Fazenda Marão) | 7275043 | 633292 | 1100 |
| 3 | 02449021 | Doutor Ulysses (Varzeão) | 7282084 | 660061 | 818 |
| 4 | 02449036 | Jaguariaíva (Eduardo Xavier da Silva) | 7302629 | 643698 | 1000 |
| 5 | 02449040 | Jaguariaíva | 7317956 | 630287 | 890 |
| 6 | 02349030 | Joaquim Távora* | 7400672 | 615718 | 512 |
| 7 | 02449011 | Piraí do Sul | 7286806 | 608541 | 1068 |
| 8 | 02449032 | Piraí do Sul (Capinzal) | 7289831 | 629085 | 1026 |
| 9 | 02349036 | Ribeirão Claro | 7433790 | 627919 | 782 |
| 10 | 02349061 | Santana do Itararé | 7372279 | 640380 | 543 |
| 11 | 02349064 | São José da Boa Vista | 7354589 | 637409 | 550 |
| 12 | 02449045 | São José da Boa Vista (Barra Mansa) | 7337733 | 637247 | 850 |
| 13 | 02449044 | Sengés | 7333850 | 655848 | 650 |
| 14 | 02349033 | Tomazina | 7371211 | 606992 | 483 |

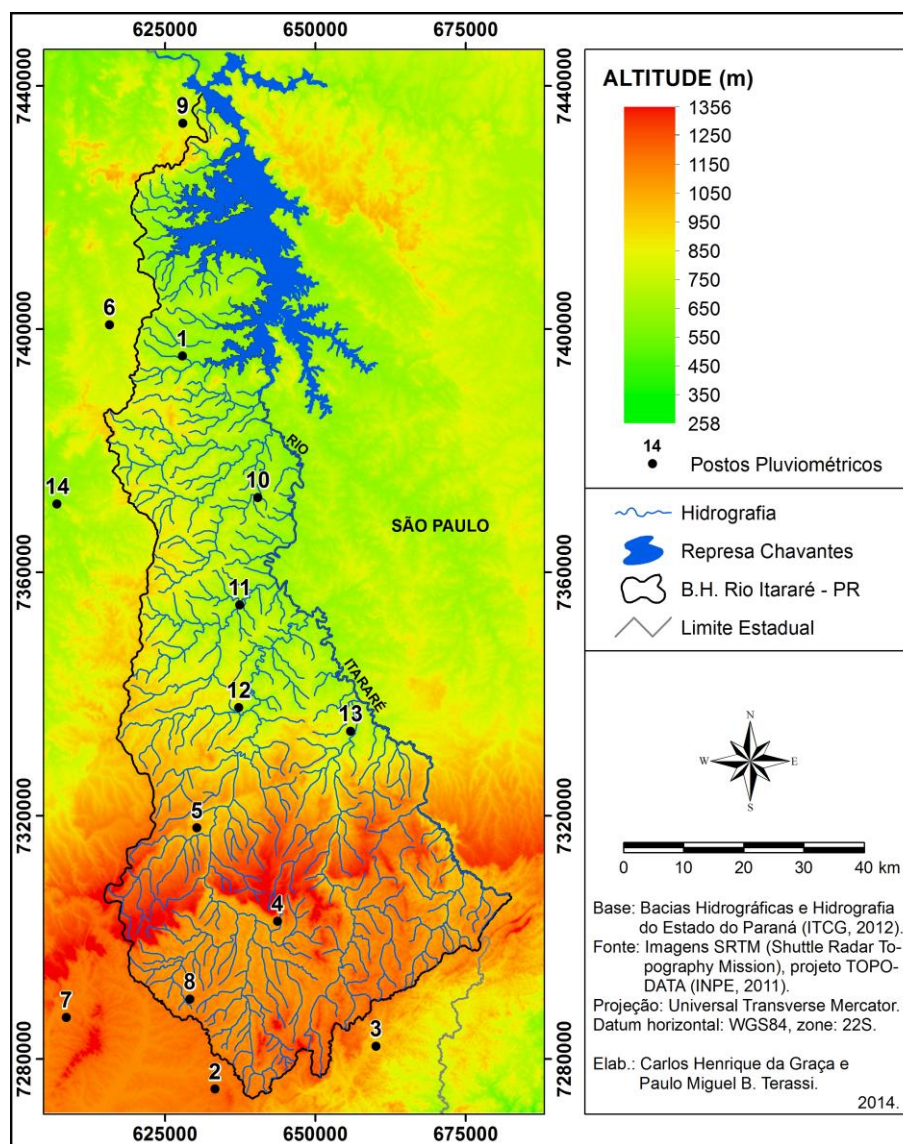


Figura 9 - Localização geográfica e hipsimetria da estação meteorológica e dos postos pluviométricos para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

4.2 Preenchimento de falhas e a estatística descritiva

Os dados faltantes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas foram preenchidos seguindo o método de ponderação regional apresentado por Villela e Mattos (1975). Esse método tem como base o registro pluviométrico de três postos localizados o mais próximo possível do posto em que se verifica a falta de dados, com características pluviométricas (distribuição mensal e os totais anuais) e altitudes semelhantes. Os registros faltantes de pluviosidade foram estimados pela média ponderada do registro das três estações vizinhas, onde os pesos são as razões entre as precipitações normais anuais. Considerando x o posto que apresente a falha e por A, B e C os postos vizinhos, é possível determinar a precipitação (P_x) desse posto x pela média ponderada do registro dos três postos vizinhos, onde os pesos são as razões entre as precipitações anuais normais (**Equação 1**).

$$P_x = \frac{\overline{P_x}}{3} \left(\frac{P_a}{\overline{P_a}} + \frac{P_b}{\overline{P_b}} + \frac{P_c}{\overline{P_c}} \right) \quad (1)$$

Onde: x é o posto pluviométrico ou estação meteorológica com dados pluviométricos faltantes; P_x é a precipitação do mês faltante; $\overline{P_x}$ é a precipitação média mensal da estação x ; P_a , P_b , P_c são as precipitações mensais reais dos postos pluviométricos selecionados para o preenchimento; e $\overline{P_a}$, $\overline{P_b}$, $\overline{P_c}$ são as precipitações médias mensais destes mesmos postos.

Para a melhor manipulação e organização das informações foi realizado tratamento dos dados de precipitação utilizando de parâmetros estatísticos básicos em planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2007¹. Foi aplicada a estatística descritiva para todos os postos utilizando os respectivos parâmetros: média, máxima, mínima e desvio padrão e coeficiente de variação da pluviosidade para a escala anual. Para a escala sazonal e mensal foram utilizados somente os dados médios de pluviosidade. Ressalva-se para a escala sazonal os meses foram delimitados conforme o ano civil, com os meses de janeiro, fevereiro e março agrupados como o verão, abril, maio e junho como meses de outono, julho, agosto e setembro como meses de inverno, outubro, novembro e dezembro como meses de primavera.

¹ Microsoft Office Excel 2007 é um produto registrado Microsoft Corporation.

Os gráficos de dispersão e correlação linear gráfica foram realizados a partir da planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2007 com o objetivo de demonstrar a relação entre os diferentes componentes da presente pesquisa, dentre eles a hipsometria dos postos pluviométricos, os resultados anuais de pluviosidade, número de dias de chuva, erosividade, e os resultados mensais de pluviosidade, erosividade e coeficiente de relação de chuva. Indica-se que os valores do coeficiente de determinação (r^2), um dos produtos do gráfico de dispersão e correlação linear gráfica, revela o ajustamento entre duas medidas, sendo que este parâmetro varia de 0 a 1 e o valor mais próximo de 1 mostra uma maior dependência entre as variáveis analisadas.

4.3 Índice de erosividade das chuvas

O índice de erosividade da chuva foi calculado utilizando os dados de precipitação média mensal e média anual dos treze postos pluviométricos e da estação meteorológica (**Tabela 1**). Para estabelecer os valores do índice erosividade (EI_m) foi utilizada a equação do tipo $Y = a + bx$, onde: Y = índice de erosão ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$); a e b = coeficientes linear e angular, e $x = p^2/P$, apresentada por Rufino, Biscaia e Merten (1993) para o estado do Paraná, onde conseguiram identificar 8 regiões isoerosivas. Os valores determinados para a área de estudo encontram-se na região isoerosiva 7 ($Y = 9,51 + 4,20 x$). Esta atribuição que dá parâmetro para a **Equação 3**.

$$EI_m = 9,51 + 4,20 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{*9,80665} \quad (3)$$

Onde: EI_m – Índice mensal de erosividade da chuva em MJ ($mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}$); a – coeficiente linear; b – coeficiente angular; p – Precipitação média mensal em milímetros; P – Precipitação média anual em milímetros; **9, 80665** – Conversão Kgf.m para MJ.

Como os valores do índice erosão encontrados para cada estação pluviométrica são expressos na escala mensal, foi necessária a soma dos índices mensais para obtenção dos valores anuais (**Equação 4**).

$$EI = \sum_{i=1}^{12} EI_m \quad (4)$$

Onde: EI – Índice anual de erosividade da chuva ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$); EI_m – Índice mensal de erosividade ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mês}^{-1}$).

4.4 Estimativas de temperatura e o cálculo do balanço hídrico climatológico

Os dados de temperatura foram obtidos das Estações Climatológicas de Joaquim Távora. Para as demais áreas da bacia hidrográfica foram atribuídos os valores de temperatura fornecidos pela Universidade de Delaware, sendo que se utilizaram os dados referentes ao segmento temporal de 1976 a 2010 (UDEL, 2014). Devido à inexistência dos dados de temperatura para os anos de 2011 e 2012, foram realizadas estimativas de temperatura média através do método de Ometto (1981), que considera uma variação de $0,65^\circ\text{C}$ a cada 100 metros de altitude, tendo como base os dados da estação meteorológica de Joaquim Távora para os postos pluviométricos setentrionais e de Castro, também pertencente ao Instituto Agrônômico do Paraná, para os postos pluviométricos meridionais.

Com os valores de temperatura, foi possível a obtenção do balanço hídrico climatológico, realizado a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do programa “BHnorm” elaborado em planilha eletrônica por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), e tendo como parâmetro o CAD (capacidade de água disponível) de 100 mm.

4.5 Sistemas de classificação climática

Foram utilizadas as tipologias climáticas de Köppen (1948), Thornthwaite (1948) e Nimer (1972).

O sistema classificatório de Köppen (1948) é composto por três chaves que variam em conformidade com a temperatura média anual, temperatura do mês mais frio e do mês mais quente, pluviosidade média anual, máxima de verão e inverno, e o mês de maior ou menor precipitação. A tipologia climática de Köppen (1948) é discriminada a partir da definição do grupo - primeira letra maiúscula (**Tabela 3**),

indicador de tipo - segunda letra minúscula (**Tabela 4**), e o indicador de subtipo - terceira letra minúscula (**Tabela 5**).

Tabela 3 - Caracterização do indicador de grupo climático (primeira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).

| Código | Tipo de Clima | Descrição |
|---------------|-------------------------|--|
| A | Tropical | Climas megatérmicos; temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C; estação invernal ausente; pluviosidade anual superior a evapotranspiração potencial anual. |
| B | Árido | Climas secos; pluviosidade média anual inferior a 500 mm; evapotranspiração potencial anual superior à pluviosidade anual; inexistência de cursos d'água permanente. |
| C | Temperado - Subtropical | Climas mesotérmicos; temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18 °C; temperatura média do mês mais quente superior a 10 °C; Verão e inverno bem definidos. |
| D | Continental | Climas microtérmicos; temperatura média do mês mais frio inferior a -3 °C; temperatura média do mês mais quente superior a 10 °C; Verão e inverno bem definidos. |
| E | Glacial | Climas polares e de alta montanha; temperatura média do mês mais quente inferior a 10 °C; Verão pouco definido ou inexistente. |

Fonte: Köppen (1948).

Tabela 4 - Caracterização do indicador do tipo climático (segunda chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).

| Código | Descrição | Grupo |
|---------------|--|--------------|
| S | Clima das estepes; pluviosidade média anual entre 360 a 760 mm. | B |
| W | Clima desértico; pluviosidade média anual inferior a 250 mm. | B |
| f | Clima úmido; ocorrência de pluviosidade em todos os meses do ano; inexistência de estação seca definida; pluviosidade média do mês mais seco superior a 60 mm. | A-C-D |
| w | Chuvas de verão. | A-C-D |
| s | Chuvas de inverno. | A-C-D |
| w' | Chuvas de verão-outono. | A-C-D |
| s' | Chuvas de outono-inverno. | A-C-D |
| m | Clima de monção; pluviosidade média anual superior a 1500 mm e pluviosidade média mensal do mês mais seco inferior a 60 mm. | A-C-D |
| T | Temperatura média do mês mais quente entre 0 a 10 °C. | A |
| F | Temperatura média do mês mais quente inferior a 0 °C. | E |
| M | Precipitação abundante (inverno pouco rigoroso). | E |

Fonte: Köppen (1948).

Tabela 5 - Caracterização do indicador de subtipo climático (terceira chave) da Classificação Climática de Köppen (1948).

| Código | Descrição | Grupo |
|---------------|--|--------------|
| a | Verão quente; temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. | C-D |
| b | Verão temperado; temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C; temperatura média dos quatro meses mais quentes superior a 10 °C. | C-D |
| c | Verão curto e fresco; temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C; temperatura média inferior a 10°C durante menos de quatro meses; temperatura média no mês mais frio superior a – 38 °C. | C-D |
| d | Inverno muito frio; temperatura média do mês mais frio inferior a -38 °C. | D |
| h | Seco e quente; temperatura média do ar superior a 18 °C; deserto ou semideserto quente. | B |
| k | Seco e frio; temperatura média do ar inferior a 18 °C; deserto ou semideserto frio. | B |

Fonte: Köppen (1948).

As estimativas de temperatura possibilitaram a realização do balanço hídrico climático, realizado a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), e que permitiu a obtenção dos valores normais da evapotranspiração potencial, excedente e deficiência hídrica, elementos que diferenciam o sistema classificatório de Thornthwaite (1948).

O método desenvolvido por Thornthwaite (1948) tem seus principais valores climáticos estabelecidos por: índice de umidade efetiva (Iue), eficiência termal anual, índice de aridez (Ia) e a concentração da eficiência termal do verão. O índice de umidade (Im) (**Equação 5**), que é o ponto de partida para o índice de umidade efetiva, é resultante dos valores de excedente hídrico dividido pela evapotranspiração potencial anual multiplicada por 100. O índice de umidade efetiva (**Equação 6**), que representa a primeira chave da classificação, é determinado pela relação entre o índice de umidade e o índice de aridez (**Equação 7**). A segunda chave da classificação é a eficiência termal, que é mensurada pela evapotranspiração potencial anual (**Tabela 6**).

$$Iu = \left(\frac{EXC}{ETP} \right) * 100 \quad (5)$$

$$Ieu = \left(\frac{Iu}{Ia * 0,6} \right) \quad (6)$$

Tabela 6 - Primeira chave, conforme os intervalos do índice de umidade (I_u), e segunda chave, conforme o Índice térmico (I_t), da tipologia climática de Thornthwaite (1948).

| Tipo climático (Primeira chave) | Índice de umidade (I _u) | Tipo climático (Segunda chave) | Índice térmico (I _t) (Evapotranspiração potencial anual) |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|
| A – Super-úmido | 100 ≤ I _u | A' – Megatérmico | ≥ 1140 |
| B ₄ – Úmido | 80 ≤ I _u < 100 | B' ₄ – Mesotérmico | 997 - 1140 |
| B ₃ – Úmido | 60 ≤ I _u < 80 | B' ₃ – Mesotérmico | 855 - 997 |
| B ₂ – Úmido | 40 ≤ I _u < 60 | B' ₂ – Mesotérmico | 712 - 855 |
| B ₁ – Úmido | 20 ≤ I _u < 40 | B' ₁ – Mesotérmico | 570 - 712 |
| C ₂ – Sub-úmido | 0 ≤ I _u < 20 | C' ₂ – Microtérmico | 427 - 570 |
| C ₁ – Sub-úmido | -33,3 ≤ I _u < 0 | C' ₁ – Microtérmico | 285 - 427 |
| D – Semi-árido | 66,7 ≤ I _u < -33,3 | D' – Tundra | 142 - 285 |
| E – Árido | -100 ≤ I _u < 66,7 | E' – Gelo perpétuo | < 142 |

Fonte: Thornthwaite (1948).

A primeira sub-chave de classificação climática é atribuída pelo índice de aridez, obtido pela relação entre os totais anuais de deficiência da água e da evapotranspiração potencial (**Equação 7**) para climas úmidos, e pelo índice de umidade (Equação 5) para climas secos. A segunda sub-chave (CET_v) é determinada pela proporção de evapotranspiração potencial concentrada no verão (**Tabela 8**).

$$I_a = \left(\frac{DEF}{ETP} \right) * 100 \quad (7)$$

Tabela 7 - Primeira sub-chave, conforme os intervalos do índice de aridez (I_a) para climas úmidos e do índice de umidade para climas secos, da tipologia climática de Thornthwaite (1948).

| Tipo climático (Primeira sub-chave) Climats úmidos (A, B ₄ , B ₃ , B ₂ , B ₁ , C ₂) | Índice de aridez (I _a) | Tipo climático (Primeira sub-chave) Climats secos (C ₁ , D e E) | Índice de umidade (I _u) |
|---|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| r – pequena ou nenhuma deficiência hídrica | 0 - 16,7 | D – pequena ou nenhum excesso hídrico | 0 - 10,0 |
| s – moderada deficiência hídrica no verão | 16,7 - 33,3 | s – moderado excesso hídrico no inverno | 10,0 - 20,0 |
| w – moderada deficiência hídrica no inverno | 16,7 - 33,3 | w – moderado excesso hídrico no verão | 10,0 - 20,0 |
| s ₂ – grande deficiência hídrica no verão | >33,3 | s ₂ – grande excesso hídrico no inverno | >33,3 |
| w ₂ – grande deficiência hídrica no inverno | >33,3 | w ₂ – grande excesso hídrico no verão | >20,0 |

Fonte: Thornthwaite (1948).

Tabela 8 - Segunda sub-chave, conforme a concentração de evapotranspiração potencial no verão (%), da tipologia climática de Thornthwaite (1948).

| Tipo climático (Segunda sub-chave) | Concentração de evapotranspiração potencial no verão (%) |
|---------------------------------------|--|
| a' | <48 |
| b' ₄ | 48 - 51,9 |
| b' ₃ | 51,9 - 56,3 |
| b' ₂ | 56,3 - 61,6 |
| b' ₁ | 61,6 - 68,0 |
| c' ₂ | 68,0 - 76,3 |
| c' ₁ | 76,3 - 88,0 |
| d | >88,0 |

Fonte: Thornthwaite (1948).

O método de Nimer (1972) classifica o clima de forma quantitativa, utilizando-se da temperatura e precipitação, e qualitativamente, por considerar a quantidade de meses secos (distribuição da pluviosidade) e a circulação atmosférica. Este sistema classificatório é composto por três partes:

1 - Delimitação em conformidade com a variedade térmica, na qual se utilizam as isotermas referentes às médias mensais do mês mais frio (**Tabela 9**).

Tabela 9 - Primeira chave da tipologia climática de Nimer (1972) conforme a variedade térmica.

| Tipologia | Temperatura média do mês mais frio |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Clima quente | Superior a 18°C |
| Clima Subquente | Entre 15°C e 18°C em pelo menos 1 mês |
| Clima mesotérmico brando | Entre 10°C e 15°C em pelo menos 1 mês |
| Clima mesotérmico médio | Inferior a 10°C |

Fonte: Nimer (1972).

2 - Classificação quanto ao maior ou menor grau de umidade, considerando-se a existência ou não de estação seca ou de estação subseca (**Tabela 10**). Para a estação seca, classifica-se qualquer mês cujo total de precipitação em milímetros é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em °C ($P \leq 2 T$). Para a determinação de subseca os dados devem cumprir dois requisitos básicos. Primeiro, os locais estudados não devem possuir sequer um mês seco. A localidade cumprindo a primeira exigência deve ainda, num segundo momento, apresentar os meses em que $P \leq 3 T$, que são considerados subsecos.

Tabela 10 - Segunda chave da tipologia climática de Nimer (1972) conforme o grau de umidade.

| Tipologia | Regime de chuvas |
|-------------------------|-------------------------|
| Clima superúmido | Sem seca |
| Clima Superúmido | Com subseca |
| Clima úmido | Com 1 a 2 meses secos |
| Clima úmido | Com 3 meses secos |
| Clima semiúmido | Com 4 a 5 meses secos |
| Clima semiárido branco | Com 6 meses secos |
| Clima semiárido mediano | Com 7 a 8 meses secos |
| Clima semiárido forte | Com 9 a 10 meses secos |
| Clima semiárido forte | Com 11 meses secos |
| Clima desértico | Com 12 meses secos |

Fonte: Nimer (1972).

3 - Em virtude das dificuldades em se encontrar os verdadeiros limites destes climas, o terceiro componente do sistema classificatório busca o apoio no entendimento da circulação atmosférica, análise do regime da distribuição das chuvas e temperatura durante as estações, relacionando com suas fontes dinâmicas de origem.

4.6 O emprego da técnica de agrupamento e as representações espaço-temporais

Após a análise espacial dos parâmetros climáticos (precipitação, erosividade, temperatura, evapotranspiração potencial e excedente hídrico) selecionados para a presente pesquisa, nas escalas anual e sazonal, realizou-se o emprego da técnica de agrupamento (Clustering), especificamente para os resultados mensais, com o objetivo de sintetizar e compreendê-los de forma conjunta aos fatores geográficos do clima, dentre eles a altitude, latitude e circulação atmosférica, e demais elementos climáticos associados.

Utilizada em processos de classificação, a análise de agrupamento faz parte de um conjunto maior de técnicas estatístico denominado de Análise Multivariada e é comumente realizada para agrupar objetos formando grupos homogêneos internamente e heterogêneos entre si (SILVESTRE; SANT'ANNA NETO; FLORES, 2013). Dessa forma, a análise cluster transforma um conjunto de variáveis, neste caso os postos pluviométricos e a estação meteorológica, em regiões homogêneas unidas por sua similaridade quanto aos atributos climáticos.

Na análise de agrupamento, considera-se como fundamental a definição preliminar de uma medida de similaridade entre os grupos a serem constituídos. Como as variáveis classificatórias utilizadas nesse estudo são variáveis reais e, portanto, são

mensuradas em uma escala de intervalo, é conveniente adotar uma medida de distância com propriedades métricas, tendo sido escolhida a distância Euclidiana, por mostrar-se adequado às características das variáveis em consideração (KELLER FILHO; ASSAD; LIMA, 2006).

Adotou-se o método de ligação hierárquico Ward, que mensura a distância entre dois grupos pela soma de desvios ao quadrado dos pontos ao centróide e que tem a atribuição de um elemento a um grupo feito de modo a minimizar a soma dos quadrados dentro dos grupos. Martin et al. (2008) mencionam que esse é um dos métodos mais aplicados em estudos para minimizar a variabilidade entre os dados e, por isso, também nomeado de variância mínima.

Foi utilizado o software Statistica versão 7.0² para o processo de análise cluster e para a sua representação gráfica a partir da elaboração do gráfico denominando dendograma, ou árvore de ligação, o qual apresenta um resumo do método aplicado, considerando desde o passo inicial, unindo os primeiros dois objetos, até o passo final no qual todos os elementos foram agrupados constituindo um único grupo. O ponto de corte foi realizado em conformidade a interpretação dos resultados anuais e sazonais de cada atributo climático e a proximidade espacial entre os postos pluviométricos e a estação meteorológica em relação às regiões identificadas.

Como proposta, após a aplicação da técnica de agrupamento e a formação das regiões homogêneas, foi realizado o zoneamento climático da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). Seguiu-se, como principal critério, a análise da distribuição espacial das regiões homogêneas e a sua relação com os demais atributos climáticos, dentre eles a hipsometria e a revisão literária sobre a dinâmica atmosférica regional. Esse procedimento recebeu a nomenclatura de zoneamento devido ao caráter sintético em relação à definição das regiões homogêneas.

A técnica de agrupamento também foi empregada para a identificação de anos anômalos quanto à pluviosidade, o número de dias de chuva e a erosividade das chuvas, todos estes para a escala anual, com a finalidade de descrever qualitativamente a variação anual desses parâmetros. Os anos excepcionais receberam nomenclaturas que seguiram uma análise subjetiva quanto aos agrupamentos obtidos e aos dados descritos. Posteriormente, foram escolhidos dois anos excepcionais quanto à pluviosidade anual, identificadas pelos agrupamentos, para o emprego e a análise comparativa dos sistemas

² Statistica é um produto registrado pela empresa StatSoft.

de classificação climática considerados mais representativos para os objetivos da presente pesquisa.

4.7 Elaboração dos produtos cartográficos

Para a elaboração das cartas de distribuição da precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial, deficiência e excedente hídrico, classificação climática e índice de erosão das chuvas da área de estudo, utilizou-se o aplicativo Surfer³, versão 7.0, que utiliza um arquivo com o contorno da área de estudo digitalizado, baseando-se nos valores de longitude e latitude, e outro arquivo com os valores calculados, tais como a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação de cada estação com suas respectivas coordenadas geográficas.

O programa “surfer” apropria-se do método reticulado, para realizar a interpolação de dados, com os quais foram gerados os valores para a construção das isolinhas. A interpolação dos dados no reticulado do programa foi feita através do método de Kriging, considerado o mais adequado para este tipo de interpolação, pois possibilita a melhor representação da continuidade dos fenômenos geográficos. Especificamente, Carvalho e Assad (2005) destacam a eficiência da interpolação da pluviosidade através deste método por apresentar uma menor dependência espacial. Destaca-se que o método de interpolação krigagem mostrou-se mais eficaz com o modelo semivariograma esférico, com uma menor quantidade de núcleos isolados, e concordante com o utilizado por Gardiman Júnior et al. (2012).

A carta de hipsometria e declividade foram elaboradas a partir de informações das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), elaboradas pela NASA (National Aeronautics and Space Administration). Essas imagens contêm dados topográficos que recobrem o mundo todo e são disponibilizadas gratuitamente via sítio eletrônico pelo USGS Eros Data Center (Centro de Dados do Departamento de Levantamento Geológico dos Estados Unidos). De posse das imagens SRTM, que recobrem a área da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), foi possível a elaboração da carta de hipsometria e declividade no aplicativo ArcGis⁴ versão 10.3.

A carta de cobertura vegetal e uso da terra foi elaborada por meio de imagens de satélite LandSat 8 sensor TM que são distribuídas gratuitamente via sítio eletrônico do

³ Surfer é um produto registrado da empresa Golden Software Inc.

⁴ ArcGis é um produto registrado da empresa Esri (Environmental System Research Institute).

Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e, posteriormente foram classificados os elementos das imagens por máxima verossimilhança (MAXVER) no aplicativo ENVI versão 5.1⁵.

As informações referentes às cartas das formações litológicas, tipos de solos, formações fitogeográficas e divisões administrativas, que serviram para a caracterização, e base da bacia hidrográfica foram extraídas do sítio eletrônico do Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia (ITCG, 2014), em arquivos Shapefile (*.Shp). Posteriormente tais cartas foram trabalhadas no aplicativo ArcGis. Após essa etapa, todas as cartas foram finalizadas utilizando-se do aplicativo Corel Draw⁶.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização da precipitação pluviométrica

5.1.1 Pluviosidade anual

Os resultados da pluviosidade média anual para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé estão representados pela **Figura 10 A**. Indica-se que o setor sul apresenta uma pluviosidade média anual superior a 1650 mm, com o predomínio espacial da isolinha superior a 1500 mm. Destaca-se que no setor oeste da bacia hidrográfica, de maiores cotas altimétricas, ocorre um aumento da pluviosidade média anual, com isoietas superiores a 1500 mm. Com uma redução significativa da altitude, o setor leste apresenta a menor média pluviométrica anual, inferior a 1350 mm. O predomínio de isolinhas entre 1400 a 1600 mm para grande porção da bacia hidrográfica e um aumento da pluviosidade média anual para o setor sudeste, com valores entre 1600 a 1800 mm, foram verificados por Cavaglione et al. (2000).

Os resultados indicaram que a bacia hidrográfica apresenta uma maior média anual de dias de chuva para os setores oeste e sul, superior a 110 dias, com uma redução significativa em direção ao setor nordeste, que obteve uma média inferior a 80 dias anuais de chuva (**Figura 10 B**). Destaca-se que a distribuição das isolinhas do número médio anual de dias de chuva está em conformidade e aproximado ao recorte para esta porção do estado do Paraná, segundo os resultados indicados por Sousa (2006), de

⁵ ENVI é um produto registrado pela empresa EXELIS Visual Information Solutions.

⁶ Corel Draw é um produto da empresa Corel Corporation.

pluviosidade diária anual superior a 95 dias para o setor sudoeste da bacia hidrográfica e com uma tendência de diminuição no sentido nordeste, de isolinha inferior a 85 dias.

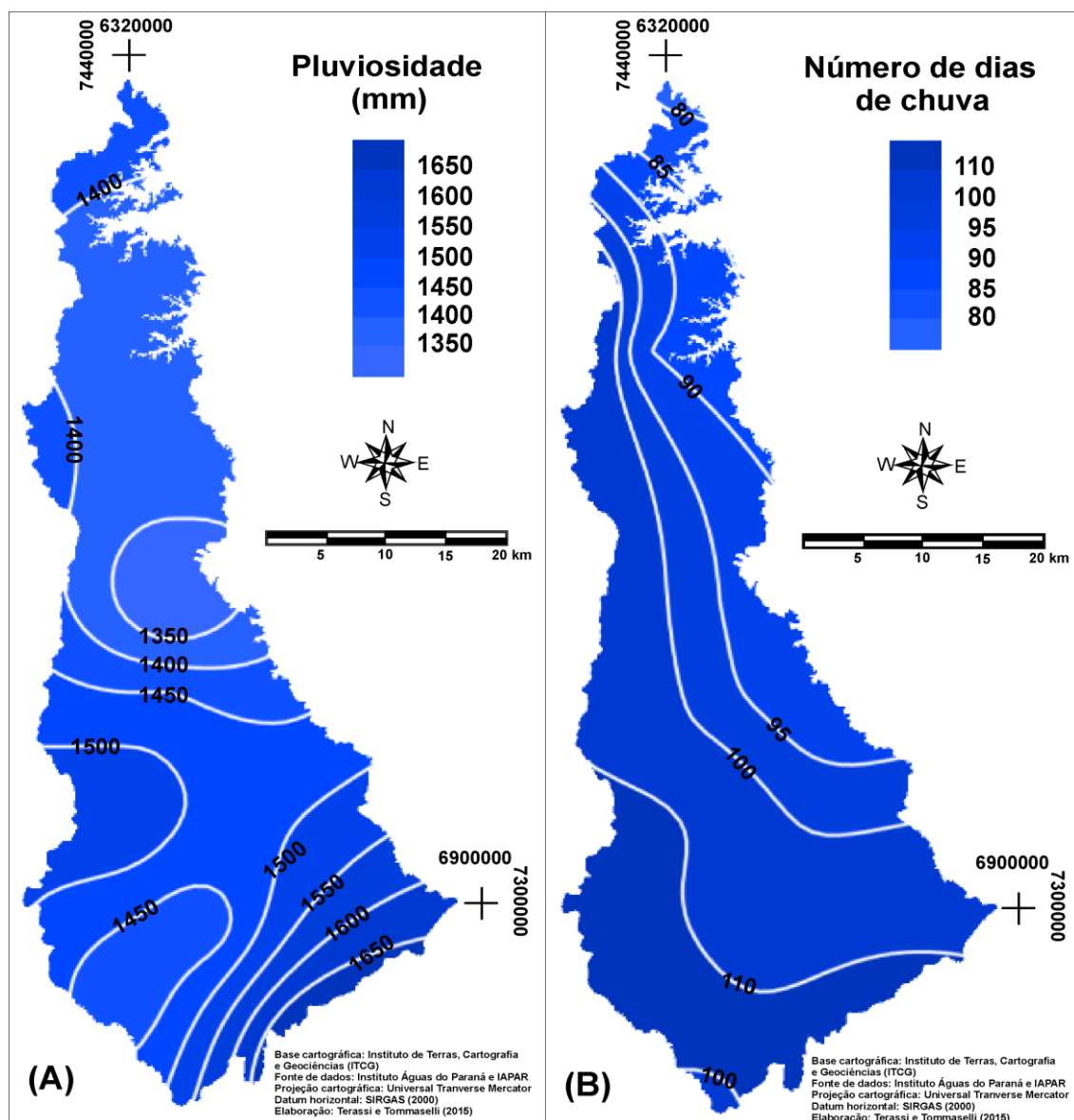


Figura 10 - Distribuição espacial da pluviosidade média anual (mm) (A) e número médio anual de dias de chuva (B) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica entre a pluviosidade média anual e as altitudes dos postos pluviométricos indica uma tendência de maiores alturas pluviométricas médias anuais, superiores a 1450 mm para os postos pluviométricos de altitude superior a 850 metros. Inversamente, observa-se que os postos pluviométricos de menores cotas altimétricas, inferiores a 600 metros, apresentaram um padrão de menor média pluviométrica anual, inferiores a 1400 mm (**Figura 11**).

A distribuição espacial das isolinhas da pluviosidade diária média anual demonstra o que o fator orográfico é relevante para uma maior ocorrência do número de dias de chuva, pois se verificou um padrão de valores superiores a 115 dias para postos pluviométricos com hipsometria superior a 800 metros. Verifica-se também um padrão de número de dias de chuva entre 90 a 100 para os postos pluviométricos de hipsometria inferior a 700 metros. No entanto, mesmo que importante para a distribuição do número médio anual de dias de chuva, ressalta-se que a orografia é uma condicionante que possui limitações para explicar a variação espacial deste parâmetro climático, posto que postos pluviométricos com altitude inferior a 550 metros mostraram uma média de aproximadamente 115 dias de chuvas, enquanto um dos postos pluviométrico obteve uma média inferior a 80 dias de chuva para uma altitude próxima a 800 metros (**Figura 12**).

Desta forma, embora tenham sido verificadas as tendências mencionadas acima, nota-se que os valores obtidos do coeficiente de determinação (r^2) foram baixos para relacionar as alturas pluviométricas médias anuais (mm) e o número médio anual de dias de chuva e a altitude dos postos pluviométricos selecionados para o presente estudo. Portanto, explica-se que a variação espacial da pluviosidade na vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé está propriamente mais ligada a dinâmica atmosférica regional do que ao fator orográfico. A configuração do recorte espacial adotado, uma das justificativas para a escolha da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), permitiu avaliar a variação espacial da pluviosidade como um transecto situado de norte a sul e, a partir dos resultados gerados, mostrou-se que há uma maior relação com as características da circulação atmosférica regional.

Sobretudo, a redução da pluviosidade média anual nos setores norte e central é justificada na literatura pela circulação atmosférica regional, dado que nestes setores verifica-se a atuação mais incisiva de sistemas atmosféricos intertropicais e um regime pluviométrico mais próximo ao do Brasil Central, com uma redução significativa das alturas pluviométricas nos meses de inverno. Ao contrário, os setores meridionais da bacia hidrográfica apresentam tendência a uma participação mais consistente dos sistemas atmosféricos extratropicais, caracterizando estas áreas por uma maior regularidade do regime pluviométrico, ritmo climático que responde pelos maiores volumes médios anuais de pluviosidade (MONTEIRO, 1968; NIMER, 1989).

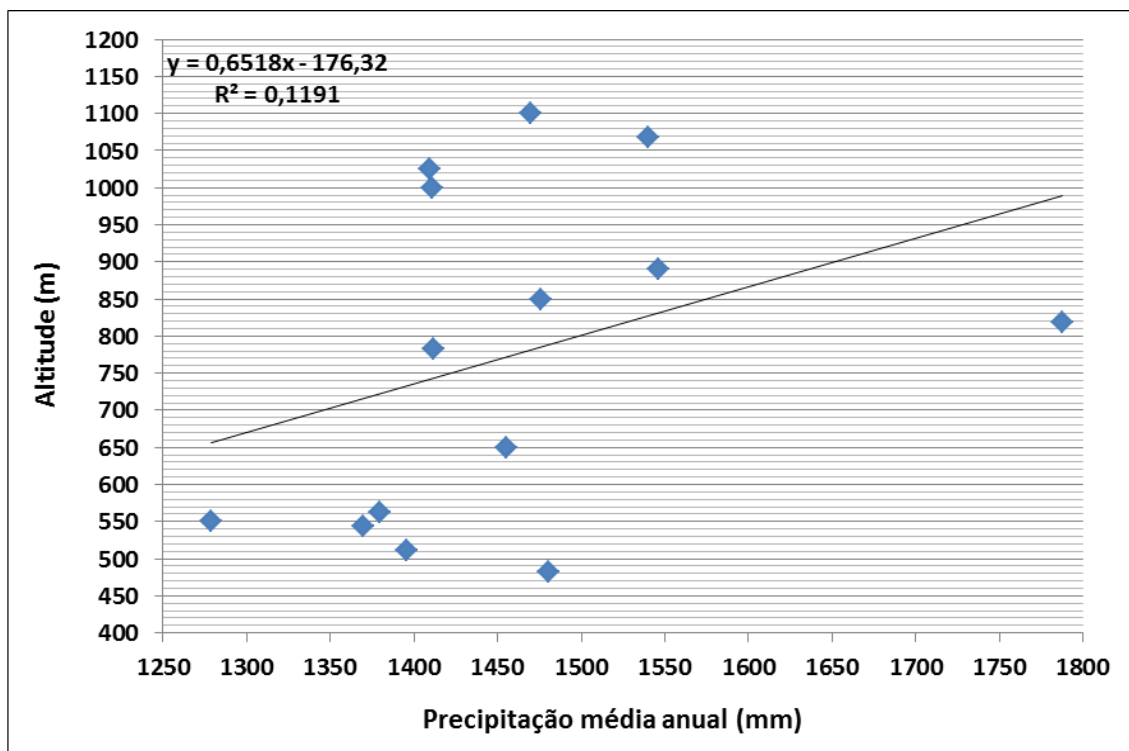


Figura 11 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a pluviosidade média anual (mm) e a altitude da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

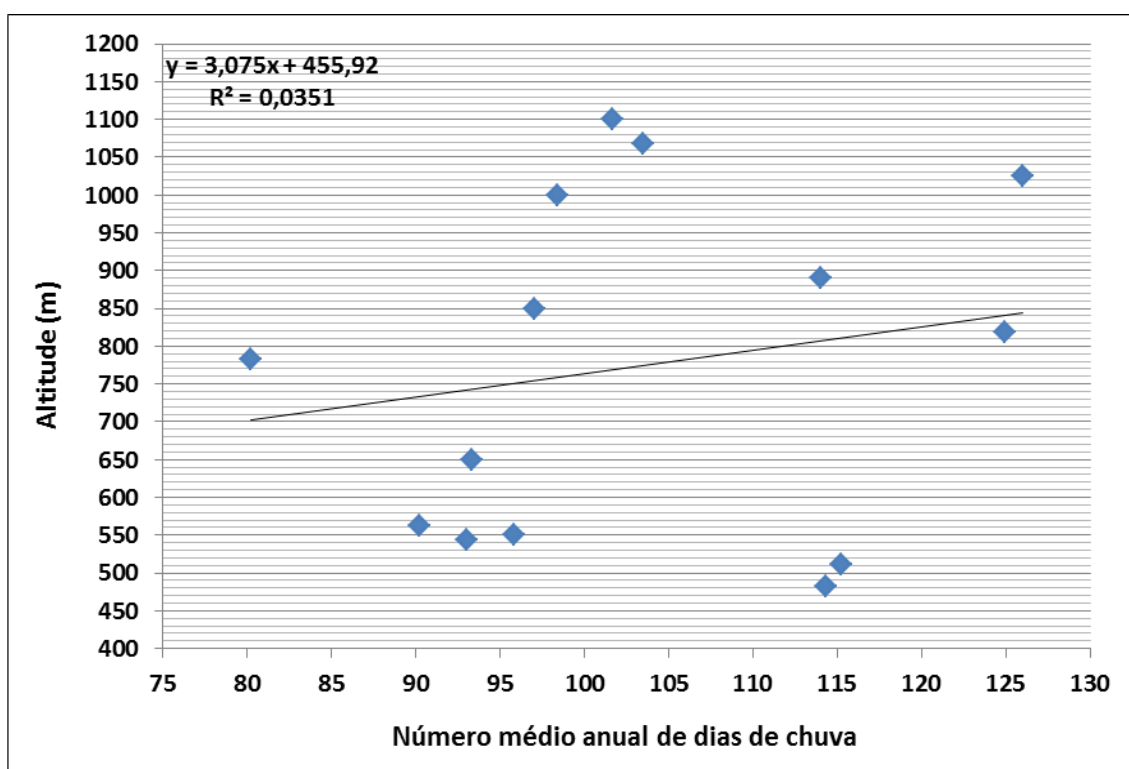


Figura 12 - Dispersão e correlação linear gráfica entre o número médio anual de dias de chuva e a altitude da estação meteorológica e os treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

Desta forma, ressalta-se que há generalização quanto à condição geral de influência do fator orográfico para a distribuição espacial da pluviosidade, uma vez que não necessariamente todos os postos pluviométricos e/ou estação meteorológica enquadram-se neste padrão. Exemplifica-se que o posto pluviométrico de Doutor Ulysses (Varzeão) de pluviosidade mais elevada, equivalente a 1787,6 mm, apresenta uma cota altimétrica de 818 metros, que não é a mais elevada dentre os postos de pluviométricos. De outro lado, o posto pluviométrico de Tomazina, de menor hipsometria (483 metros) e uma média de pluviosidade anual de 1480,2 mm, não apresentou a menor pluviosidade média anual (**Tabela 11**).

Portanto, constata-se que a orografia é um fator altamente relevante para a distribuição pluviométrica na área de estudo e que, no entanto, verifica-se a necessidade da compreensão da atuação dos distintos sistemas atmosféricos e sua interação com o relevo regional. Destaca-se que, principalmente por seu formato delgado, com uma largura inferior a 25 quilômetros no setor mais amplo, a variação da pluviosidade e dos sistemas atmosféricos responsáveis pela formação de chuvas na área de estudo apresenta uma influência preeminente do fator latitudinal.

Conforme obtido anteriormente para o volume médio anual de pluviosidade, alguns postos pluviométricos foram destoantes e não se enquadraram no padrão descrito anteriormente. Como exemplo, o posto pluviométrico de Castro (Fazenda Marão), de maior altitude dentre os escolhidos para este estudo, obteve uma média anual de 102 dias de chuva, e não correspondeu a maior pluviosidade diária média anual. Este posto pluviométrico localiza-se na porção Sul da bacia hidrográfica, setor em que se verificam características do clima subtropical, tipicamente característico do Brasil Meridional, de uma maior regularidade ou menor redução da pluviosidade média mensal nos meses mais secos, condição que atribui a este setor uma maior frequência dos eventos de pluviosidade (**Tabela 11**).

Da mesma forma, o posto pluviométrico de Ribeirão Claro obteve o menor número médio anual de dias de chuva, equivalente a 80 dias, e não apresenta a maior cota altimétrica dentre os postos pluviométricos. Atribui-se a localização de Ribeirão Claro, no extremo setentrional, para uma redução do número anual de dias de chuva, uma vez que esta região apresenta uma tendência a características de tropicalização climática, conforme Nimer (1989), com uma maior concentração de chuvas nos meses de verão (**Tabela 11**).

Tabela 11 – Hipsometria, os resultados de pluviosidade média anual (mm) e o número médio anual de dias de chuva para o período de 1976 a 2012 para a estação meteorológica* e os postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

| Número no mapa de localização | Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica | Altitude (m) | Precipitação média anual (mm) | Número médio anual de dias de chuva |
|-------------------------------|--|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Carlópolis (Nova Brasília) | 563 | 1379,7 | 90 |
| 2 | Castro (Fazenda Marão) | 1100 | 1469,7 | 102 |
| 3 | Doutor Ulysses (Varzeão) | 818 | 1787,6 | 125 |
| 4 | Jaguariaíva (Eduardo Xavier da Silva) | 1000 | 1410,6 | 98 |
| 5 | Jaguariaíva | 890 | 1546,4 | 114 |
| 6 | Joaquim Távora* | 512 | 1395,9 | 115 |
| 7 | Piraí do Sul | 1068 | 1540,1 | 103 |
| 8 | Piraí do Sul (Capinzal) | 1026 | 1409,0 | 126 |
| 9 | Ribeirão Claro | 782 | 1411,6 | 80 |
| 10 | Santana do Itararé | 543 | 1369,9 | 93 |
| 11 | São José da Boa Vista | 550 | 1278,6 | 96 |
| 12 | São José da Boa Vista (Barra Mansa) | 850 | 1475,6 | 97 |
| 13 | Sengés | 650 | 1454,9 | 93 |
| 14 | Tomazina | 483 | 1480,2 | 114 |

O gráfico da **figura 13** corresponde ao total anual das alturas pluviométricas da média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos selecionados para a caracterização da pluviosidade da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), que apresenta uma média de pluviosidade anual equivalente a 1457,9 mm. Os valores mais elevados de pluviosidade, superiores a 1700 mm, ocorreram para os anos de 1982, 1983, 1995, 1997 e 2009. Contrariamente, com uma pluviosidade inferior a 1200 mm, a menor pluviosidade para a bacia hidrográfica foi identificada para os anos de 1985, 1999 e 2006. Conforme Grimm e Tedeschi (2009), o aumento da pluviosidade média anual especificamente para os anos de 1982, 1983, 1997 e 2009 é atribuído à ocorrência do El Niño, fenômeno que habitualmente responde pelo aumento da pluviosidade na região Sul do Brasil. Inversamente, os anos de 1985 e 1999 tem sua redução de pluviosidade atribuída à atuação do fenômeno La Niña, responsável pela redução das chuvas na região Sul do Brasil.

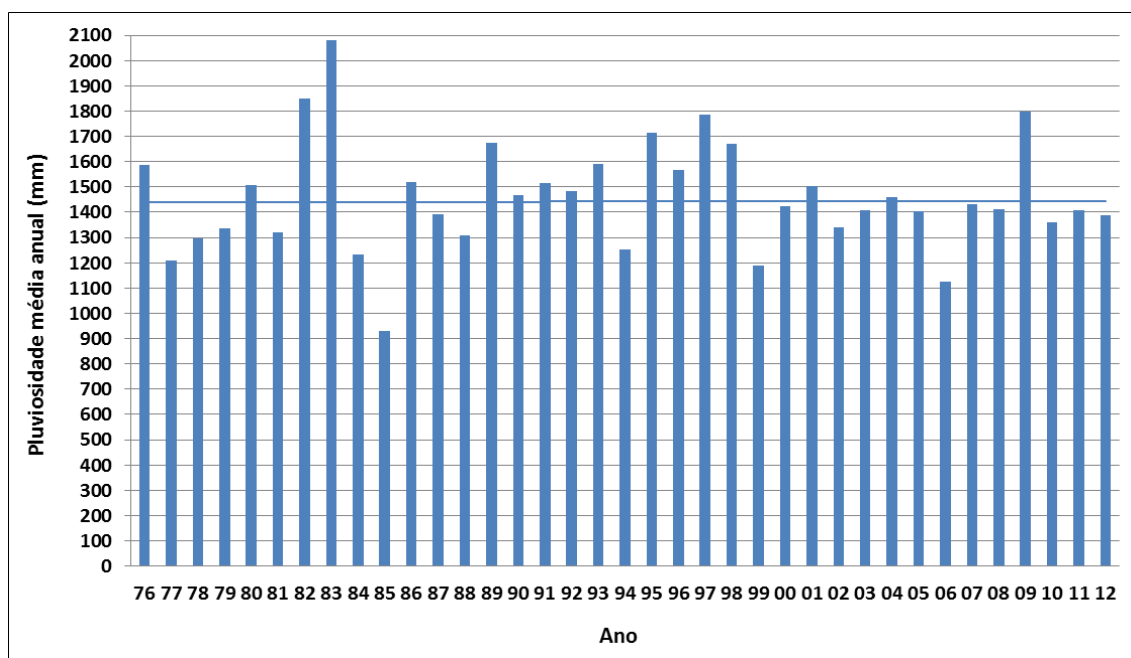


Figura 13 - Distribuição anual da pluviosidade (mm) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O gráfico da **figura 14** demonstra o agrupamento em anos chuvosos, secos e habituais para a pluviosidade anual (mm) na bacia hidrográfica do rio Itararé. Os anos chuvosos estiveram entre o intervalo de 2080,9 mm (1983) e 1674,4 mm (1989), obtendo uma média de 1817,4 mm, aproximadamente 27% superior à média obtida. Os anos secos mostraram valores totais anuais entre 930,5 mm, para o ano de 1985, e 1318,8 para o ano de 1981, com uma média de 1194,1 mm, registrando um volume 18% menor em relação à média histórica. Os anos habituais apresentaram alturas pluviométricas entre 1318,8 mm a 1670,2 mm, com uma média de 1442,1 mm, bastante aproximado para a série histórica.

A análise da variação anual da pluviosidade para a área de estudo a partir do emprego da técnica de agrupamentos permitiu identificar padrões de tipologia pluvial adequadamente ajustada à série histórica e, simetricamente, aos dados registrados pelos postos pluviométricos e pela estação meteorológica. Inclusive, a identificação de dois anos excepcionais dentre os agrupamentos permitiu elegê-los como anos representativamente chuvoso (1983) e seco (1985), que posteriormente foram utilizados para uma análise comparativa para a aplicação do sistema classificatório mais adequado à caracterização da área de estudo.

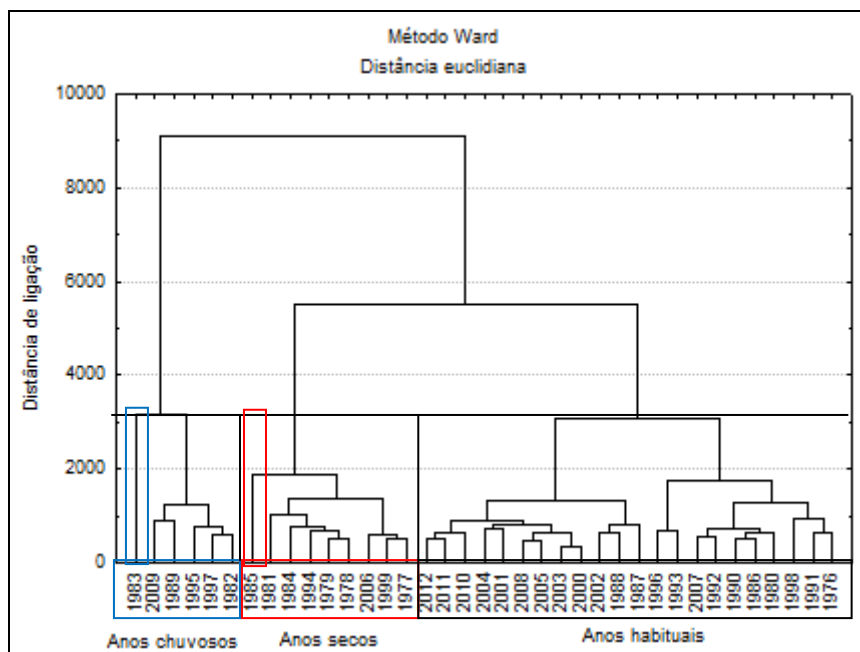


Figura 14 - Dendrograma do agrupamento em anos chuvosos, secos e habituais para a pluviosidade anual (mm) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O mapeamento da pluviosidade máxima absoluta e mínima absoluta possibilitou a identificação de algumas tendências espaciais de distribuição da pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). Os setores sul e sudeste obtiveram as maiores alturas máximas absolutas de pluviosidade anual, superiores a 3500 mm, ao passo que para grande porção da bacia hidrográfica o maior registro de pluviosidade anual não superou os 2000 mm, sobretudo nos setores oeste e norte (**Figura 15 A**). Indicou-se, portanto, que o setor sudeste apresenta registros de pluviosidade máxima absoluta anual superior a 110% ao definido pela série histórica, e, contrariamente, os setores oeste e norte mostraram alturas pluviométricas máximas que não ultrapassam a 45% do valor médio anual. Esses resultados indicam a propensão a maiores extremos de elevadas alturas pluviométricas para o setor sudeste da bacia hidrográfica, considerando os valores superiores a 3500 mm em comparação à média do ano de 1983, o mais chuvoso da série histórica.

O setor sul da bacia hidrográfica apresentou os maiores valores da pluviosidade mínima absoluta anual, superiores a 1000 mm, enquanto o setor leste é o que se verificou a maior redução da pluviosidade, com registros inferiores a 750 mm anuais (**Figura 15 B**). Desta forma, destaca-se que o volume mínimo registrado para o setor sul corresponde a uma redução de aproximadamente 40% em relação à média anual de pluviosidade, ao passo que a redução da pluviosidade mínima absoluta anual em comparação com a média foi superior a 45% para o setor leste.

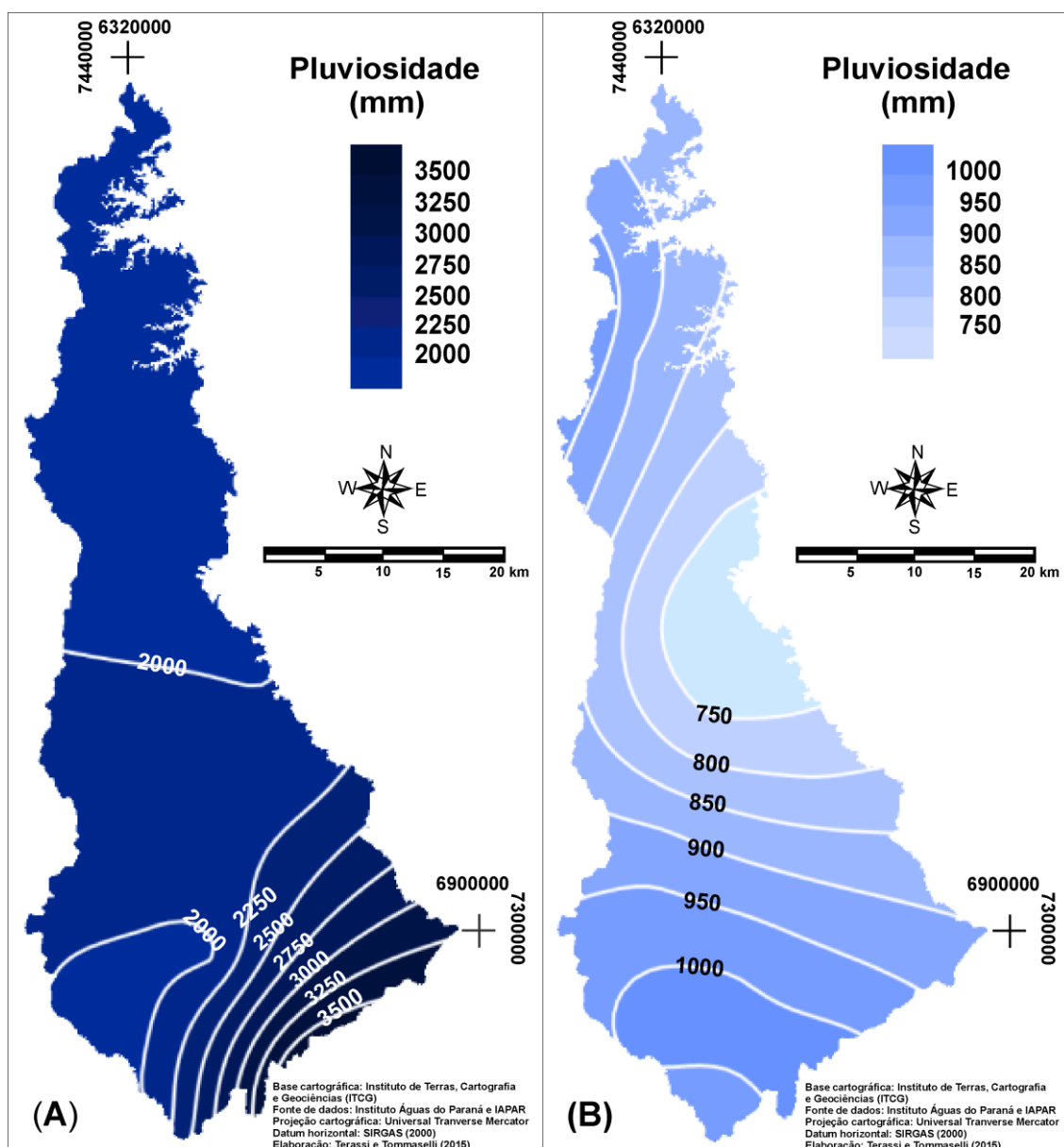


Figura 15 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima absoluta anual (mm) (A) e da pluviosidade mínima absoluta anual (mm) (B) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O gráfico da **figura 16** representa a distribuição anual do número de dias de chuva do recorte de estudo, que obteve uma média de 103,4 dias de chuva. O gráfico da **figura 17** representa o dendograma de agrupamento do número anual de dias de chuva para a bacia hidrográfica. Os anos chuvosos apresentaram uma média de 127,7 dias de chuva, com um intervalo entre 119 (1980) a 133 (1982) dias de chuva. Os anos habituais tendentes a chuvosos mostraram um número médio de 110,0 dias de chuva, com um máximo de 118 (1996) e mínimo de 103 dias (1981). Os anos habituais tendentes a seco obtiveram uma média de 94,6 dias de chuva, com valores variáveis entre 88 (2002) a 99 (2012). Os anos mais secos da série histórica resultaram numa média de 86,4 dias anuais de pluviosidade, com um mínimo de 80 (2006) e um máximo

de 87 (2007) dias de chuva. Observa-se que os anos de 1976, 1982 e 1983 estiveram sob a atuação do fenômeno El Niño, condição que responde pelo aumento significativo da pluviosidade diária anual. Especialmente para os anos de 1978, 1985 e 1999, nota-se que a ocorrência de La Niña foi determinante para a diminuição do número anual de dias de chuva (TRENBERTH, 1997; GRIMM; TEDESCHI, 2009).

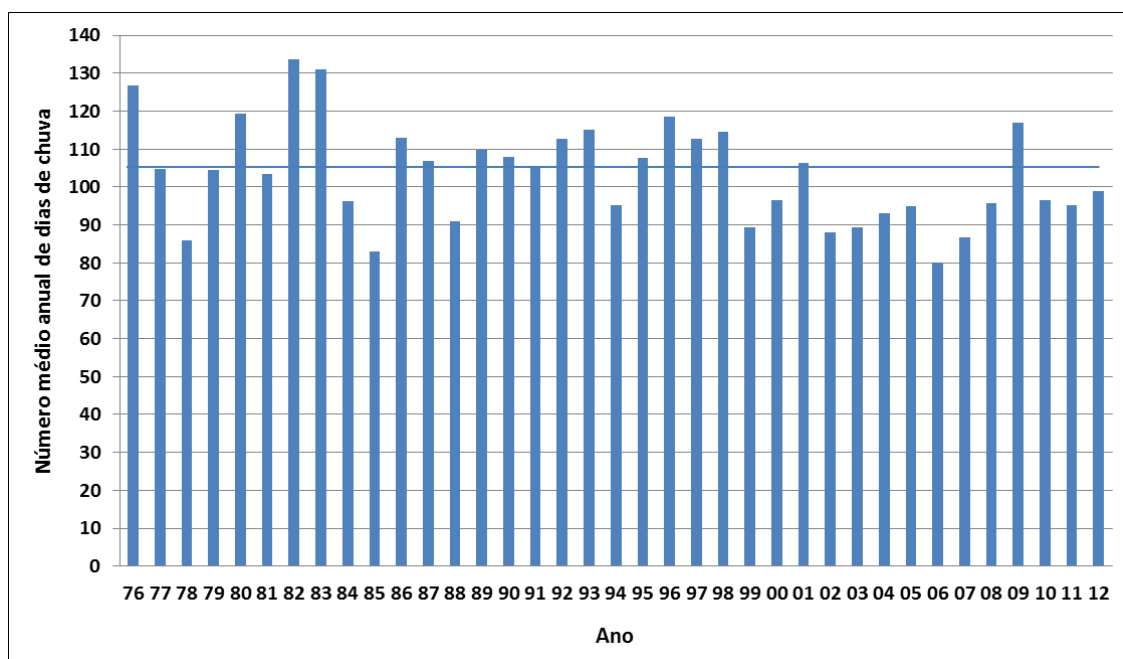


Figura 16 - Distribuição anual do número de dias de chuva para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizadas dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

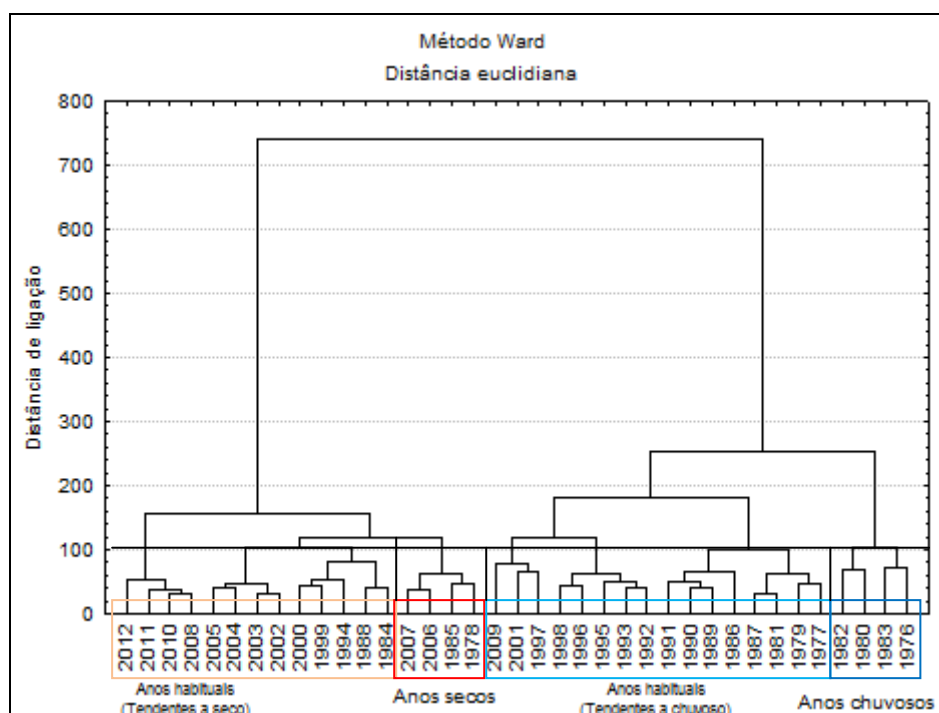


Figura 17 - Dendrograma do agrupamento de anos habituais (tendentes a seco), secos, habituais (tendentes a chuvoso) e chuvosos para o número anual de dias de chuva na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A espacialização dos registros máximos e mínimos anuais de dias de chuva possibilitou a compreensão da variação da pluviosidade diária anual para a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). Obtiveram-se valores de número máximo anual de dias de chuva superior a 160 dias para o setor oeste e sul da bacia hidrográfica, ao passo que o setor extremo norte apresentou valores inferiores a 120 dias, valores que correspondem a um aumento próximo a 50% aos registrados pela normal climatológica (**Figura 18 A**). Indica-se que os setores oeste e sul registraram os maiores valores mínimos de pluviosidade diária anual, com valores superiores a 85 dias, enquanto observa-se para o setor extremo norte um número mínimo anual de dias de chuva inferior a 60 dias. Estas alterações implicam em uma redução de aproximadamente 25% em relação ao número de dias de chuva da média histórica (**Figura 18 B**).

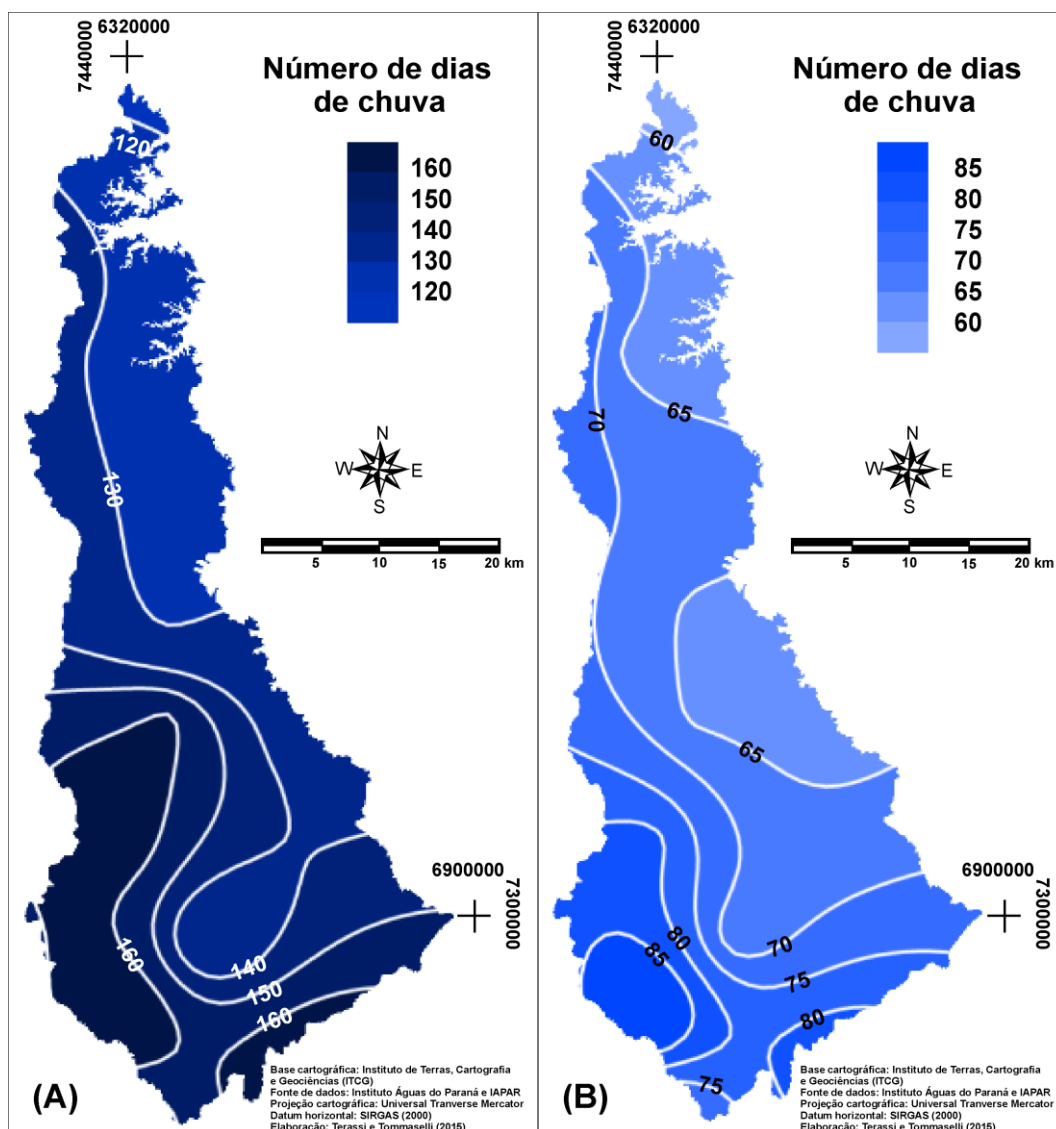


Figura 18 - Distribuição espacial do número máximo anual (A) e número mínimo anual (B) de dias de chuva para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.1.2 Pluviosidade sazonal

As características sazonais de pluviosidade estão representadas pela **figura 19**. As duas estações mais chuvosas são o verão e a primavera, que juntas correspondem a 924,6 mm e a 63,4% da pluviosidade média anual. Observa-se que a estação mais chuvosa é o verão com uma média de pluviosidade equivalente a 502,9 mm e a 34,5% do volume médio anual. As duas estações menos chuvosas são o inverno e o outono, que somadas apresentam 533,3 mm e 36,6% da pluviosidade média anual. O inverno é a estação menos chuvosa e obteve uma média de 259,3 mm, igual a 17,4% da média pluviométrica anual.

O verão e a primavera são as estações que apresentam o maior número de dias de chuva, concentrando em média 65,1 dias de chuva e 62,9% do número anual de dias de chuva. O verão é a estação com o maior número de dias de chuva, equivalente a uma média de 35,2 dias e a 34,0% da média anual. O inverno e o outono são as estações com o menor número médio de dias de chuva, pois obtiveram uma média de 38,4 dias de chuva e a 37,1% da média anual. O inverno é a sazonalidade com o menor número de dias de chuva, com uma média de 18,7 dias e uma concentração de 18,1% do total anual de dias de chuva (**Figura 19**).

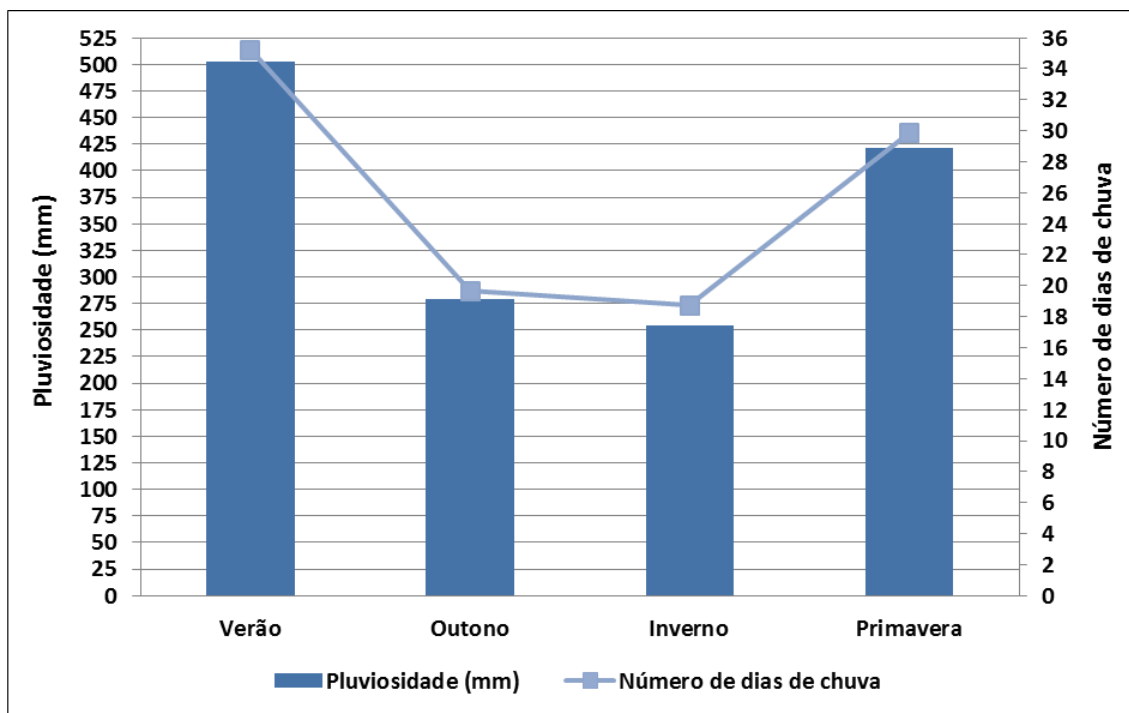


Figura 19 - Distribuição sazonal da pluviosidade (mm) e do número de dias de chuva para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

Notadamente, a pluviosidade sazonal e o número sazonal de dias de chuva são controlados pela dinâmica atmosférica regional. O Brasil Meridional é controlado pelo campo de ação de quatro massas de ar: massa Polar atlântica (mPa), formada pelo ar polar marítimo sobre o oceano austral ao norte de 65°S, mais pronunciada no inverno, mas com forte atuação durante o ano todo; massa Tropical atlântica (mTa), formada no Atlântico Sul é uma massa quente, úmida e com tendência à estabilidade pela subsidência da Alta Subtropical do Atlântico Sul; massa Tropical continental (mTc) que, associada à Baixa do Chaco, é caracterizada por baixa umidade aliada à forte subsidência da Alta da Bolívia (circulação superior), que dificulta a formação de nuvens; massa Equatorial continental (mEc), formada na planície Amazônica sobre o continente aquecido, é quente e úmida e afeta a região Sul durante o verão (NIMER, 1989; ROSSATO, 2011).

Durante o período de verão e primavera destaca-se que há uma grande alternância dos diferentes fluxos destas massas de ar, sobretudo pelas seguintes condições: intensificação da participação da atuação da massa Tropical atlântica, quando durante o verão o aquecimento basal e o efeito orográfico ocasionado pelo contato com a superfície continental a tornam uma massa instável; a massa Equatorial continental atua de forma mais incisiva durante este período, que com sua expansão pelo continente responde pelo aumento de temperatura e umidade e, conseqüentemente, da pluviosidade; e a frente Polar atlântica, mecanismo atmosférico que antecede a massa Polar atlântica, que conjugada aos sistemas atmosféricos intertropicais, responde pelo aumento da instabilidade na região (NIMER, 1989; BALDO, 2006; MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007; ROSSATO, 2011).

Além disso, a frequente formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), grande faixa de nebulosidade persistente que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul Central, no sentido sudeste a noroeste, e que ocasiona significativo volume de pluviosidade (QUADRO et al., 2012). A participação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), mais frequente no outono e, sobretudo, na primavera, compreende um grande aglomerado de nuvens convectivas formadas no Norte da Argentina, por vezes associadas a passagem de sistemas frontais, e caracterizada por formar grande instabilidade por um período de 6 a 12 horas (VELASCO; FRITSCH, 1987). Por fim, a formação das Linhas de Instabilidade Tropical, a partir da configuração atmosférica regional de umidade e temperaturas

elevadas, propicia a ocorrência de eventos de elevada pluviosidade concentrada em um curto período (BEREZUK; SANT'ANNA NETO, 2006).

A redução dos totais pluviométricos na região para o outono e inverno se atribui a menor participação dos sistemas intertropicais (massas tropicais e perturbações delas decorrentes), com uma maior dependência da frente Polar atlântica para a formação de instabilidade e, majoritariamente, a atuação diferenciada da massa Tropical atlântica, que com o resfriamento da superfície torna-se estável (BALDO, 2006).

A vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé obteve as maiores médias de pluviosidade sazonal predominantemente para o setor sudeste, enquanto o setor leste e norte foram às porções da área de estudo com as menores alturas pluviométricas sazonais médias. O verão obteve pluviosidade média superior a 600 mm para o setor sudeste e inferior a 475 mm no setor leste (**Figura 20 A**). Verifica-se para a primavera uma pluviosidade média superior a 475 mm para o setor sudeste e inferior a 400 mm para o setor leste (**Figura 20 B**). Destaca-se que tanto para o verão quanto para a primavera que o setor oeste da bacia hidrográfica, mesmo com valores mais elevados de cotas altimétricas, apresenta uma redução relevante da pluviosidade média. A estação menos chuvosa do ano, o inverno apresenta uma pluviosidade superior a 300 mm para o setor sudeste e inferior a 225 mm para o setor norte (**Figura 20 C**). Nota-se que para o outono os setores sudestes e oeste obtiveram as maiores médias de pluviosidade, com isolinhas superior a 300 mm, e que os setores norte e leste apresentaram isoietas inferiores a 275 mm (**Figura 20 D**).

Observa-se que os setores oeste e sudeste obtiveram os maiores valores de pluviosidade diária média sazonal, ao passo que o setor norte mostrou-se de menores valores médios sazonais de dias de chuva. A estação com o maior número de dias de chuva, o verão apresentou valores superiores a 38 dias de chuva para as porções oeste e sudeste, e inferiores a 28 dias de chuva para o setor extremo norte (**Figura 21 A**). A primavera caracteriza-se por uma maior média de número de dias de chuva para os setores oeste e sudeste, com isolinhas superiores a 32 dias, e menor média de dias de chuva para o setor norte, inferior a 26 dias (**Figura 21 B**). O inverno, a estação de menor pluviosidade diária média, obteve valores superiores a 22 dias para os setores oeste e sudeste, e inferiores a 14 dias para o setor norte (**Figura 21 C**). Infere-se que o outono apresenta uma pluviosidade diária superior a 22 dias para os setores oeste e sudeste, enquanto se verifica para a porção norte uma média inferior a 16 dias (**Figura 21 D**).

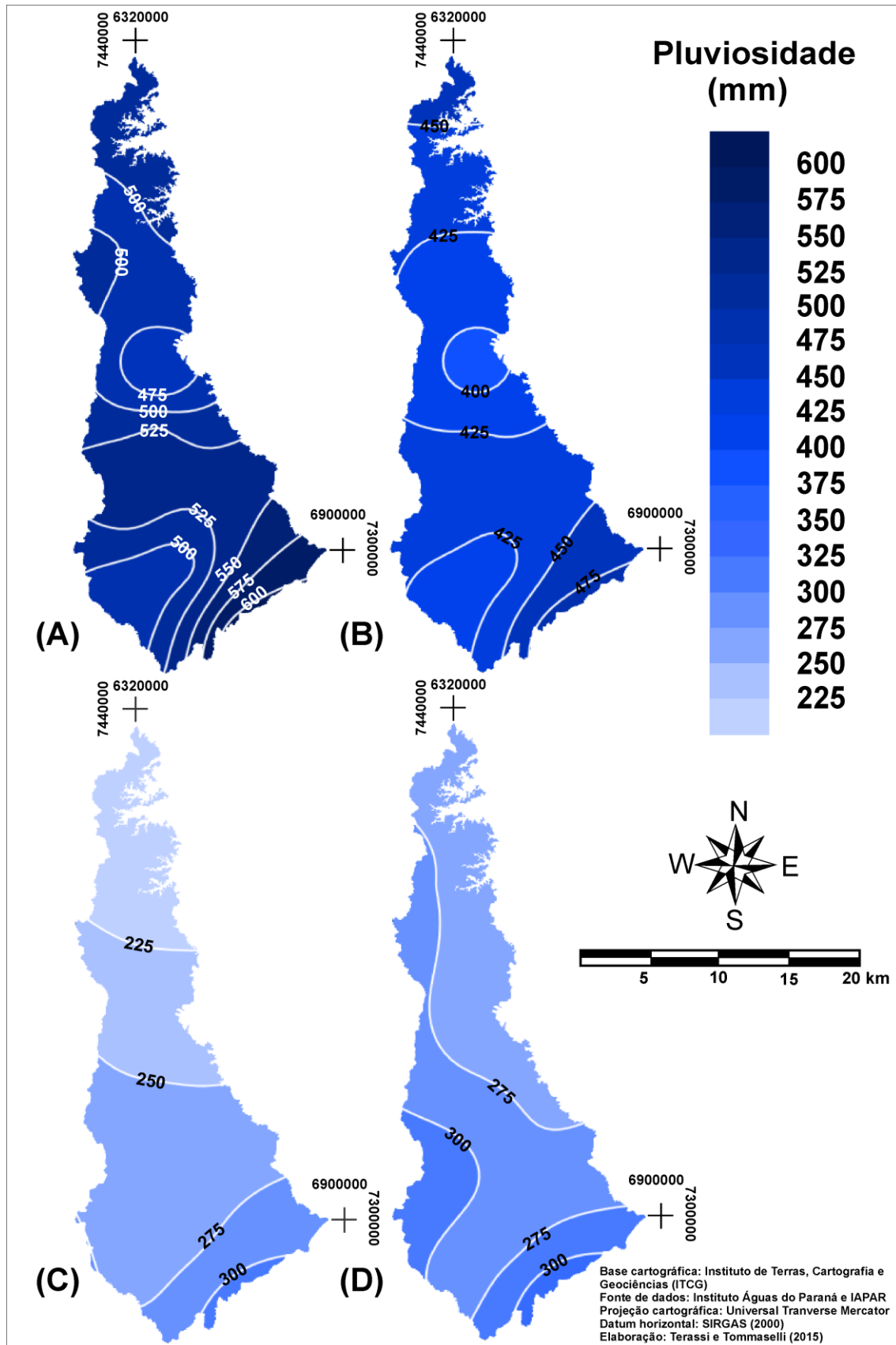


Figura 20 - Distribuição espacial da pluviosidade (mm) média para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

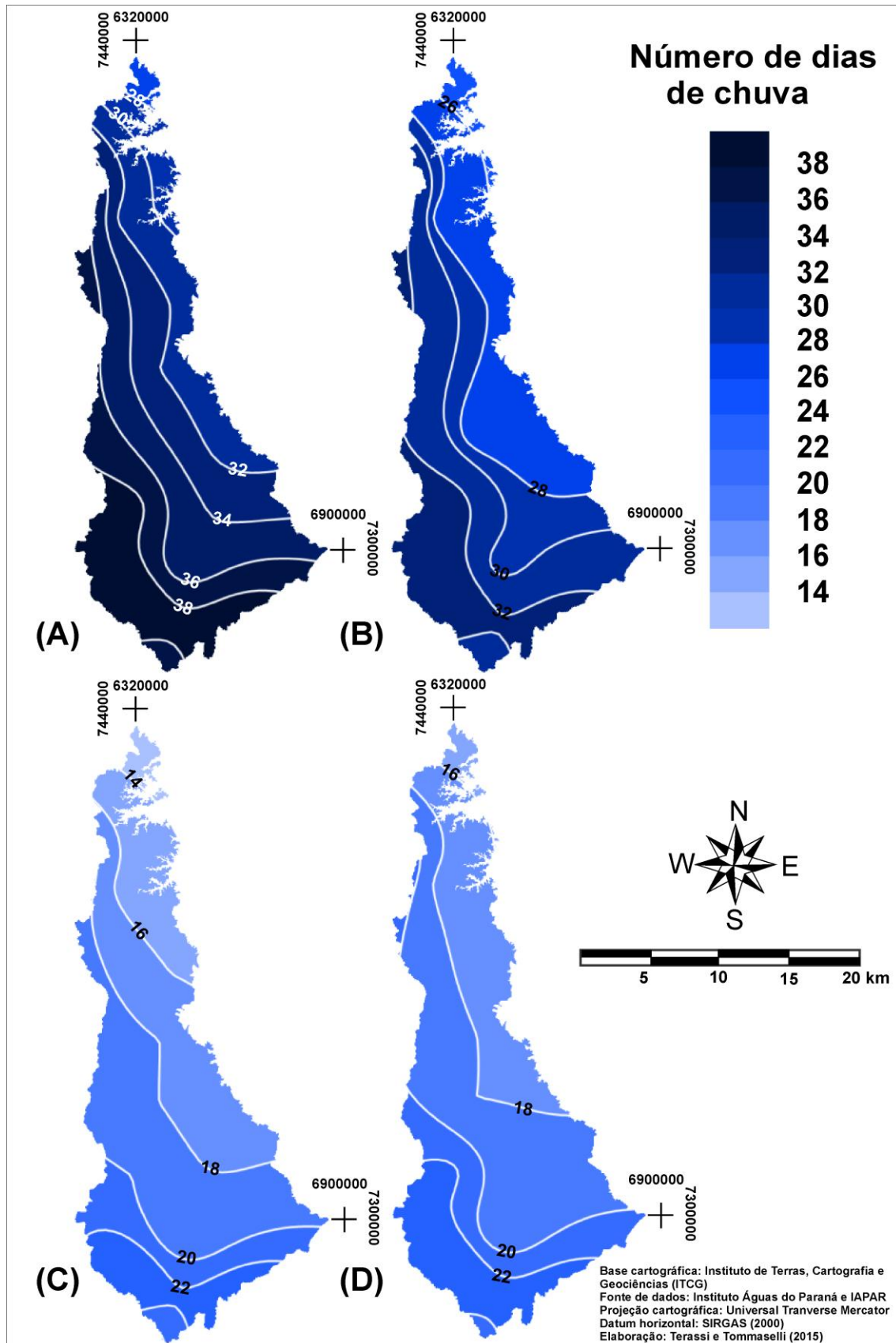


Figura 21 - Distribuição espacial da pluviosidade diária média para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.1.3 Pluviosidade mensal

As características de pluviosidade sazonal descritas anteriormente delineiam uma tendência de distribuição mensal, com uma elevação dos totais pluviométricos médios para os meses de verão e primavera e uma redução significativa para os meses de inverno e outono. O período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro concentra 71,3% da pluviosidade anual, enquanto que o período que vai de abril a agosto corresponde somente a 28,7% volume total anual. A distribuição mensal do número médio de dias de chuva esteve em conformidade com as características do volume médio de pluviosidade mensal, sendo que o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro concentra 71,4% do número anual e dias de chuva (**Figura 22**).

O mês de janeiro é isoladamente o mês mais chuvoso, com uma média de pluviosidade equivalente a 218,3 mm e uma concentração de 15,0% da pluviosidade anual média. Os meses de julho e agosto caracterizam-se por serem os meses menos chuvosos, com média de pluviosidade de 78,9 mm e 60,3 mm. Com o maior número de dias de chuva, o mês de janeiro obteve uma média de 13,9 dias. Verifica-se uma gradativa redução da pluviosidade diária média mensal, que vai a 5,8 dias em julho e 5,1 dias em agosto (**Figura 22**).

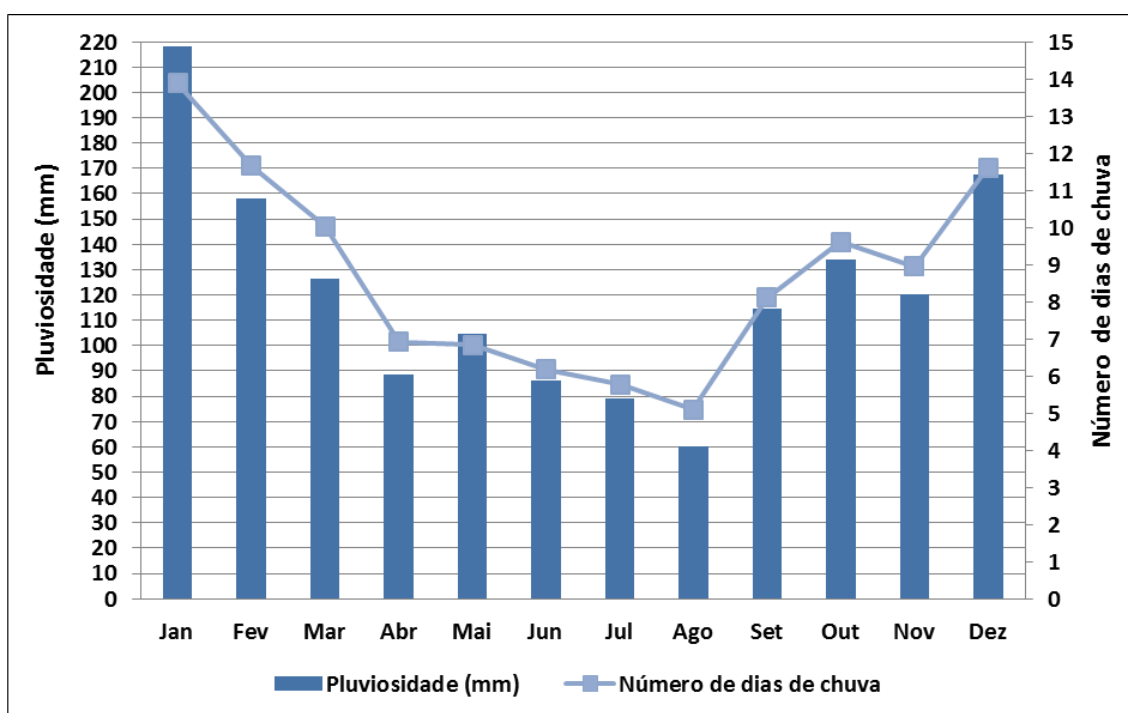


Figura 22 - Distribuição mensal da pluviosidade (mm) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos inseridos no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A realização da análise cluster para os dados de pluviosidade média mensal (mm) permitiu estabelecer as regiões homogêneas que explicam a variação anual e sazonal desse parâmetro (**Figura 23 - Anexo I**). A regionalização dos dados reafirmou que a distribuição espacial e temporal da pluviosidade (mm) para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé está mais diretamente ligada aos aspectos da dinâmica atmosférica do que ao fator orográfico.

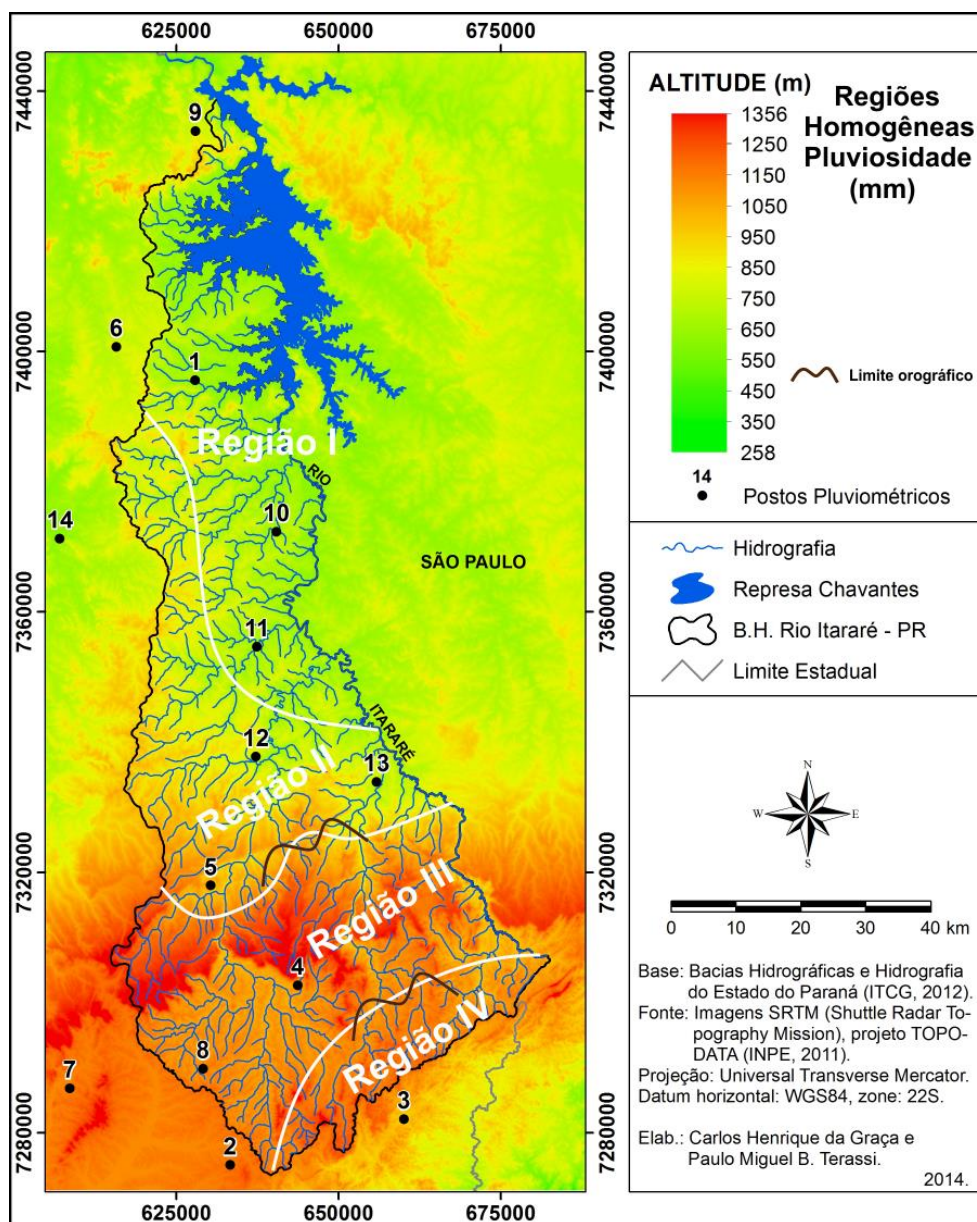


Figura 23 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a pluviosidade média mensal (mm) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A primeira região homogênea corresponde ao setor de menor média pluviométrica anual (1367,2 mm) e de menor média da hipsometria (590) e localiza-se no setor norte da bacia hidrográfica, região de maior redução das chuvas nos meses de

outono e inverno, sobretudo pela circulação atmosférica regional, mostrando de forma geral a menor média pluviométrica mensal. Portanto, este setor apresenta de forma mais notável a redução da orografia para a obtenção de menores valores de pluviosidade e a marcante característica de participação mais intensa dos sistemas atmosférica intertropical para a geração de chuvas e a redução da atuação dos sistemas atmosféricos extratropicais (**Figura 24 - Tabela 12**).

A segunda região homogênea para a pluviosidade média mensal localiza-se no setor central da bacia hidrográfica, apresenta uma hipsometria média de 718 metros e uma pluviosidade média anual de 1489,3 mm. A terceira região homogênea situa-se nos setores oeste e leste, mostrou uma média pluviométrica anual de 1457,4 mm e uma hipsometria média de 1049 metros. Desta forma, verifica-se que para este recorte espacial o fator orográfico não é significativo para a distribuição espacial dos volumes de pluviosidade. No entanto, comparativamente, mostrou-se que a região II apresentou maiores valores de pluviosidade para os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, meses característicos de verão e primavera, ao passo que a região III obteve maiores alturas pluviométricos para os meses de outono e inverno. Essa condição demonstra que a região II caracteriza-se por uma maior pluviosidade dentre as três regiões (I, II e III) por apresentar de forma mais significativa à interação entre sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais (**Figura 24 - Tabela 12**).

Excepcionalmente, a região IV refere-se ao posto pluviométrico de Doutor Ulysses (Varzeão), que se caracteriza por uma pluviosidade média anual de 1787,6 mm, apresenta uma hipsometria de 818 metros e localiza-se no setor sudeste. Essa porção da bacia hidrográfica apresenta as maiores médias de pluviosidade para todos os meses do ano, o que se atribui ao fato de que majoritariamente os sistemas atmosféricos extratropicais atuam de forma mais incisiva nesta região em relação aos demais setores da área de estudo. Ainda, explica-se que o fator orográfico é determinante para a ocorrência de maiores valores de pluviometria até determinada altitude, pois a formação de chuvas convectivas, por exemplo, ocorre com maior frequência a partir de maiores médias térmicas e maiores níveis de evapotranspiração (**Figura 24 - Tabela 12**).

Tabela 12 - Hipsometria e pluviosidade média anual para as regiões homogêneas da média mensal pluviométrica para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

| Região | Hipsometria média (m) | Pluviosidade média anual (mm) | Região | Hipsometria média (m) | Pluviosidade média anual (mm) |
|--------|-----------------------|-------------------------------|--------|-----------------------|-------------------------------|
| I | 590 | 1367,2 | III | 1049 | 1457,4 |
| II | 718 | 1489,3 | IV | 818 | 1787,6 |

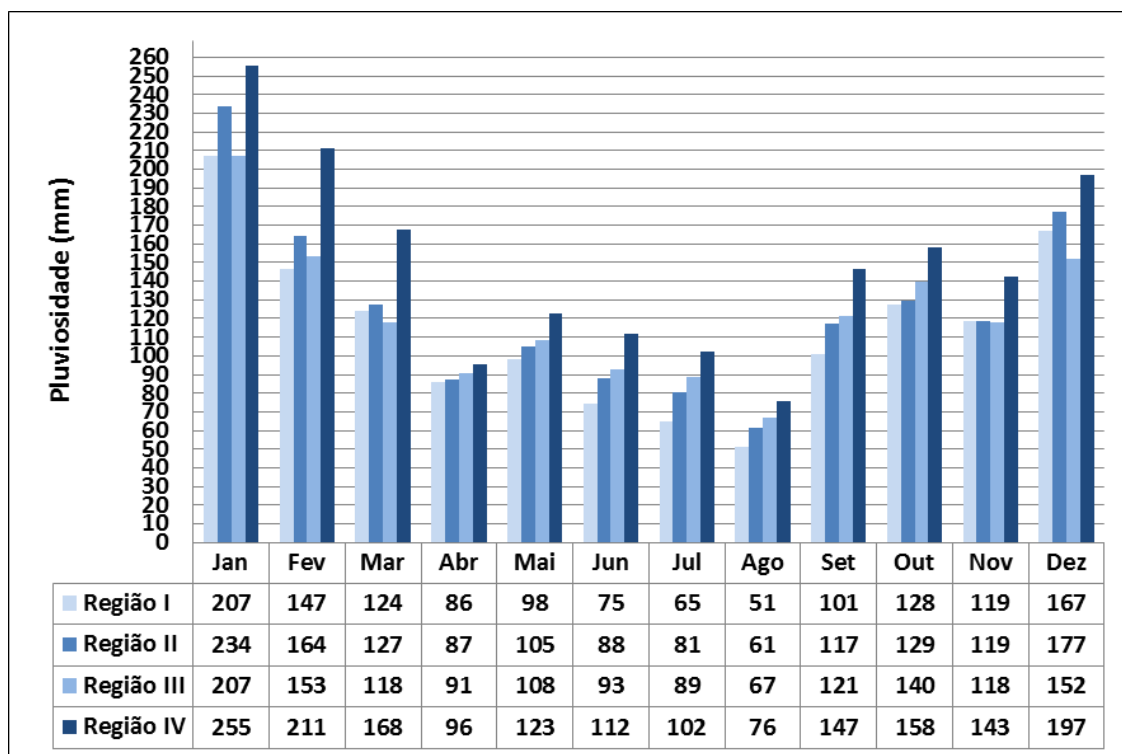


Figura 24 - Distribuição mensal da pluviosidade (mm) para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A **figura 25** apresenta a distribuição espacial das três regiões homogêneas obtidos para o número mensal de dias de chuva. Esta setorização foi gerada a partir da análise de agrupamento (**Anexo II**) e a compreensão da distribuição sazonal das isolinhas de número de dias de chuva. Os postos pluviométricos 6 e 14 foram excluídos por localizarem-se distante de seus grupos homogêneos e da área de estudo.

Foram obtidas três regiões distintas quanto ao comportamento mensal do número de dias de chuva, que apresenta um padrão bastante concordante com a ideia de que a ocorrência de pluviosidade, no caso o número de dias de sua ocorrência, está associada a determinado ponto pela orografia e que, no entanto, após cotas altimétricas superiores a aproximadamente 900 metros, o efeito orográfico não atua no acréscimo pluviométrico (**Tabela 13**).

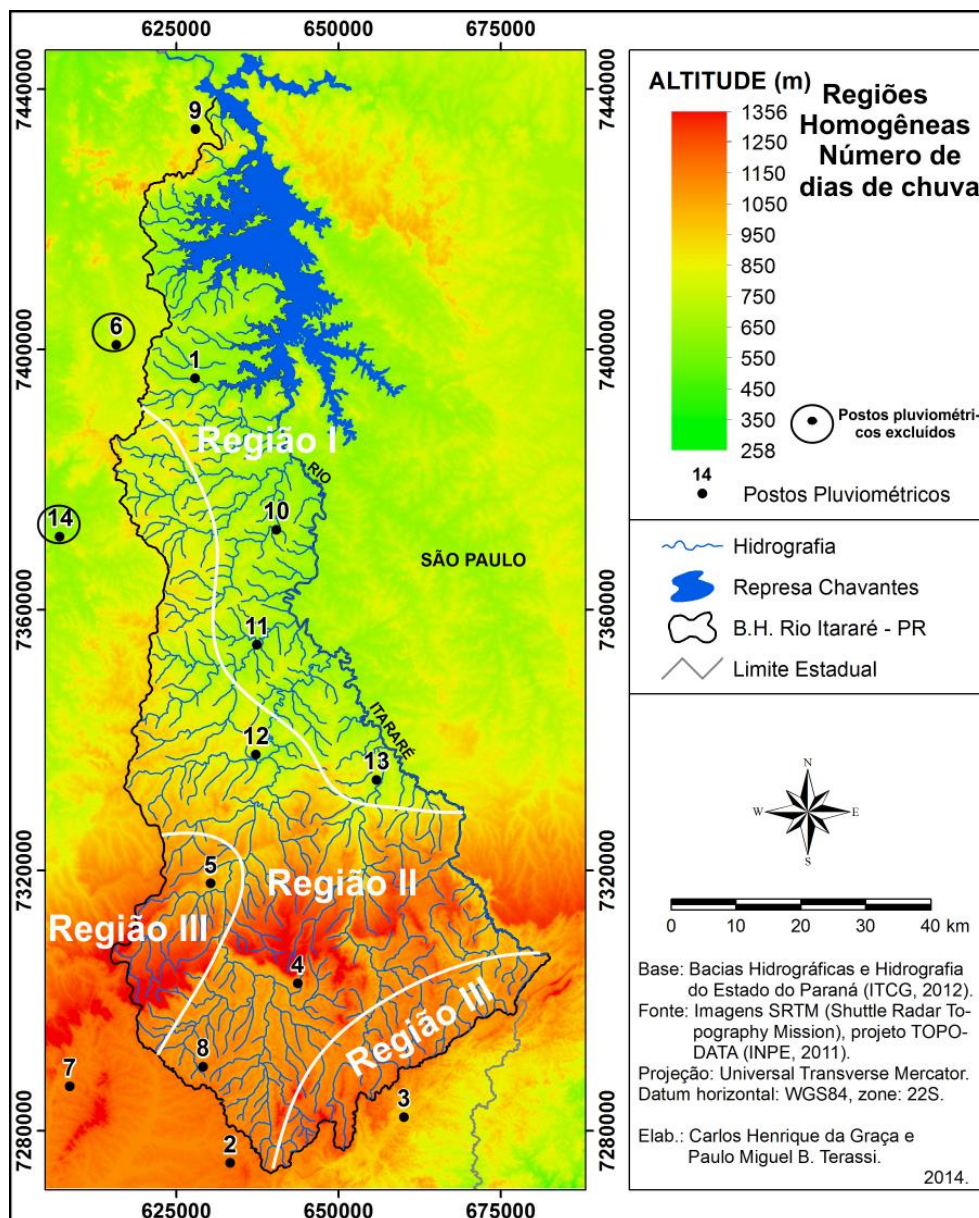


Figura 25 - Distribuição espacial das regiões homogêneas do número mensal de dias de chuva para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A região homogênea I está localizada no setor norte da bacia hidrográfica, apresenta uma hipsometria média de 618 metros e uma média de 90,5 dias de chuva mensal. Este setor caracteriza-se por uma maior influência da tropicalização climática, com uma maior redução do número de dias de chuva para os meses de outono e inverno (abril a agosto) e, conjuntamente, as reduções das cotas altimétricas, determinam a redução da frequência de dias com pluviosidade. Trata-se do setor que apresenta o menor número de dias de chuva para todos os meses do ano (**Figura 26 - Tabela 13**).

A região homogênea II situa-se nos setores sudoeste, central e noroeste da bacia hidrográfica, onde se obteve um número médio anual de 100,1 dias de chuva e uma hipsometria média de 1005 metros. Por sua vez, a região homogênea III localiza-se nos

setores oeste e sudeste da bacia hidrográfica, com uma média anual de 121,7 dias de chuva para uma hipsometria de 932 metros. Desta forma, observa-se que o grupo II homogêneo obteve maiores médias mensais de dias de chuva em relação ao grupo I e inferior ao grupo III, comprovando que o fator orográfico é condicionante para a ocorrência da pluviosidade e que, especificamente para esta área de estudo, o fator dinâmico (circulação atmosférica) é um aspecto determinante para a compreensão da distribuição espacial da frequência das chuvas (**Figura 26 - Tabela 13**).

Tabela 13 – Hipsometria e número médio anual de chuva para as regiões homogêneas do número mensal de dias de chuva para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

| Região | Hipsometria média (m) | Número médio anual de dias de chuva |
|--------|-----------------------|-------------------------------------|
| I | 618 | 90,5 |
| II | 1005 | 100,1 |
| III | 932 | 121,7 |

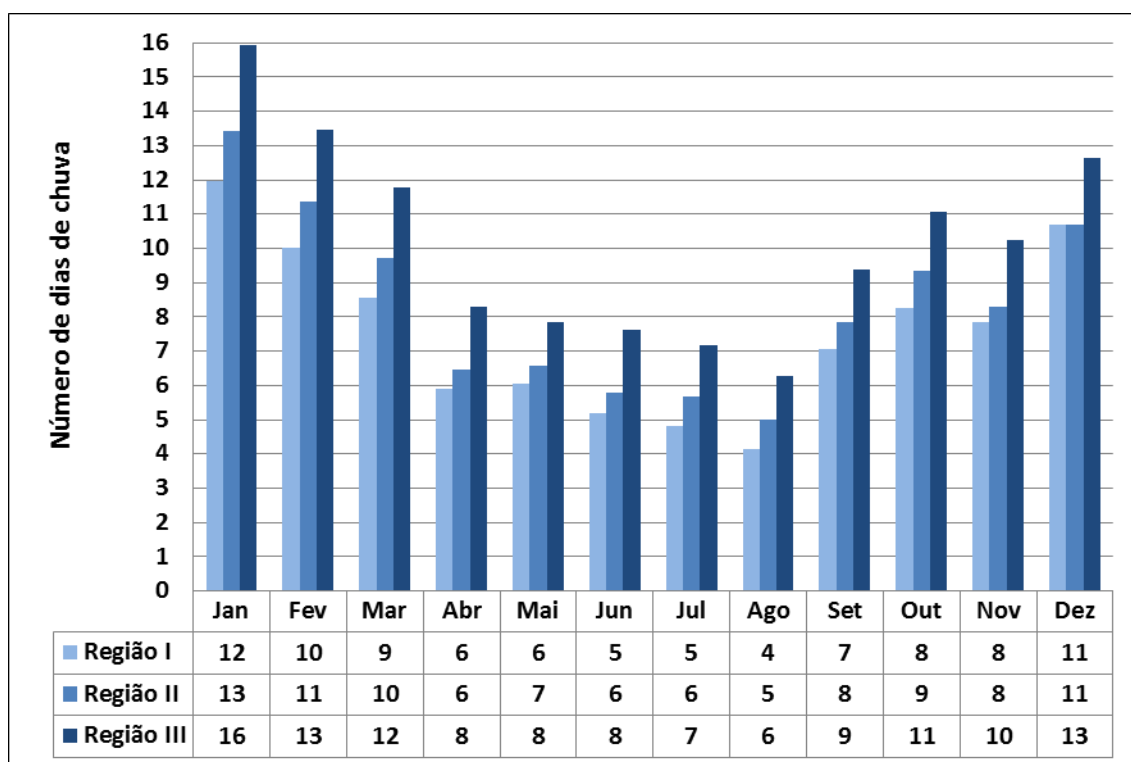


Figura 26 - Distribuição mensal de número de dias de chuva as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.2 Estimativas da erosividade das chuvas

5.2.1 Erosividade anual

O mapeamento dos valores gerados pelo índice de erosividade de Rufino, Biscaia e Merten (1993) permitiu a compreensão espacial do potencial erosivo das chuvas para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé. Observa-se que o setor sudeste obteve a maior erosividade média anual, com valores superiores a 8200 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. O setor leste apresenta a menor erosividade média anual, com isoerodente inferior a 6800 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Destaca-se que o setor oeste detém de uma redução relevante da erosividade média anual em relação às demais porções da bacia hidrográfica, com valor inferior a 7000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (**Figura 27**). Em comparação com a literatura mais recente, os resultados obtidos estão em desacordo com as isoerodentes obtidas para os setores do estado do Paraná em que está localizada a bacia hidrográfica do rio Itararé, visto que Waltrick et. al (2015) indicaram para o setor sul uma erosividade média anual inferior a 6000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, ao passo que para o setor norte apresentou resultados aproximados aos obtidos por estes mesmos autores, com isoerodentes superiores a 7000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Estas diferenças se justificam pela quantidade dos pontos de coletas de dados selecionados, pois o trabalho supracitado apresenta uma menor cobertura de postos pluviométricos para esta região e um recorte temporal inferior ao utilizado por esta pesquisa.

Nota-se que os resultados da erosividade média anual apresentou uma elevada correlação com os resultados de pluviosidade média anual, com um padrão predominante de erosividade média anual superior a 7400 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para os postos pluviométricos com volume médio anual superior a 1450 mm (**Figura 28 - Tabela 14**). No entanto, verifica-se que não há uma significativa relação entre a distribuição espacial das isoerodentes e as características altimétricas da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), assim como foi identificado para a pluviometria, uma vez que os setores mais elevados, correspondentes às porções oeste e central da bacia hidrográfica, apresentaram uma erosividade média anual inferior a 7600 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (**Figura 27 - Figura 29**).

Ressalta-se que o mapeamento da erosividade das chuvas generalizam, por meio da Krigagem, os resultados obtidos pela estação meteorológica e pelos postos pluviométricos, uma vez que São José da Boa Vista e Doutor Ulysses (Varzeão)

apresentaram uma erosividade média anual de $6445,1 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e $8726,2 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, respectivamente, para os intervalos de isoerodentes obtidos para a área de estudo, entre $6800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ a $8200 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 27 - Tabela 14**).

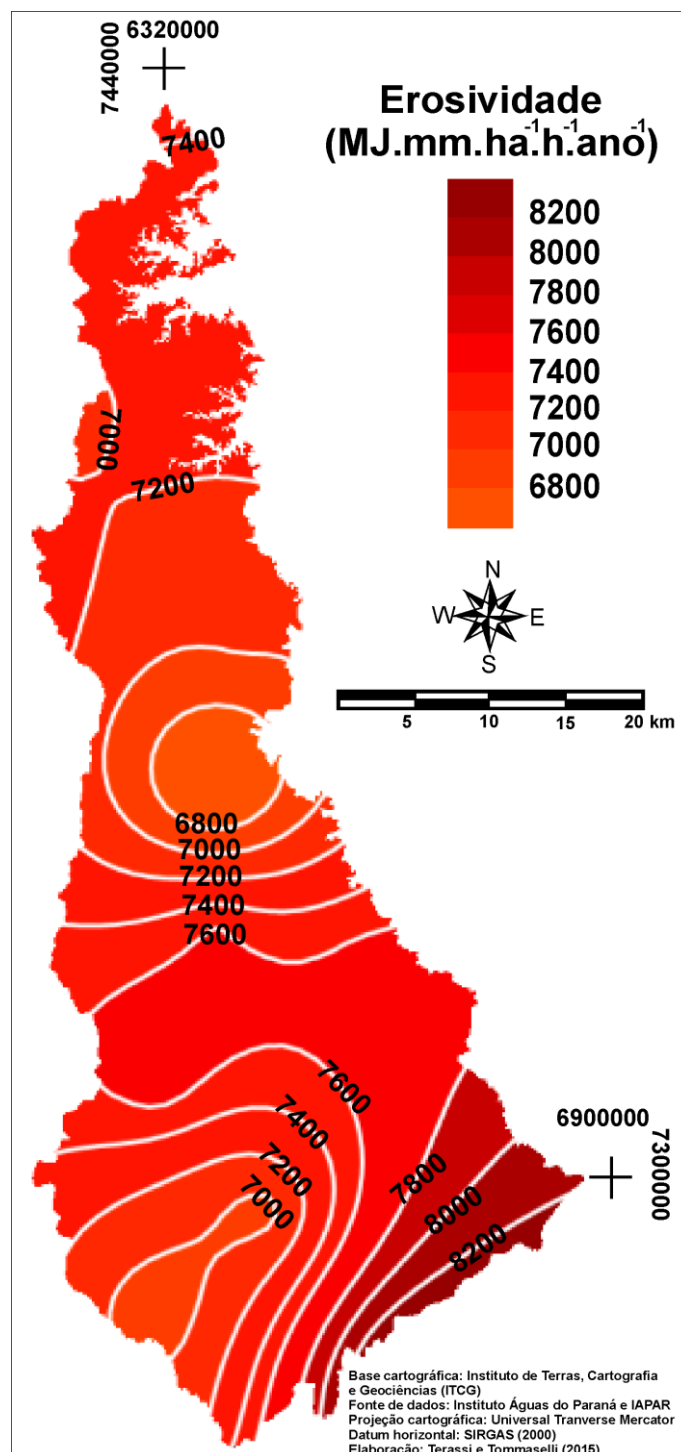


Figura 27 - Distribuição espacial da erosividade média anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para o período de 1976 a 2012 a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR

Tabela 14 - Pluviosidade média anual, erosividade média anual e densidade de fluxo de energia para os postos pluviométricos e estações meteorológicas* inseridos dentro e no entorno das bacias hidrográficas do rio Itararé - Paraná.

| Número | Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica | Altitude (m) | Precipitação média anual (mm) | Erosividade média anual (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹) | Densidade de fluxo de energia (MJ.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹) |
|--------|---|-----------------|-------------------------------------|---|--|
| 1 | Carlópolis (Nova Brasília) | 563 | 1379,7 | 7220,5 | 5,23 |
| 2 | Castro (Fazenda Marão) | 1100 | 1469,7 | 7079,9 | 4,82 |
| 3 | Doutor Ulysses (Varzeão) | 818 | 1787,6 | 8726,2 | 4,88 |
| 4 | Jaguariaíva (Eduardo Xavier da Silva) | 1000 | 1410,6 | 6920,5 | 4,91 |
| 5 | Jaguariaíva | 890 | 1546,4 | 7654,3 | 4,95 |
| 6 | Joaquim Távora* | 512 | 1395,9 | 7132,6 | 5,11 |
| 7 | Piraí do Sul | 1068 | 1540,1 | 7453,8 | 4,84 |
| 8 | Piraí do Sul (Capinzal) | 1026 | 1409,0 | 6882,3 | 4,88 |
| 9 | Ribeirão Claro | 782 | 1411,6 | 7405,6 | 5,25 |
| 10 | Santana do Itararé | 543 | 1369,9 | 7034,5 | 5,14 |
| 11 | São José da Boa Vista | 550 | 1278,6 | 6445,1 | 5,04 |
| 12 | São José da Boa Vista (Barra Mansa) | 850 | 1475,6 | 7556,3 | 5,12 |
| 13 | Sengés | 650 | 1454,9 | 7611,7 | 5,23 |
| 14 | Tomazina | 483 | 1480,2 | 7523,2 | 5,08 |

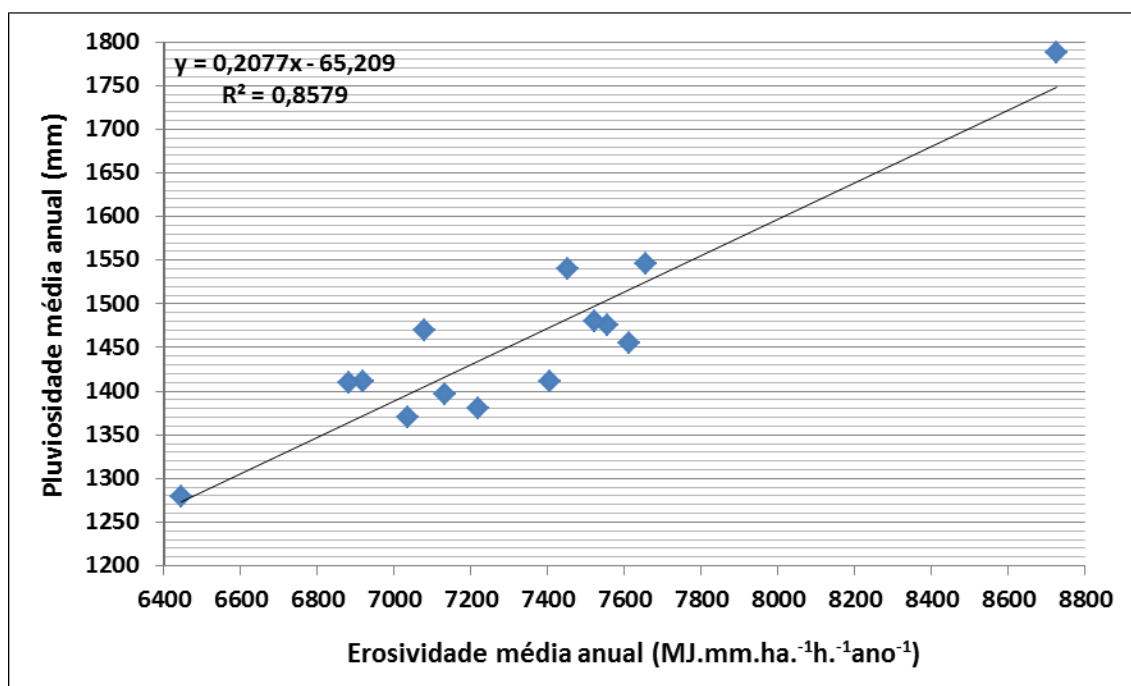


Figura 28 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a pluviosidade média anual (mm) e a erosividade média anual (MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano⁻¹) para a estação meteorológica e os treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

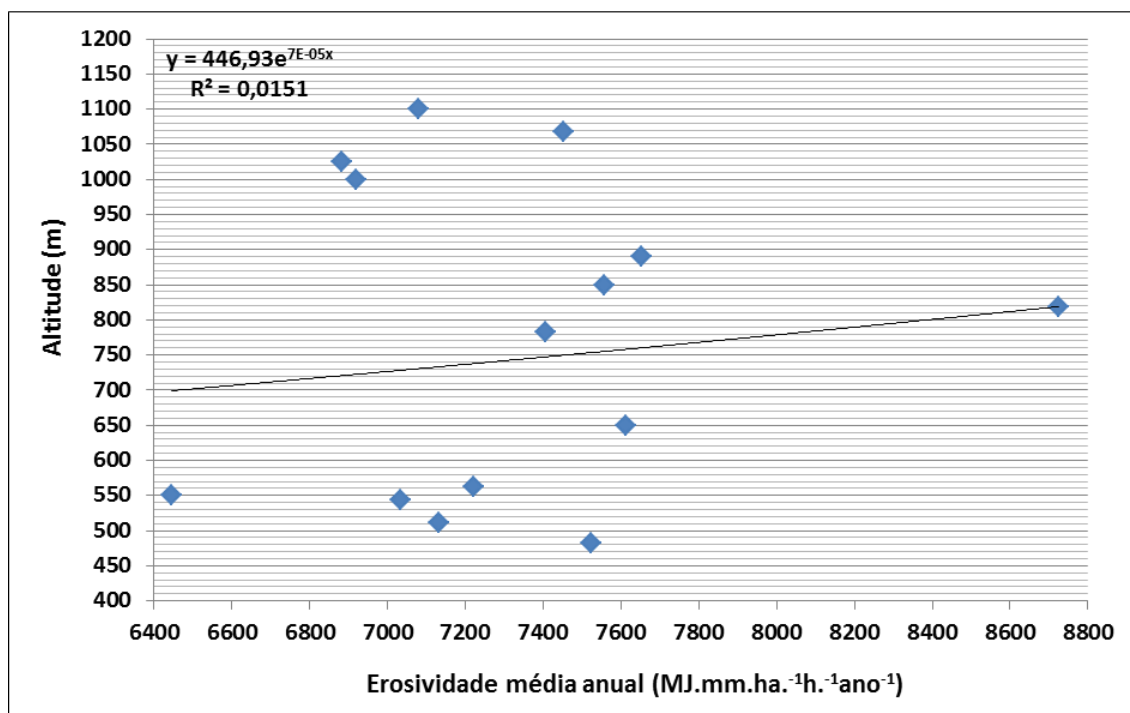


Figura 29 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a altitude (metros) e a erosividade média anual (MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano⁻¹) para a estação meteorológica e os treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A **figura 30** demonstra os valores máximos e mínimos absolutos anuais do potencial erosivo das chuvas para a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). O setor sudeste registrou um potencial erosivo máximo anual superior a 17000 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano⁻¹, enquanto os setores oeste, central e noroeste obtiveram isoerodentes máximas anuais inferiores a 10000 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano⁻¹ (**Figura 30 A**). Os valores máximos de erosividade anual apontam um acréscimo que pode ser superior a 100% a normal climatológica para o setor sudeste da bacia hidrográfica, ao passo que os setores oeste, central e noroeste mostraram que o máximo anual do índice de erosividade não ultrapassa a 50% da série histórica. Predominantemente, os valores máximos de erosividade das chuvas foram registrados nos anos de 1983 e 1997, caracterizados pela atuação intensa do fenômeno El Niño, que conforme Waltrick et al., pode aumentar entre 40 a 100% o potencial erosivo das chuvas no estado do Paraná (**Figura 32**).

Os resultados mínimos absolutos do potencial erosivo anual mostraram valores inferiores a 3750 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano⁻¹ para o setor leste e superiores a 4750 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano⁻¹ para as porções oeste e a 5000 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano⁻¹ para o setor norte (**Figura 30 B**). Estes resultados de erosividade mínima anual demonstram que o setor leste apresenta uma redução de aproximadamente 45%, enquanto que os setores oeste e norte obtiveram uma redução próxima a 30% ao definido pela média histórica. Pela

análise do dendograma (**Figura 32**), destaca-se que o ano de 1985 apresentou para a grande maioria da área de estudo o menor potencial erosivo das chuvas, especialmente por ter sido influenciado pelo fenômeno La Niña, que segundo Waltrick et al. (2012), diminuiu entre 10 a 50% a erosividade das chuvas no estado do Paraná.

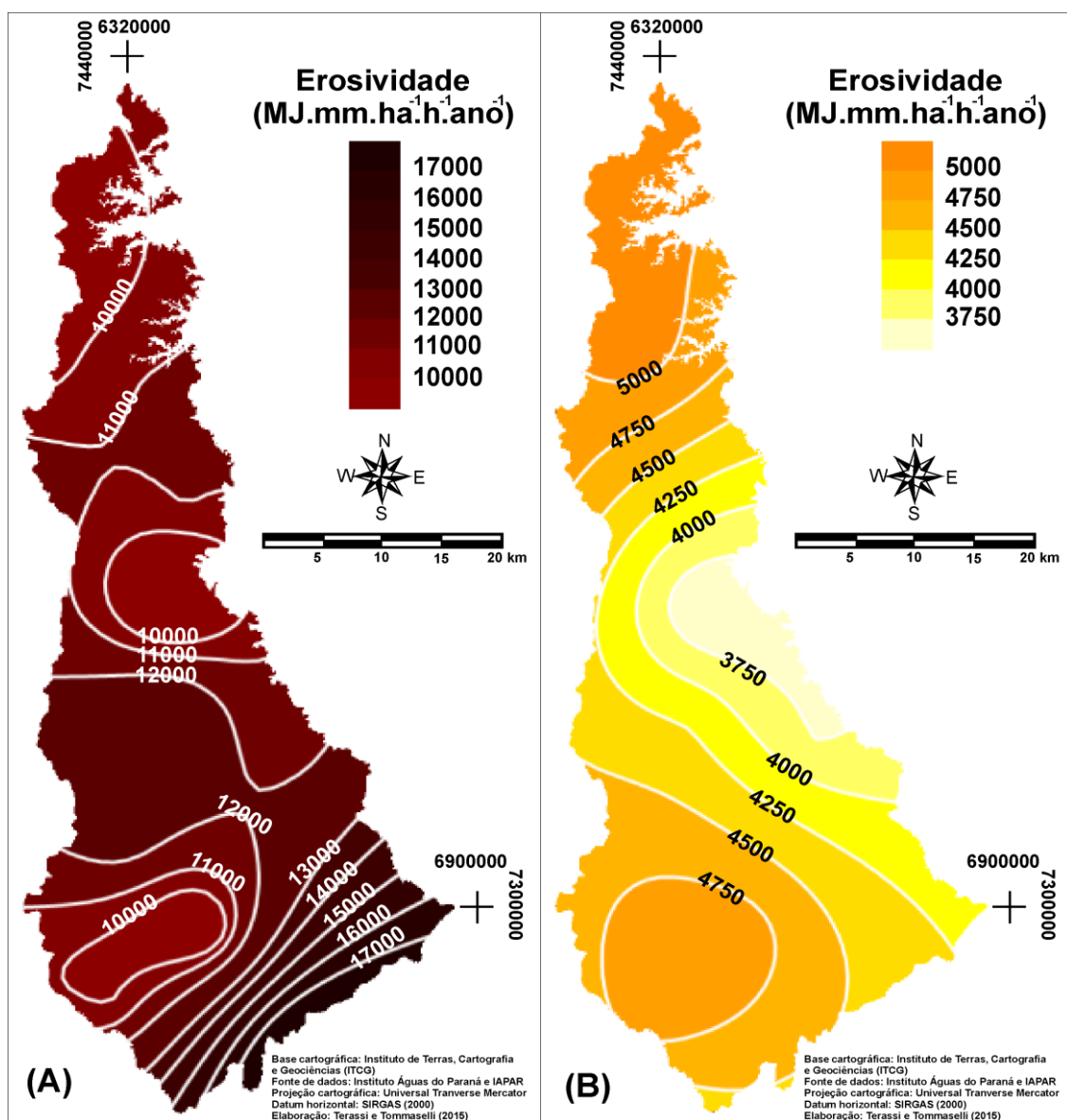


Figura 30 - Distribuição espacial da erosividade máxima (A) e mínima (B) anual (MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano.⁻¹) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O gráfico da **figura 31** demonstra a variação anual da erosividade das chuvas para a média da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), que obteve uma média anual de 7331,9 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano.⁻¹. O dendograma do agrupamento qualitativo da distribuição anual da erosividade das chuvas para a área de estudo mostra um conjunto de anos com erosividade entre 6801,4 a 7771,4 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano.⁻¹, com uma média de 7315,1 MJ.mm.ha.⁻¹.h.⁻¹.ano.⁻¹, como os anos de erosividade habitual. Os anos de 1983 e 1997

apresentaram erosividade superior a $10000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, de erosividade muito alta. Com resultados entre 8161,2 e 9477,5, os anos denominados como de alta erosividade obtiveram uma média de $8680,2 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Os anos de erosividade baixa apresentaram erosividade entre 4627,3 a $6934,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com uma média de $6325,1 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 32**).

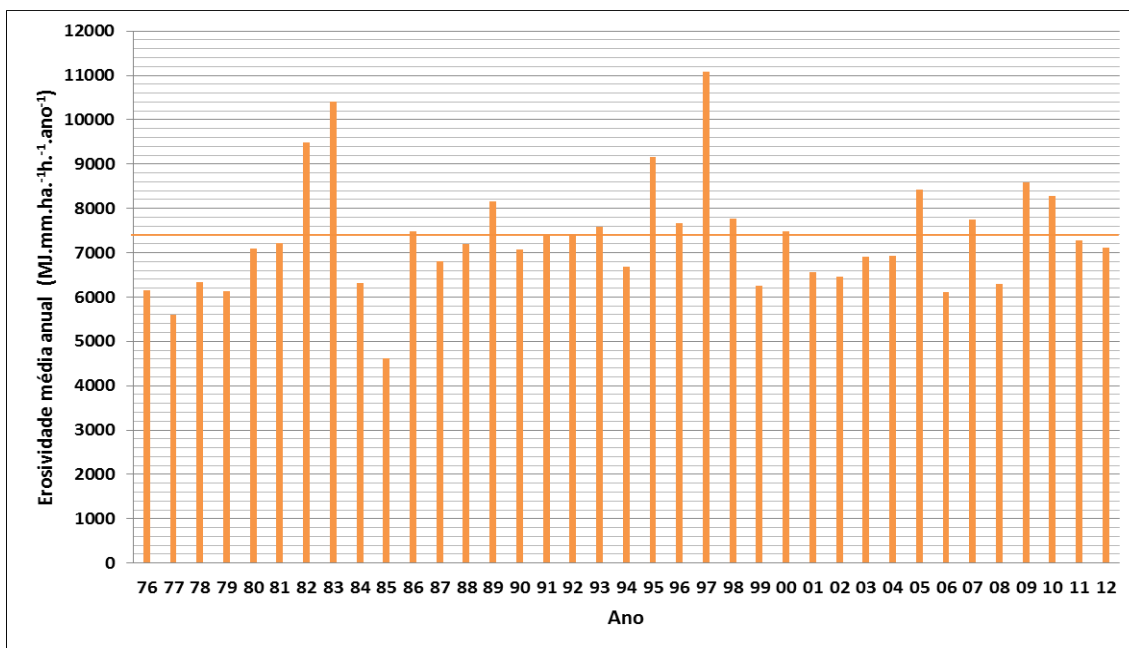


Figura 31 - Distribuição anual da erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) da média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

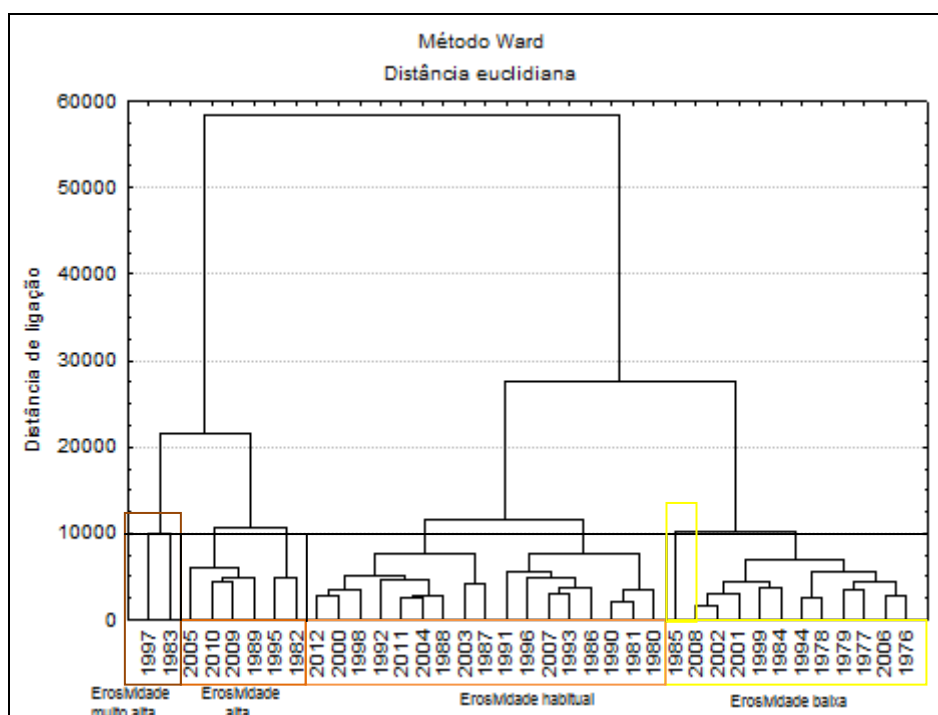


Figura 32 - Dendrograma do agrupamento em anos de erosividade muito alta, alta, habitual e baixa para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.2.2 Erosividade sazonal

O gráfico da **figura 33** demonstra a distribuição sazonal da erosividade das chuvas para todos os postos pluviométricos e a estação meteorológica para a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). Mostra-se que o verão é isoladamente a sazonalidade com a maior concentração do potencial erosivo anual, com uma média de $3100,8 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ e que corresponde a 42,3% da erosividade média anual. A primavera é a estação de segundo maior potencial erosivo médio, com uma média de $2090,9 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ e equivalente a 28,5% da erosividade média anual. O outono apresenta uma erosividade média de $1161,9 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ e 15,8% do potencial erosivo anual. Verificou-se que o inverno tem uma erosividade média de $978,3 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ e somente 13,4% da média do índice anual de erosividade.

A divisão sazonal do potencial erosivo das chuvas possibilita, portanto, observar notadamente a variação do regime pluviométrico, posto que as proporções são aumentadas com a aplicação da equação que mensura a erosividade das chuvas, como um ajuste para mensurar a intensidade pluviométrica. Ressalta-se que durante as estações chuvosas, com o aumento da temperatura e da umidade, é habitual que ocorra um aumento da convectividade e da participação de sistemas atmosféricos intertropicais, que caracterizam a ocorrências de maiores alturas pluviométricas e um consequente maior potencial erosivo. Durante o período de outono e de inverno, a redução das médias térmicas e a menor participação dos sistemas atmosféricos intertropicais indicam uma maior dependência da participação dos sistemas atmosféricos extratropicais para a ocorrência de chuvas, panorama que favorece a ocorrência de chuvas frontais, menos intensas e de menor potencial erosivo.

Quanto à distribuição espacial, destaca-se que o outono e inverno apresenta uma menor redução da erosividade das chuvas para os setores localizados ao sul da bacia hidrográfica, representando que tal região apresenta características do regime pluviométrico próximo ao do Brasil Meridional, conforme descrito por Nimer (1989), de maior regularidade das alturas pluviométricas a longo da marcha anual. Os setores norte e sudeste da bacia hidrográfica foram os que se destacaram quanto ao aumento da erosividade das chuvas para a primavera e verão. Principalmente, o setor norte da bacia hidrográfica apresenta as maiores discrepâncias sazonais da erosividade das chuvas, com valores superior a $3300 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ para o verão e a $2400 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.$

$^1.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para a primavera, enquanto estes valores se reduzem a $700 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para o inverno e a $1000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para o outono, cenário que ilustra uma condição de tropicalização climática, com características mais aproximadas ao Brasil Central.

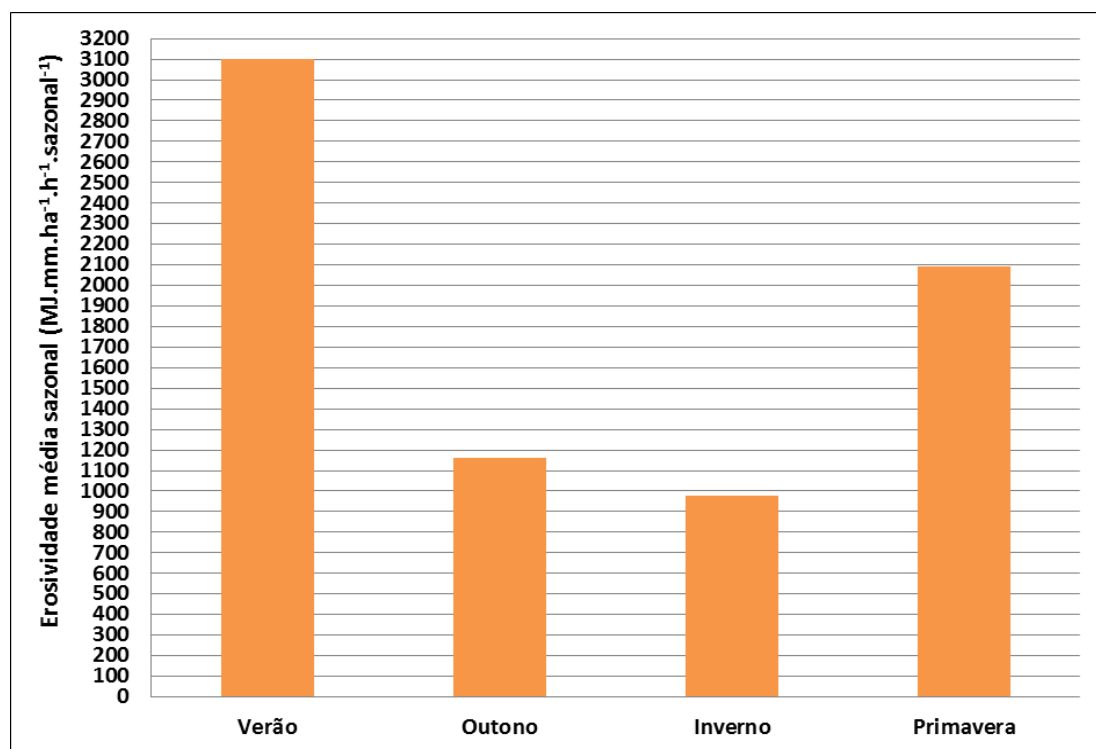


Figura 33 - Distribuição sazonal da erosividade média ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$) para a média da estação meteorológica e dos postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O verão obteve os maiores valores das isoerodentes, com um potencial erosivo superior a $3600 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para o setor sudeste, à medida que os setores oeste e central apresentaram os menores valores da erosividade média sazonal, inferior a $2800 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ (**Figura 34 A**). Com uma erosividade inferior em relação ao verão, verificou-se para a primavera um potencial erosivo superior a $2400 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para o setor norte e inferior a $1900 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para o setor oeste (**Figura 34 B**). Caracterizado como a estação de menor potencial erosivo, observa-se que para o inverno os maiores valores das isoerodentes estão situados no setor sudeste, superiores a $1200 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$, e os menores valores de erosividade localizam-se na porção norte, inferiores a $700 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ (**Figura 34 C**). O outono caracteriza-se por uma erosividade média superior a $1300 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para os setores oeste e sudeste, e inferior a $1000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.sazonal^{-1}$ para o setor norte (**Figura 34 D**).

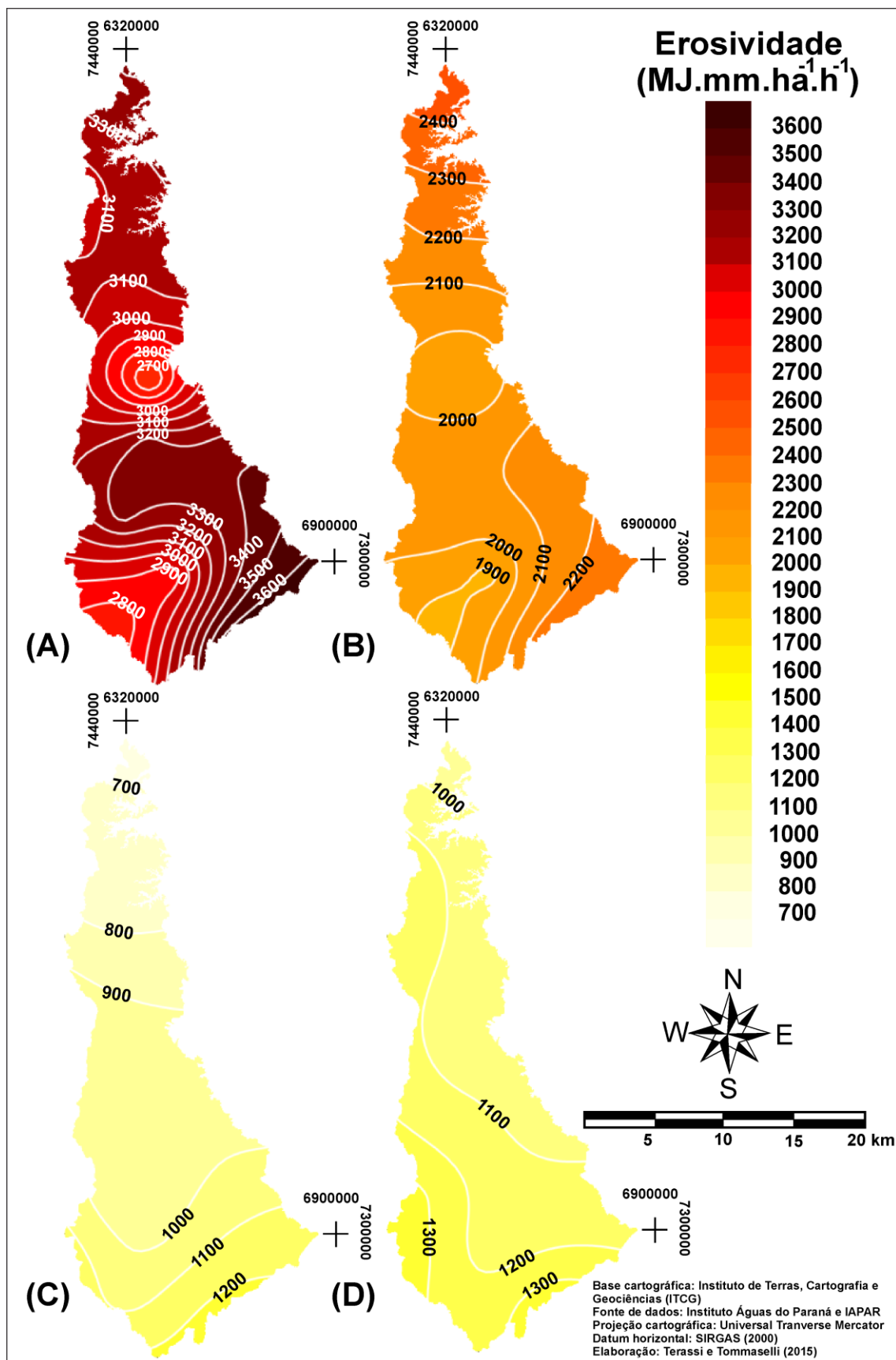


Figura 34 - Distribuição espacial da erosividade média (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.sazonal⁻¹) para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) Na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.2.3 Erosividade mensal

A **figura 35** corresponde ao gráfico da erosividade média mensal para todos os postos e a estação meteorológica selecionada para o presente estudo. Destaca-se que o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro apresenta uma concentração de 77,6% do potencial erosivo anual. O mês de janeiro é o que apresenta o maior potencial erosivo, com uma média de $1659,1 \text{ MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$, o que equivale a 22,6% da erosividade média anual. Inversamente, o mês de agosto é o que apresenta a menor erosividade média, correspondente a $194,5 \text{ MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$ e a 2,6% do índice anual de erosividade para o recorte de estudo. Salienta-se que os meses de maio e outubro mostraram um significativo acréscimo em relação aos meses antecedentes e sucessores, resultante das condições atmosféricas dos choques de massas de ar de diferentes propriedades e característico da mudança de sazonalidade.

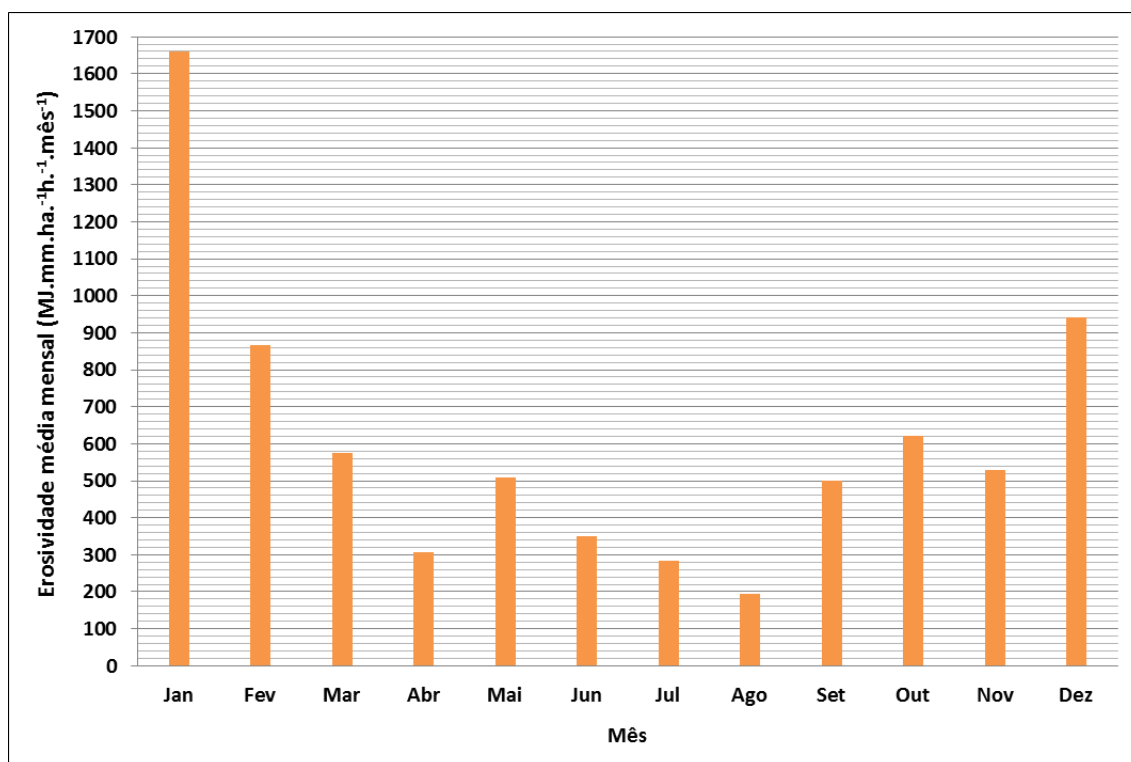


Figura 35 - Distribuição mensal da erosividade ($\text{MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados no entorno e dentro da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A distribuição das médias mensais do potencial erosivo das chuvas para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé esteve em conformidade com os resultados obtidos anteriormente por Waltrick et al. (2015) para o estado do Paraná, com valores mais elevados no período que vai de janeiro a março e de setembro a

dezembro. Entretanto, observa-se que algumas características da erosividade das chuvas no recorte de estudo são destoantes em relação ao observado para o estado do Paraná, dentre elas: uma maior concentração do potencial erosivo para o mês de janeiro, uma vez que os estudos anteriores indicaram uma erosividade média de $1394 \text{ MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$ para o estado do Paraná, o que infere que a bacia hidrográfica apresenta uma erosividade média mensal 19,1% superior ao padrão paranaense; a erosividade média do mês de agosto para a bacia hidrográfica do rio Itararé é 41,0% inferior ao observado para a soma dos 114 postos pluviométricos do estado, que obtiveram uma média de $331 \text{ MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$.

Ainda, o aumento da erosividade das chuvas nos meses de maio e outubro é inferior ao observado para o Paraná, que apresentou uma média equivalente a 843 e 1173 $\text{MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$, o que infere que a área de estudo desta pesquisa mostrou um potencial erosivo para estes meses, respectivamente, 39,9% e 47,0% inferior ao que se observa em todo o estado.

O cenário descrito acima revela uma peculiaridade da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), pois demonstra que a região em que está situada apresenta características predominantes próximas aquelas observadas para setores de clima tropical, com maiores concentrações da erosividade nos meses de verão e uma redução significativa nos meses de inverno. Mesmo que inferior ao obtido para demais regiões do estado do Paraná, mostra-se que uma condição transitória entre o clima subtropical e o tropical, pois o aumento de erosividade nos meses de maio e outubro é uma característica do clima subtropical da Região Sul do Brasil, na qual ocorre uma maior condição de choques de massa de ar de conteúdos diferentes no período transicional das estações.

Mostrou-se que os resultados de erosividade das chuvas para a escala mensal obteve elevada relação com a pluviosidade média mensal, o que corrobora a utilização da equação aplicada para a presente pesquisa. O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica possibilita compreender as disparidades entre os volumes pluviométricos mensais e o potencial erosivo mensal, sobretudo com a relevância da intensidade pluviométrica e a proporcionalidade da pluviosidade registrada. Um exemplo notável é a comparação entre a pluviosidade média do mês de agosto, equivalente a 60,3 mm, e a média de $194,5 \text{ MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$ do potencial erosivo mensal, enquanto o mês de janeiro obteve uma média pluviométrica de 218,3 mm e uma erosividade média mensal de $1659,1 \text{ MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$ (**Figura 36**).

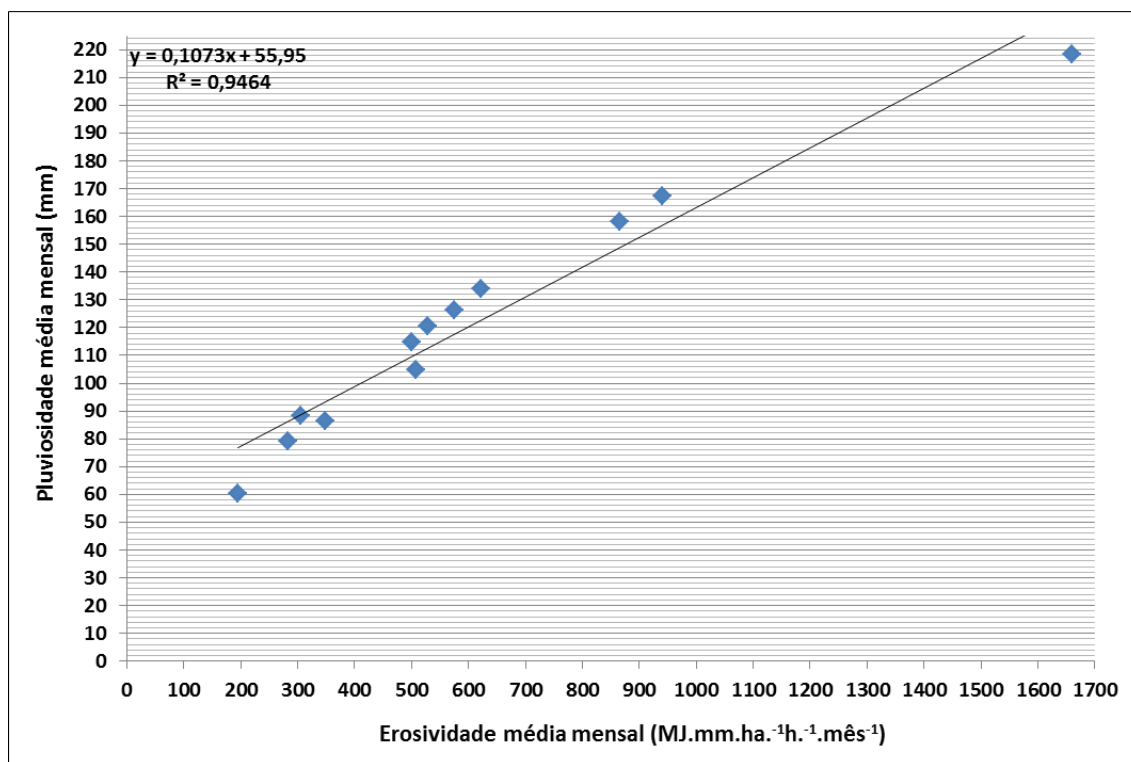


Figura 36 - Dispersão e correlação linear gráfica entre a erosividade média mensal ($\text{MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.mês}^{-1}$) e a pluviosidade média mensal (mm) para a média da estação meteorológica e dos treze postos pluviométricos localizados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR

A análise das características anuais e sazonais da erosividade das chuvas associadas ao emprego da técnica de análise cluster para os dados médios mensais de erosividade permitiram estabelecer quatro regiões homogêneas quanto à variação mensal das isoerodentes para a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). Estas regiões homogêneas mostraram a influência do regime de chuvas para a determinação do potencial erosivo para o recorte de estudo. Exclusivamente, o posto pluviométrico 11 foi retirado por não apresentar proximidade espacial em relação ao grupo obtido (**Figura 37 - Anexo III**).

A **tabela 14** apresenta os resultados da erosividade média anual ($\text{MJ.mm.ha.}^{-1}\text{h.}^{-1}\text{.ano}^{-1}$) para as regiões homogêneas delimitadas e as características de pluviosidade média anual (mm) e a média de altitude para os postos pluviométricos inserido em cada região. A seleção destes dados permitiu a comparação entre as características do relevo, de pluviometria e do potencial erosivo entre os setores delimitados pela formação das regiões homogêneas. Comparativamente, avalia-se que a setorização gerada a partir do agrupamento dos dados mensais de erosividade das chuvas dos postos pluviométricos e estação meteorológica selecionada para a porção de estudo identificou de forma positiva

a relação entre as características de pluviosidade, a interação entre os sistemas atmosféricos e a variação mensal do potencial de erosividade das chuvas.

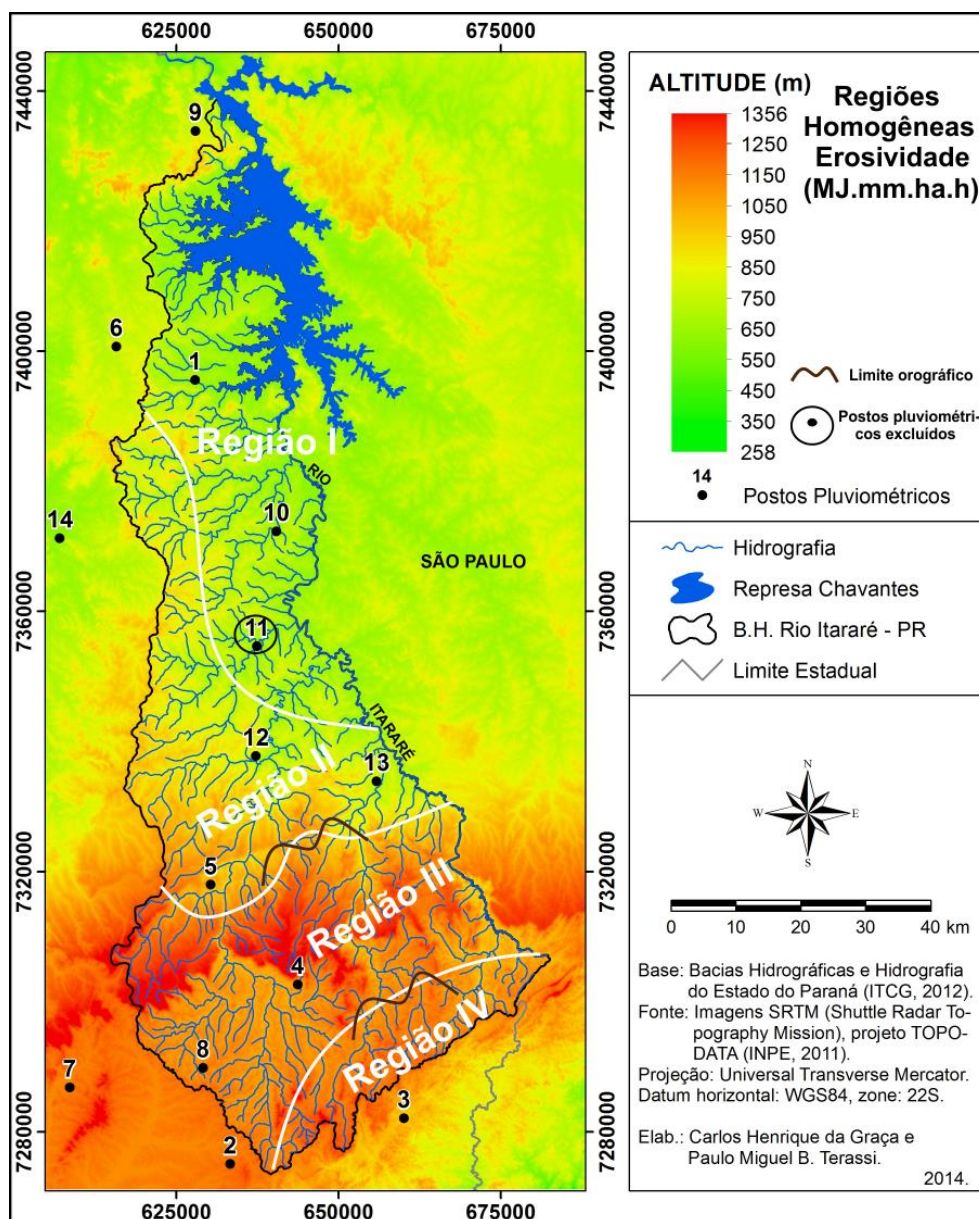


Figura 37 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a erosividade média mensal ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A região homogênea I caracteriza-se por uma erosividade média anual de 7198,3 ($\text{MJ.mm.h}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), uma pluviosidade média anual de 1389,3 mm e uma hipsometria de 600 metros. Corresponde ao setor setentrional da bacia hidrográfica, que apresenta de forma mais marcante o aumento de pluviosidade nos meses de verão e primavera, com uma concentração superior a 77% do potencial anual erosivo das chuvas no período que vai de janeiro a março e de outubro a dezembro. Conseqüentemente, essa porção da área de estudo apresenta a diminuição mais significativa dos índices de erosividade para o

trimestre de junho, julho e agosto, que somados apresentam aproximadamente 10% da média de erosividade anual (**Figura 38 - Tabela 15**).

A região homogênea II situa-se nos setores leste e central da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). Obteve-se uma média anual de 7586,4 ($\text{MJ.mm.h}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), com uma pluviosidade média anual de 1484,6 mm e uma altitude média dos postos pluviométricos de 643 metros. Destaca-se que esta porção da bacia hidrográfica apresenta os maiores valores de erosividade justamente por sua localização: apresenta elevados valores de erosividade das chuvas nos meses de verão e primavera por receber influência direta das características pluviométricas dos sistemas atmosféricos intertropicais mais atuantes na região homogênea I; no entanto, ao contrário do que ocorre no setor setentrional, apresenta uma regularidade das chuvas nos meses de outono e inverno por receber influência dos sistemas atmosféricos extratropicais, de maior atuação nos setores meridionais. Mormente, destaca-se que o período que vai de janeiro a março apresenta o equivalente a 45% da média anual de erosividade das chuvas para a região II (**Figura 38 - Tabela 15**).

A região homogênea III localiza-se no setor oeste e parte da porção central da bacia hidrográfica, apresentando uma erosividade média anual de 6956,3 ($\text{MJ.mm.h}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), uma pluviosidade média anual de 1461,0 mm e uma hipsometria média de 1008 metros. Trata-se da porção do recorte de estudo com a maior regularidade anual da erosividade e a menor concentração do potencial erosivo nos meses que vai de janeiro a março e de outubro a dezembro, equivalente a 62%. Exatamente por mostrar uma erosividade inferior aos demais setores, afirma-se que o aspecto mais importante para a determinação do potencial erosivo de determinada região é a análise da sua distribuição temporal e a importância da descrição e compreensão das características atmosféricas regionais. Considera-se que a região homogênea III, mesmo com as maiores condições de hipsometria, obteve os menores valores de isoerodentes anuais devido à maior atuação dos sistemas atmosféricos extratropicais e menor participação de sistemas atmosféricos intertropicais, condição associada à diminuição do potencial de chuvas convectivas, uma vez que esta região apresenta as mais baixas médias térmicas da área de estudo (**Figura 38 - Tabela 15**).

A região homogênea IV apresenta uma erosividade média anual de 8726,3 ($\text{MJ.mm.h}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), uma pluviosidade média anual de 1787,6 mm e uma hipsometria de 818 metros e localiza-se no setor sudeste da bacia hidrográfica. Corresponde à porção da bacia hidrográfica com o maior potencial erosivo das chuvas por situar-se no

limite do efeito orográfico, apresentando condições semelhantes às observadas para a região homogênea II. No período que vai de setembro a março observa-se a concentração de 78% do potencial erosivo anual, sobretudo por sua condição de maiores probabilidades da ocorrência de chuvas convectivas, devido ao aumento de temperaturas médias em relação à região homogênea III. No entanto, verifica-se que durante os meses de inverno e outono, devido à sua localização, esse setor mostra-se influenciável pelos sistemas atmosféricos extratropicais, fator que o mantém com uma elevada erosividade das chuvas para a série anual (**Figura 38 - Tabela 15**).

A região I obteve uma média próxima a $240 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ maior que a região III, mesmo com uma pluviosidade média anual aproximadamente 70 mm menor, devido a sua distribuição mensal de sua pluviosidade, resultante das características atmosféricas aproximadas ao do Brasil Central, que delimitam uma tendência de maior concentração da pluviometria no período de verão e primavera. A região homogênea II apresenta um elevado potencial de erosividade das chuvas devido à interação mais constante entre os sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais.

A região homogênea III caracteriza-se pela menor erosividade nos meses de verão e primavera dentre os grupos estabelecidos, e a menor diminuição dos índices de erosividade nos meses de outono e inverno, uma vez que os setores nos quais este grupo está localizado apresenta um regime pluviométrico que indica uma participação maior dos sistemas polares e, devido às maiores médias térmicas, apresenta uma redução potencial de chuvas convectivas. A região homogênea IV corresponde ao setor de maior erosividade das chuvas da área de estudo por localiza-se no limite de influência do efeito orográfico, apresentando maior potencialidade de chuvas convectivas em comparação à região homogênea III, resultante de maiores médias térmicas, e maiores valores de pluviosidade nos meses de outono e inverno em relação às regiões homogêneas I e II, por uma maior participação dos sistemas atmosféricos extratropicais (**Figura 38 – Tabela 15**).

Nota-se que o período de janeiro a março e de setembro a outubro concentra o maior potencial erosivo para todos os grupos homogêneos, com uma relevante redução do índice de erosividade para o período de abril a agosto, principalmente para a região homogênea I, região de maiores similaridades com o regime de chuvas do Brasil Tropical. Os meses de maio e outubro apresentaram para as quatro regiões homogêneas um aumento de pluviosidade em relação aos meses antecedentes e sucessores, ressaltando a tendência de aumento do volume de pluviosidade atrelado à atuação

associada de sistemas atmosféricos de origens e conteúdos distintos, uma vez que esses meses caracterizam-se pela transição de sazonalidades (**Figura 38**). A condição excepcional de maior potencial erosivo das chuvas para o mês de janeiro é uma característica própria à região leste do estado do Paraná, conforme apontam os resultados de Waltrick et al. (2015).

Tabela 15 - Hipsometria, pluviosidade média anual e erosividade média anual para as regiões homogêneas da erosividade média mensal para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

| Região | Hipsometria média (m) | Pluviosidade média anual (mm) | Erosividade média anual (MJ.mm.h ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹) |
|--------|-----------------------|-------------------------------|--|
| I | 600 | 1389,3 | 7198,3 |
| II | 643 | 1484,8 | 7586,4 |
| III | 1008 | 1461,0 | 6956,3 |
| IV | 818 | 1787,6 | 8726,2 |

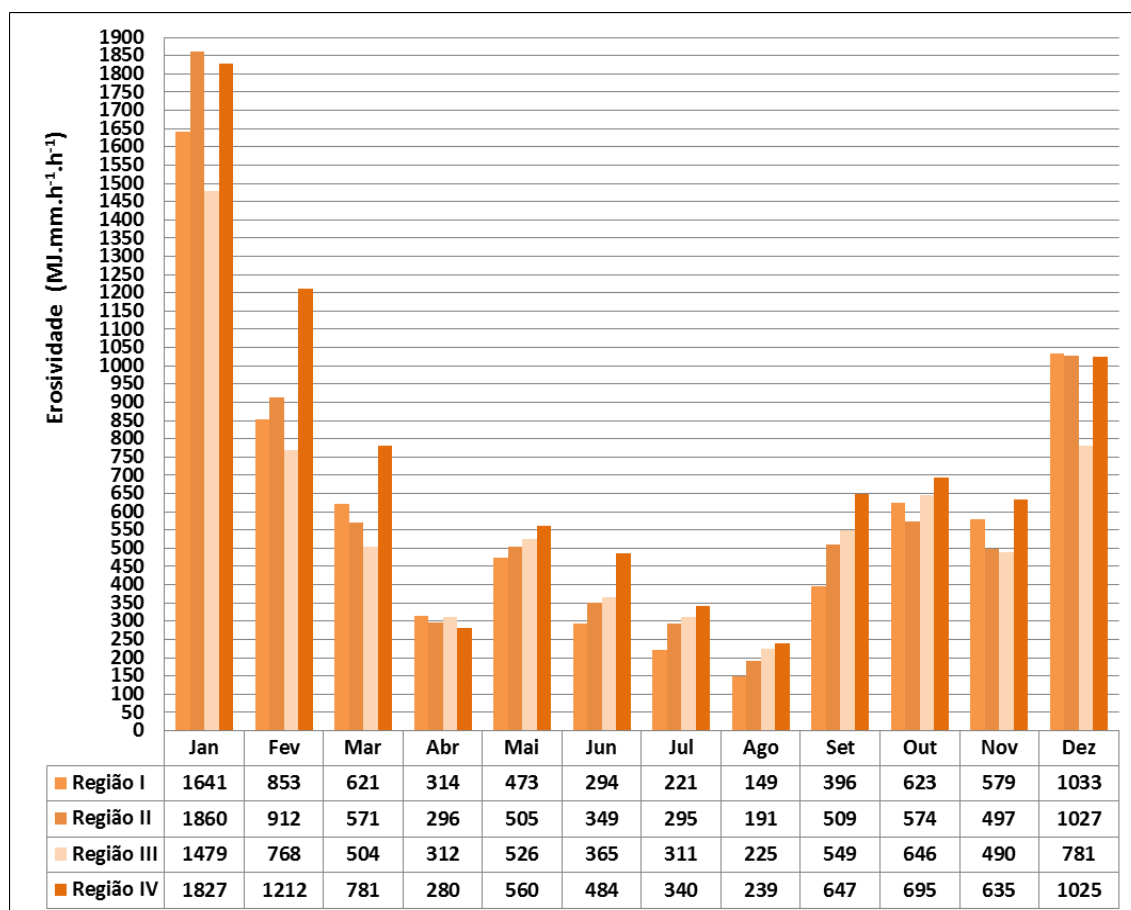


Figura 38 - Distribuição mensal da erosividade média mensal (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mensal⁻¹) para as regiões homogêneas na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.3 Estimativas de temperatura

Os resultados gerados a partir das estimativas de temperatura permitiram identificar a distribuição espacial desse elemento climático para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do Itararé. Verificou-se que a distribuição das isotermas esteve ajustada as características do relevo regional e as condições latitudinais, com menores temperaturas nos setores oeste e central da bacia hidrográfica, de maiores cotas altimétricas, com uma temperatura média anual inferior a 18,5 °C. Contrariamente, o setor norte, de menores altitudes, obteve uma média térmica anual superior a 20,5 °C (**Figura 39**). Essa distribuição das isotermas para a área de estudo é aproximada ao obtido por Ichiba (2006) para a mesma porção no estado do Paraná, com temperatura média anual inferior a 19,0 °C para o setor sul e superior a 21,0 °C para o setor norte. O mapeamento da temperatura média anual realizado por Cavaglione et al. (2000) mostrou isotermas inferiores a 18 °C para setores isolados da porção Sul, sendo que o setor norte apresentou temperatura média anual entre 20 °C a 21 °C.

A **figura 40** demonstra a variação térmica sazonal, com temperaturas mais elevadas durante o verão e a primavera, e uma redução significativa para o inverno e outono. O verão é a estação das maiores isotermas, apresentadas por temperaturas médias superiores a 24,0 °C para os setores norte e noroeste, e inferiores a 21,0 °C para o setor sudoeste (**Figura 40 A**). A primavera caracteriza-se por médias térmicas superiores a 22,5 °C para os setores norte e noroeste, e inferiores a 19,5 °C para o setor oeste (**Figura 40 B**). Verificam-se no inverno as menores médias térmicas para toda bacia hidrográfica, com valores superiores a 17,5 °C para o setor norte e inferiores a 15,0 °C para o setor sudoeste (**Figura 40 C**). O outono obteve temperatura média superior a 19,0°C para o setor norte e inferior a 16,0 °C para o setor sudoeste (**Figura 40 D**).

Esta variação sazonal das temperaturas são condições típicas do clima Subtropical da região Sul do Brasil, que por sua localização geográfica, abaixo do Trópico de Capricórnio, apresenta maiores desníveis da incidência solar e consequente aquecimento da superfície. Ainda, destaca-se que durante o período de outono e inverno, além da menor incidência solar e menor aquecimento superficial, ocorrem com maior frequência e intensidade a atuação da massa de ar Polar Atlântica, fatores que associados propiciam as mais baixas médias térmicas para estas estações. No período de verão e primavera ocorre maior incidência solar e aquecimento da superfície,

características que somada a menor penetração da massa de ar Polar Atlântica contribuem para os registros de maiores médias térmicas para este período.

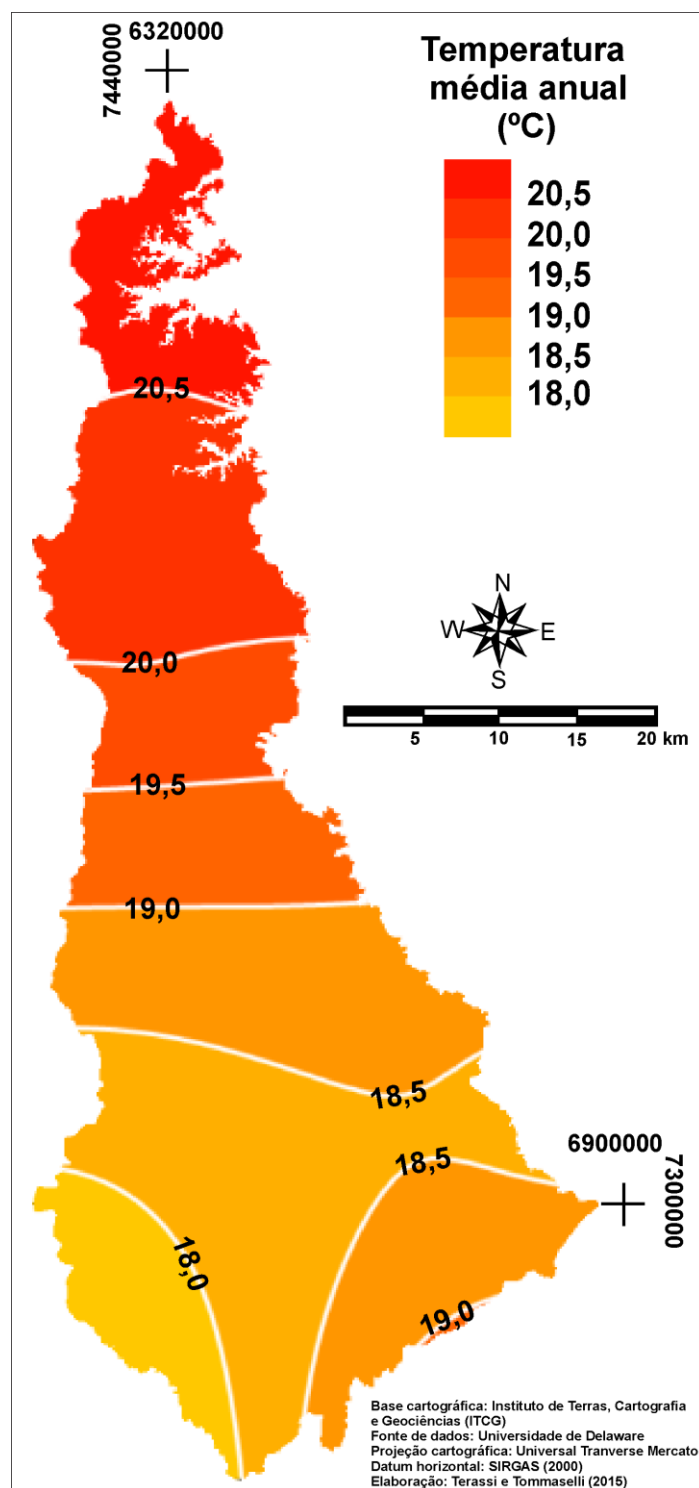


Figura 39 - Distribuição espacial das estimativas de temperatura média (°C) anual para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

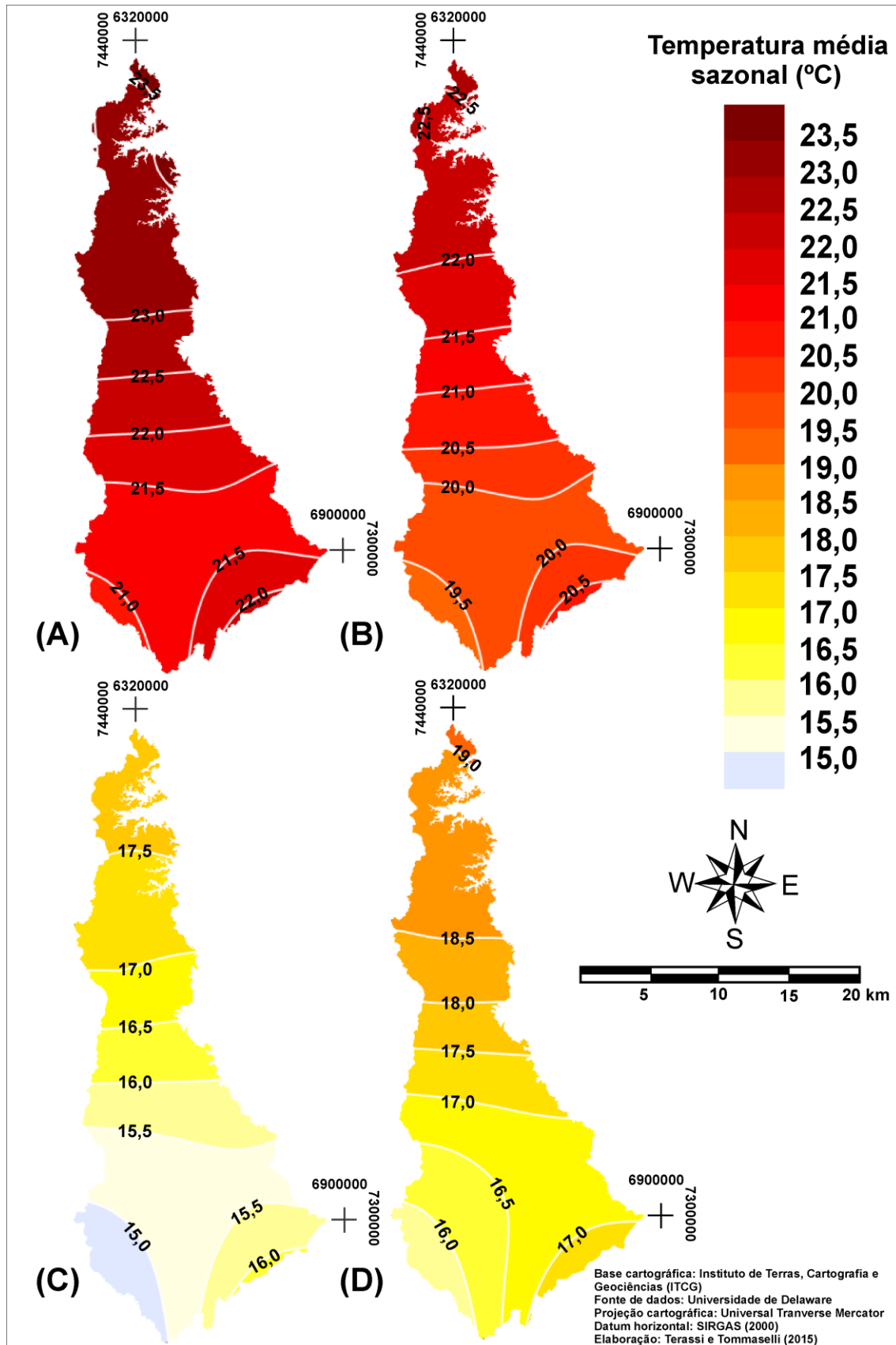


Figura 40 - Distribuição espacial das estimativas de temperatura média sazonal (°C) para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O mapeamento e a interpretação dos resultados das estimativas da temperatura média para as escalas anuais e sazonais aliados ao emprego da técnica de análise cluster permitiram o estabelecimento de quatro regiões hegemônicas quanto às características do regime térmico mensal da bacia hidrográfica do rio Itararé em sua porção paranaense (**Figura 41 - Anexo IV**). Os dados contidos na **tabela 16** permitem estabelecer a associação entre a hipsometria média e a temperatura média anual das regiões homogêneas obtidas, possibilitando analisar a distribuição espacial e temporal das isotermas, sua relação com as características do relevo e os pressupostos teóricos quanto à circulação atmosférica.

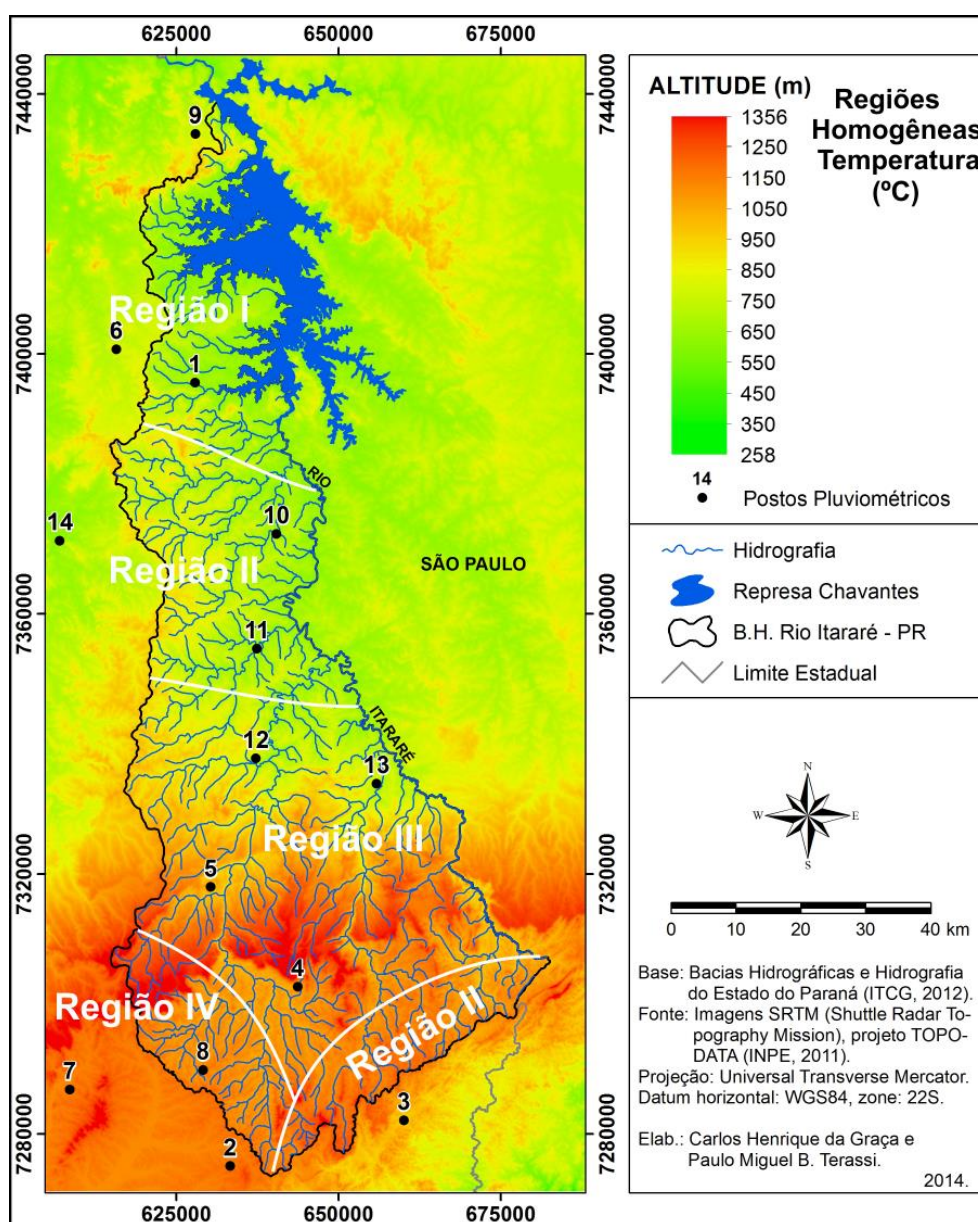


Figura 41 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a temperatura média (°C) mensal na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A região homogênea I, localizada no setor setentrional, caracteriza-se pelas maiores médias térmicas da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR), com uma média anual de 20,5 °C, valores superiores a 23,5 °C para o trimestre janeiro, fevereiro e dezembro e inferiores a 17 °C nos meses de junho e julho. Situada em parte da porção central e sudeste, a região homogênea II apresenta uma média térmica anual de 19,7 °C, com um máximo de 23,2 °C no mês de janeiro e uma mínima de 15,6 °C no mês de julho. As duas regiões homogêneas supracitadas correspondem aos setores de menores elevações altimétricas, inferiores a 700 metros, o que evidencia o papel desempenhado pela hipsometria para a distribuição das isotermas. Sobretudo, a região homogênea corresponde ao setor norte da área de estudo, região que apresenta uma maior participação na circulação atmosférica de sistemas intertropicais e, principalmente, maiores níveis de radiação solar e insolação (**Figura 42 - Tabela 16**).

A região homogênea III, localizado no setor central da bacia hidrográfica, apresenta uma média térmica anual de 18,5 °C, com médias superiores a 20 °C para os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, e inferiores a 15 °C nos meses de junho e julho. Correspondente ao setor oeste, a região homogênea IV obteve a menor média térmica anual, equivalente a 17,5 °C, valores superiores a 19 °C no período que vai de dezembro a março (**Figura 42 - Tabela 16**). Os grupos homogêneos III e IV caracterizam-se, portanto, pelas menores temperaturas médias por apresentar as maiores elevações do relevo, uma maior influência dos sistemas atmosféricos polares e, devido a sua situação meridional.

Em suma, a **figura 42** permite compreender que todos os setores da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR) apresentam uma marcha anual das características térmicas, que é inerente ao clima subtropical da região Sul do Brasil. Verifica-se que o mês de janeiro é o mais quente, com médias superiores a 21,0 °C para todos os setores da área de estudo, com uma redução gradativa nos meses seguintes. Com a entrada do outono e inverno, o quadrimestre que vai de maio a agosto obteve as menores médias térmicas para toda a área de estudo. Com o fim do inverno e a entrada da primavera, nota-se um aumento gradativo das temperaturas médias mensais durante o quadrimestre que vai de setembro a dezembro.

A conjugação dos aspectos dinâmicos, principalmente pela circulação atmosférica regional, e dos atributos estáticos, especialmente a localização geográfica e a orografia, responde pela variação térmica espacial da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). A partir da literatura consultada, o setor setentrional apresenta uma participação

maior de sistemas atmosféricos intertropicais, maiores quantidades de radiação solar e menores elevações do terreno. Inversamente, os setores meridionais apresentaram características térmicas que indicam uma maior participação de sistemas atmosféricos extratropicais e destacam a influência das maiores altitudes.

Tabela 16 - Hipsometria e temperatura média anual para as regiões homogêneas da temperatura média mensal na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

| Região | Hipsometria média (m) | Temperatura média anual (°C) |
|--------|-----------------------|------------------------------|
| I | 619 | 20,5 |
| II | 674 | 19,7 |
| III | 772 | 18,5 |
| IV | 1065 | 17,5 |

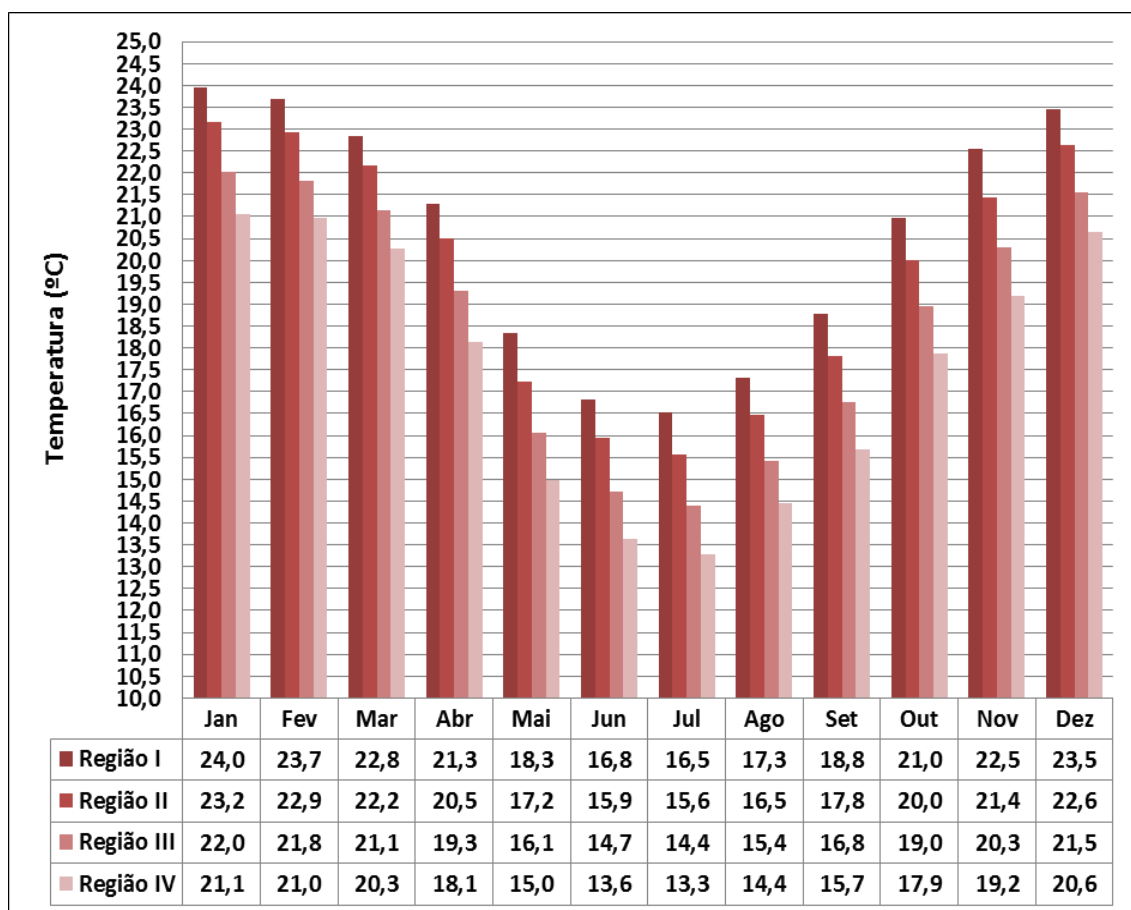


Figura 42 - Distribuição mensal da temperatura média (°C) para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.4 Balanço hídrico climatológico

Os resultados mostraram que o setor oeste da vertente paranaense da área de estudo, de menores temperaturas médias e menores reduções da pluviosidade média mensal nos meses de inverno, obteve valores de evapotranspiração potencial anual inferior a 825 mm, ao passo que o setor noroeste da bacia hidrográfica, de maiores médias térmicas e maiores reduções da pluviosidade mensal em meses de inverno, caracteriza-se por uma evapotranspiração potencial anual superior a 1000 mm (**Figura 43 A**).

Indica-se que o setor sudeste da área de estudo, de maior volume médio anual de pluviosidade (superior a 1650 mm), apresenta um excedente hídrico superior a 750 mm. Inversamente, verifica-se que o setor noroeste, que obteve maiores valores de evapotranspiração potencial anual e as menores alturas pluviométricas médias anuais (inferior a 1400 mm), o excedente hídrico médio anual é inferior a 400 mm. Destaca-se que o setor central da bacia hidrográfica, mesmo com as menores médias térmicas anuais, obteve uma média do excedente hídrico anual entre 550 a 600 mm, mostrando que as menores médias pluviométricas anuais são condições determinantes para um menor excedente hídrico anual (**Figura 43 B**).

A distribuição espacial dos níveis de evapotranspiração potencial anual e do excedente hídrico anual mostra, portanto, a importância da associação entre os elementos climáticos temperatura e precipitação para a descrição das características hídricas. Sobretudo, nota-se que as temperaturas impõem grande relevância para a distribuição espacial da evapotranspiração potencial anual, com o predomínio de menores isolinhas para os setores de menores médias térmicas, nos setores oeste, sudoeste e central, e maiores isolinhas para as maiores temperaturas médias, localizadas no setor noroeste. No entanto, mostra-se que, como características marcantes de uma região tropical em que a pluviosidade é superavitária, os resultados do excedente hídrico anual apresentam relação aproximada com a distribuição espacial da pluviosidade média anual. Ressalta-se que, como os resultados obtidos para a deficiência hídrica foram insignificantes, não houve o mapeamento deste parâmetro.

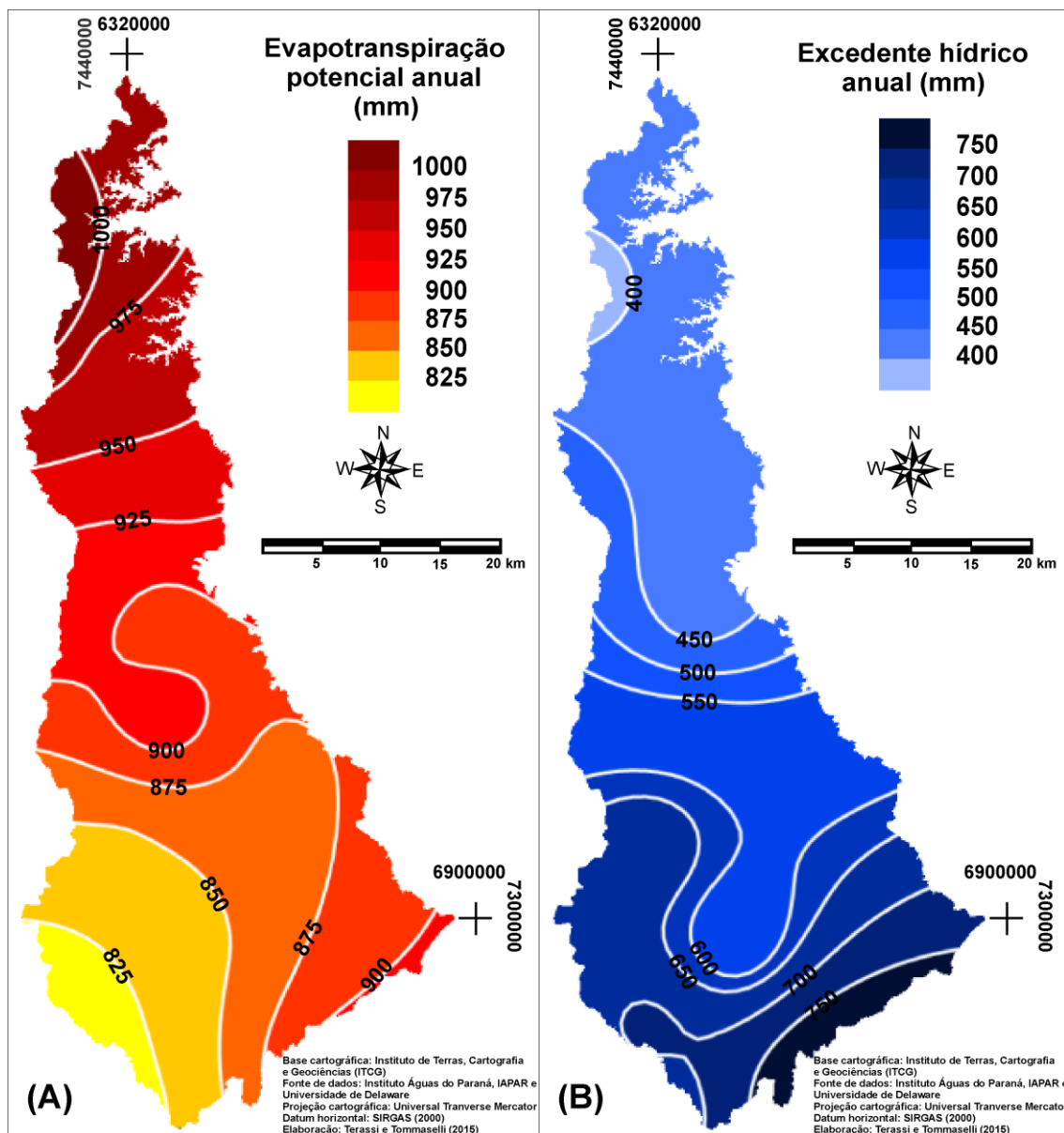


Figura 43 - Distribuição espacial das estimativas de evapotranspiração média potencial anual (mm) (A) e do excedente hídrico médio anual (mm) (B) para o período de 1976 a 2012 na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A partir da análise dos valores anuais de evapotranspiração potencial (mm) a inserção da análise cluster, foram identificadas três regiões homogêneas para esse atributo climático, sendo que em uma delas verificou-se três sub-regiões homogêneas (**Figura 44 - Anexo V**). A **tabela 17** apresenta a hipsometria média dos postos pluviométricos selecionadas para suas respectivas regiões homogêneas e suas características de evapotranspiração potencial anual e temperatura média anual, uma vez que se observou a condição térmica como diretamente proporcional aos níveis de evapotranspiração potencial.

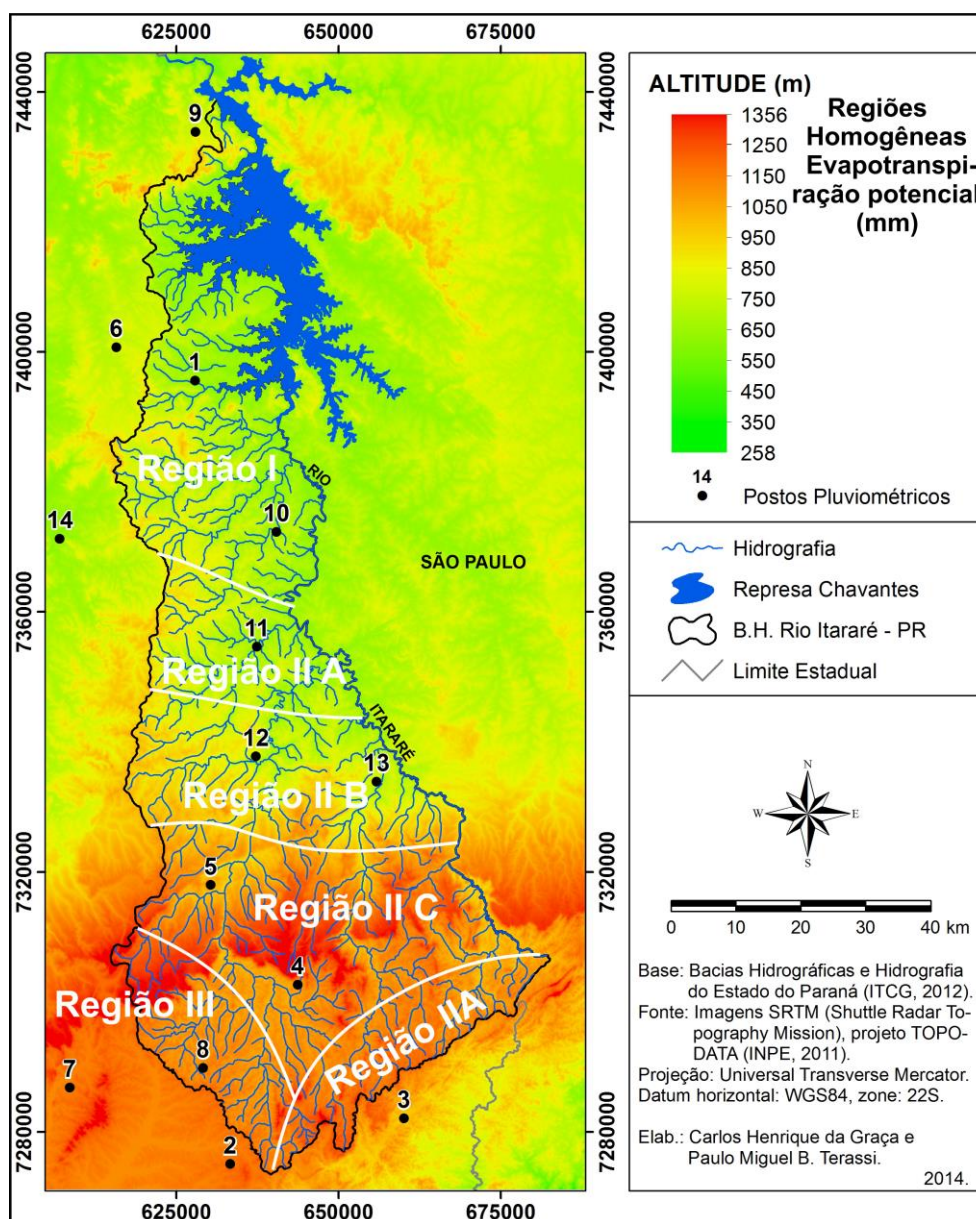


Figura 44 - Distribuição espacial das regiões homogêneas para a evapotranspiração potencial da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A região homogênea I localiza-se no setor setentrional, caracterizando-se por uma evapotranspiração potencial média anual de 968,9 mm, uma altitude média de 577 metros e os maiores níveis de evapotranspiração potencial para todos os meses. Destaca-se que esta região apresenta valores de evapotranspiração potencial superior a 100 mm para os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro. Trata-se do setor da bacia hidrográfica com as maiores médias térmicas mensais, condições resultantes da combinação de fatores dinâmicos, devido à atuação de sistemas atmosféricos intertropicais, com os maiores níveis de insolação e radiação solar, atribuída a sua situação geográfica, e as características do relevo, por abranger o setor de menores altitudes (**Figura 45 – Tabela 17**).

A região homogênea II corresponde ao setor central, leste e sudeste da bacia hidrográfica e, a partir da análise do dendograma, foi subdividida em três sub-regiões, que mostraram, de modo geral, a gradativa redução térmica conforme o aumento de latitude e da temperatura média. A sub-região homogênea IIA situa-se em parte da porção norte, central e sudeste, com uma hipsometria média de 684 metros, uma temperatura média anual de 19,3 °C e uma evapotranspiração potencial média anual de 901,9 mm. A sub-região homogênea IIB, ao sul da sub-região IIA, mostrou uma média altimétrica de 750 metros para uma temperatura média anual de 19,0 °C e uma evapotranspiração potencial anual de 872,2 mm. Compreendendo o setor central da bacia hidrográfica, a sub-região IIC caracteriza-se por uma média hipsométrica de 945 metros, uma média térmica de 18,3 °C e níveis de evapotranspiração potencial anual equivalente a 847,8 mm (**Figura 45 – Tabela 17**).

A região homogênea III apresenta uma evapotranspiração potencial média anual de 814,4 mm, com uma hipsometria de 1065 metros. Situado no setor oeste da bacia hidrográfica, este grupo homogêneo obteve os menores valores mensais de evapotranspiração potencial pela redução térmica, resultante da conjugação dos fatores estáticos e dinâmicos, pois se caracteriza pelas maiores médias de hipsometria dos postos pluviométricos, e sua disposição meridional responde pela maior influência dos sistemas atmosféricos polares (**Figura 45 – Tabela 17**).

De modo geral, mostrou-se que o período que vai de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, com temperaturas médias mensais superiores a 20 °C, apresenta evapotranspiração potencial superior a 90 mm, enquanto os meses de junho, julho e agosto, com média térmica inferior a 16 °C, obtiveram evapotranspiração potencial inferior a 50 mm (**Figura 45**). A distribuição temporal da marcha anual da evapotranspiração potencial está diretamente ligada às características do clima subtropical da região Sul do Brasil. Conforme ressaltado anteriormente para a escala anual, a distribuição das isolinhas de evapotranspiração potencial mensal na bacia hidrográfica do rio Itararé (PR) está associada à variação espacial das isoterms, por sua vez resultante da combinação dos fatores geográficos descritos anteriormente.

Tabela 17 - Hipsometria, temperatura média anual e evapotranspiração potencial anual para as regiões homogêneas da média mensal de evapotranspiração potencial para a bacia hidrográfica do rio Itaré - PR.

| Região | Hipsometria média (m) | Temperatura média anual (°C) | Evapotranspiração potencial (mm) |
|--------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------|
| I | 577 | 20,3 | 968,9 |
| II A | 684 | 19,3 | 901,9 |
| II B | 750 | 19,0 | 872,2 |
| II C | 945 | 18,3 | 847,8 |
| III | 1065 | 17,5 | 814,4 |

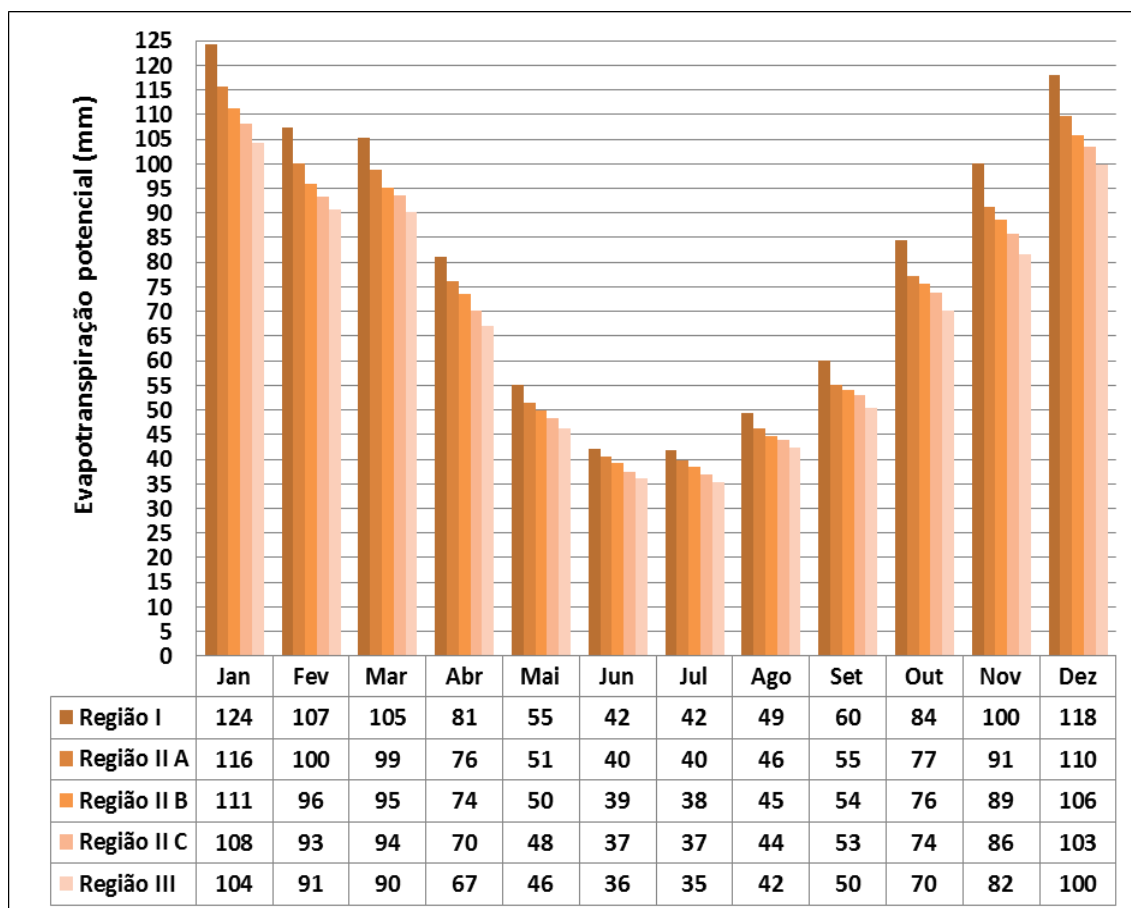


Figura 45 - Distribuição mensal da evapotranspiração potencial mensal (mm) para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itaré - PR.

A realização da análise cluster permitiu estabelecer quatro regiões homogêneas quanto ao regime do excedente hídrico mensal (**Figura 46**). Por sua vez, a **tabela 18** apresenta características como a hipsometria média, pluviosidade média anual, evapotranspiração potencial anual e excedente hídrico anual. A inserção dos dados anuais e das características predominantes do relevo permitirá compreender a relação destes com aspectos da marcha anual da evapotranspiração (mm) e excedente hídrico (mm) e, com a inserção do arcabouço teórico, a associação entre o regime mensal desses parâmetros climáticos com a dinâmica atmosférica regional.

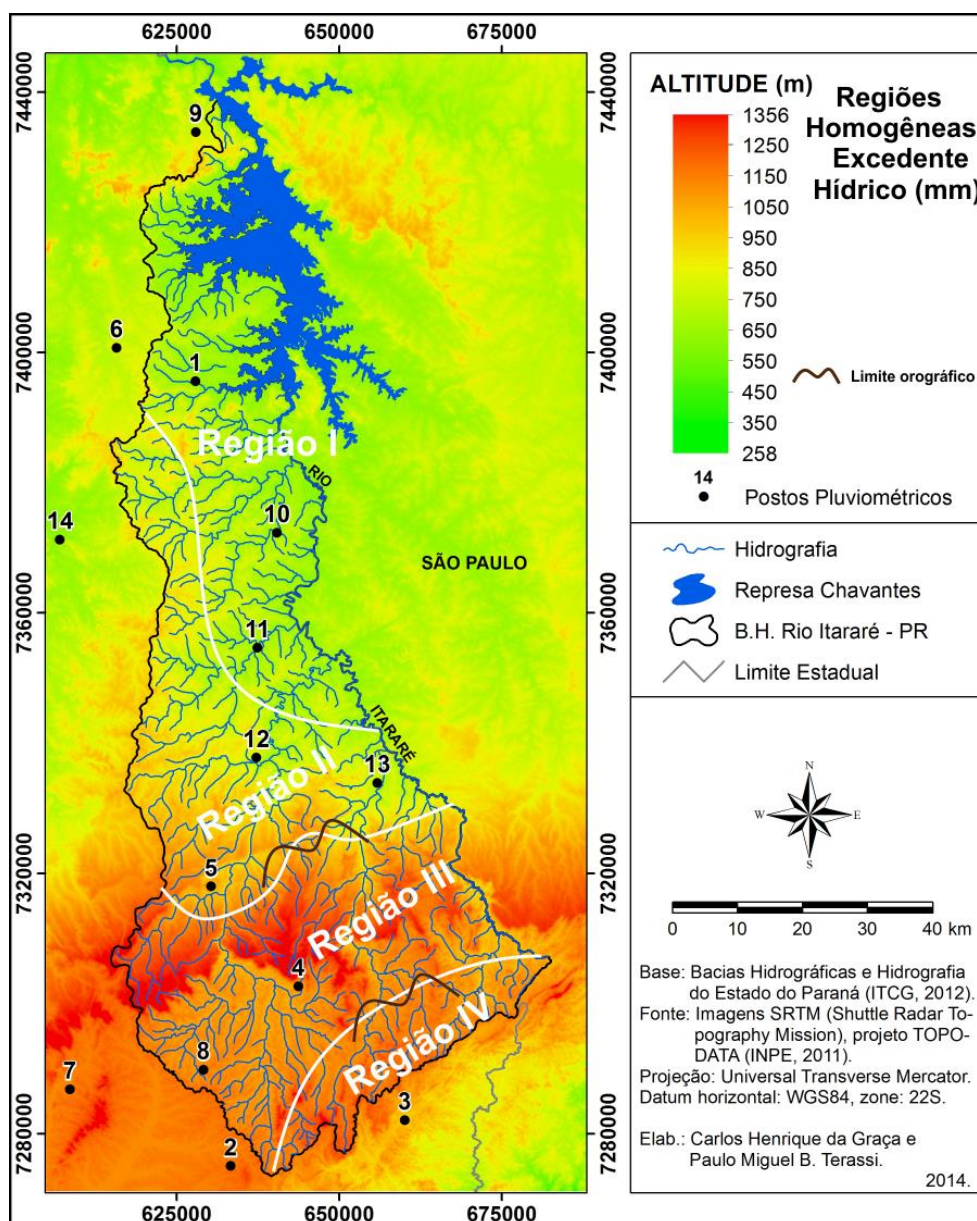


Figura 46 - Distribuição espacial das regiões homogêneas do excedente hídrico mensal (mm) da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A região homogênea I está localizada no setor norte, caracteriza-se por uma hipsometria de 590 metros, uma pluviosidade média anual de 1367,2, uma evapotranspiração potencial anual de 956,0 mm e um excedente hídrico anual de 411,2 mm. Corresponde a porção da bacia hidrográfica de menores excedentes hídricos mensais, e destaca-se por apresentar nos meses de abril e agosto uma média de 5,9 mm e 3,5 mm, respectivamente. Por situar-se no setor norte da área de estudo, essa região homogênea caracteriza-se pelos maiores valores mensais de evapotranspiração potencial, que aliada a maior redução da pluviosidade nos meses de outono e inverno, demonstra de forma mais notável a tropicalização climática e, conforme Nimer (1989), sua aproximação com o clima do Brasil Central (**Figura 47 – Tabela 18**).

A região homogênea II situa-se na porção central da bacia hidrográfica, na qual se verificou uma média de hipsometria de 718 metros, uma pluviosidade média anual de 1489,3 mm, uma evapotranspiração potencial anual de 890,5 mm e um excedente hídrico anual de 598,8. A região homogênea III localiza-se no setor oeste e central da bacia hidrográfica, apresenta uma hipsometria média de 1049 metros, uma pluviosidade média anual de 1457,4 mm, uma evapotranspiração potencial anual de 822,7 mm e um excedente hídrico anual de 634,7 mm (**Figura 47 – Tabela 18**).

Comparativamente, observa-se que a região homogênea II apresenta maiores valores de excedente hídrico nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro, ao passo que a região homogênea III obteve por maiores valores de excedente hídrico nos demais meses, com maiores disparidades durante aqueles que se caracterizam pelo outono e inverno. Justamente pelas mesmas características observadas para a pluviosidade média mensal, a região homogênea III mostrou que o setor central da bacia hidrográfica apresenta as maiores elevações de pluviosidade e excedente hídrico, principalmente em meses de verão, devido à sua localização transicional e maior interação entre sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais. A região homogênea III delimita a região de características tipicamente subtropicais, com uma maior regularidade do regime pluviométrico e menores acréscimos das chuvas nos meses de verão.

A região homogênea IV apresenta uma hipsometria média 818 metros, uma pluviosidade média anual de 1787,6 mm, uma evapotranspiração potencial de 899,0 mm e um excedente hídrico médio anual de 888,6 mm. Esta região climática compreende o setor sudeste da bacia hidrográfica, apresenta majoritariamente os valores mais elevados do excedente hídrico mensal. Sua preeminência como setor de maior excedente hídrico se atribui a condição predominante de maior pluviosidade, por situar-se em uma região limite de influência do efeito orográfico, uma vez que se verificou que a partir de maiores elevações a condição térmica reduz a probabilidade de chuvas convectivas (**Figura 47 – Tabela 18**).

Observa-se que isoladamente o mês de janeiro é o que apresenta o maior excedente hídrico, com uma média de 104,9 mm, resultado dos valores obtidos para a estação meteorológica e os treze postos pluviométricos. Destaca-se que os meses de abril e agosto apresentam os menores valores médios do excedente hídrico mensal, inferior a 20 mm. Aponta-se que, embora a pluviosidade seja o principal elemento controlador da distribuição espacial do excedente hídrico, nota-se que a redução da

pluviosidade média mensal em meses de outono e inverno, sobretudo em junho e julho, não indicam necessariamente menores valores do excedente hídrico mensal, o que se atribui a redução mais acentuada dos níveis de evapotranspiração potencial.

Tabela 18 - Hipsometria, pluviosidade média anual, evapotranspiração potencial anual e excedente hídrico anual para as regiões homogêneas da média mensal do excedente hídrico para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

| Região | Hipsometria média (m) | Pluviosidade média anual (mm) | Evapotranspiração potencial anual (mm) | Excedente hídrico anual (mm) |
|--------|-----------------------|-------------------------------|--|------------------------------|
| I | 590 | 1367,2 | 956,0 | 411,2 |
| II | 718 | 1489,3 | 890,5 | 598,8 |
| III | 1049 | 1457,4 | 822,7 | 634,7 |
| IV | 818 | 1787,6 | 899,0 | 888,6 |

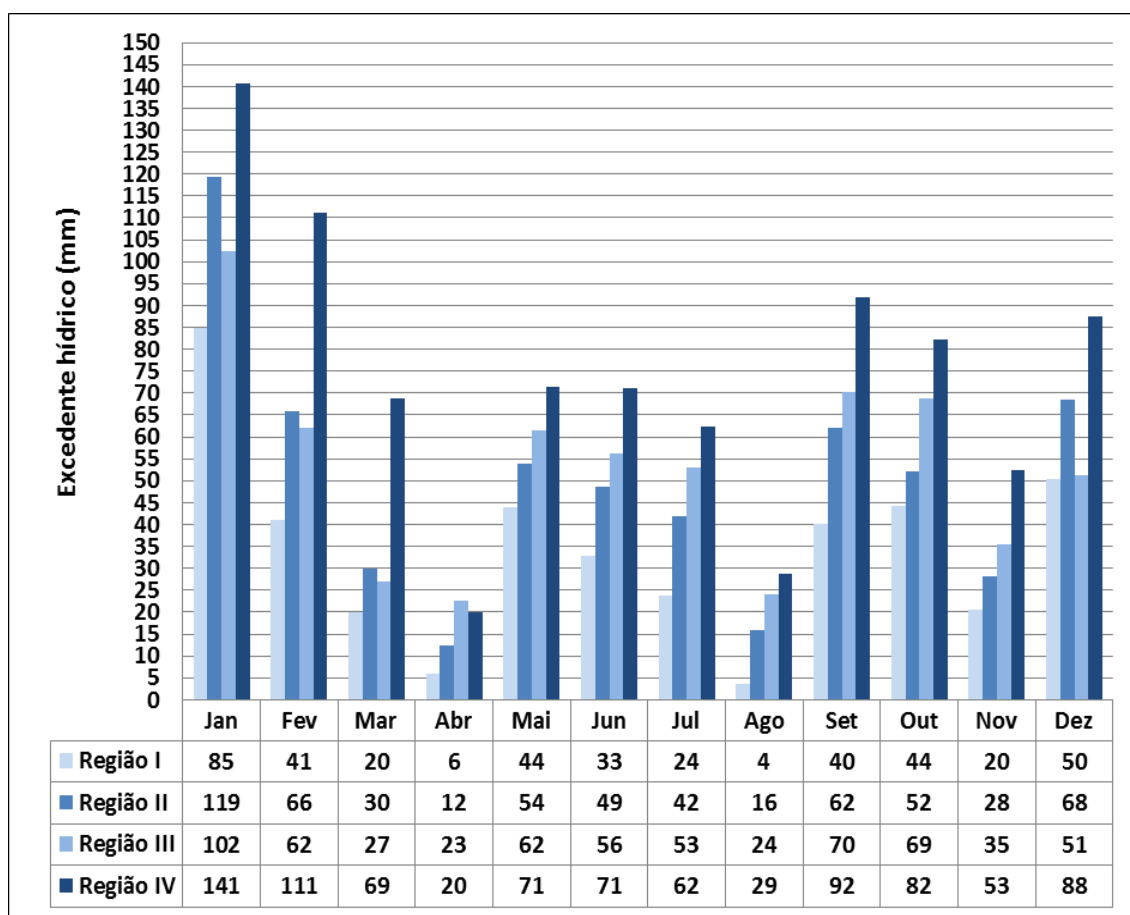


Figura 47 - Distribuição mensal do excedente hídrico para as regiões homogêneas da bacia hidrográfica do rio Itararé - Paraná.

5.5 Sistemas de classificação climática e zoneamento climático

5.5.1 Sistemas de classificação climática

Os resultados de pluviosidade, temperatura, evapotranspiração, excedente e deficiência hídrica estão sintetizados pela aplicação dos sistemas de classificação climática de Köppen (1948), Thornthwaite (1948) e Nimer (1972).

A aplicação da classificação climática de Köppen (1948) indicou que os setores de maiores altitudes, localizados nas porções oeste e central da bacia hidrográfica, obtiveram a tipologia Cfb, que indica um clima subtropical mesotérmico úmido, de temperatura do mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C, com ocorrência de pluviosidade em todos os meses do ano e inexistência de estação seca definida. O setor norte da bacia hidrográfica, com as mais elevadas temperaturas, obteve a tipologia climática Cfa, que caracteriza um clima subtropical quente úmido, de temperatura do mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura do mês mais quente superior a 22 °C, com ocorrência de pluviosidade em todos os meses do ano e inexistência de estação seca definida. Observa-se um setor ao sudeste e outro ao centro, que foram considerados como de transição entre as tipologias climáticas Cfa e Cfb, entre as isotermas de 18,0 °C e 19,0 °C, com o objetivo de evitar maiores generalizações (**Figura 48 A**).

Destaca-se que a distribuição espacial dos resultados do emprego da metodologia de classificação climática de Köppen (1948) para a área de estudo está aproximada ao obtido por Mendonça e Danni-Oliveira (2002) para a bacia hidrográfica do rio Tibagi, uma vez que indicaram a predominância da tipologia Cfb para o setor sul e Cfa para o setor norte, e uma porção situada no setor central como uma área de transição entre os dois tipos climáticos. Notadamente, as duas bacias hidrográficas apresentam uma configuração espacial semelhante referente à variação latitudinal, sobretudo ao que se diz à distinção da atuação espacial dos sistemas atmosféricos e dos regimes térmicos e pluviométricos. Igualmente, os resultados indicados pela tipologia climática de Köppen (1948) para a bacia hidrográfica do rio Itararé estiveram aproximados aos verificados para este mesmo setor do estado do Paraná conforme verificado por Cavaglione et al. (2000).

O sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) distingue a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR) em seis setores de diferentes tipologias climáticas. O

setor oeste obteve a tipologia B_4 r $B'_2 a'$, que designa um clima úmido mesotérmico, de pequena ou nenhuma deficiência térmica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48%, representando que esta porção da bacia hidrográfica apresenta os maiores índices de umidade e as menores eficiências térmicas. O setor sudeste caracteriza-se pela tipologia B_4 r $B'_3 a'$, com os mesmos níveis do índice de umidade que o setor sudeste, mas que apresenta uma maior eficiência térmica, resultante de maiores médias térmicas. Os setores sul e sudoeste obtiveram a tipologia climática B_3 r $B'_2 a'$, que demonstra um clima úmido mesotérmico, de pouca ou nenhuma deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48%, de menores valores do índice de umidade em relação aos setores oeste e sudeste e com características de menores eficiências térmicas. Com uma maior eficiência térmica em relação aos setores sul e sudoeste, os setores leste e central da bacia hidrográfica receberam a tipologia B_3 r $B'_3 a'$, que descreve um clima mesotérmico úmido de pouca deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48%. Verificou-se para o setor norte da bacia hidrográfica a tipologia climática B_2 r $B'_3 a'$, que representa um clima mesotérmico úmido de pouca deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48% e índices de umidade efetiva inferior aos verificados em setores meridionais. O setor noroeste da bacia hidrográfica, com os menores índices de umidade e as maiores eficiências térmicas, caracteriza-se pela tipologia B_1 r $B'_4 a'$, de clima úmido mesotérmico, pouca ou nenhuma deficiência hídrica e concentração de evapotranspiração potencial no verão inferior a 48% (**Figura 48 B**).

A análise particular de cada chave e sub-chave dos resultados obtidos pelo sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) permite estabelecer alguns padrões espaciais das características climáticas da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). As duas sub-chaves indicaram que a totalidade da área de estudo apresenta pouca ou nenhuma deficiência hídrica e uma concentração da evapotranspiração potencial anual inferior a 48%. Os maiores valores do índice de umidade efetiva foram verificados nos setores oeste e sudeste da bacia hidrográfica, com uma tipologia B_4 , com uma redução gradativa deste parâmetro na direção norte, sendo que o setor noroeste obteve os menores índices de umidade e uma tipologia B_1 . Os resultados da eficiência térmica, mensurada diretamente pelos níveis de evapotranspiração potencial anual, indicaram que o setor oeste da bacia hidrográfica caracteriza-se pelas menores eficiências térmicas e pela tipologia B'_2 , enquanto que grande porção da bacia hidrográfica apresenta a

tipologia B₃' e, em destaque, o setor noroeste obteve a tipologia B₄' devido aos maiores níveis de evapotranspiração potencial anual (**Figura 48 B**).

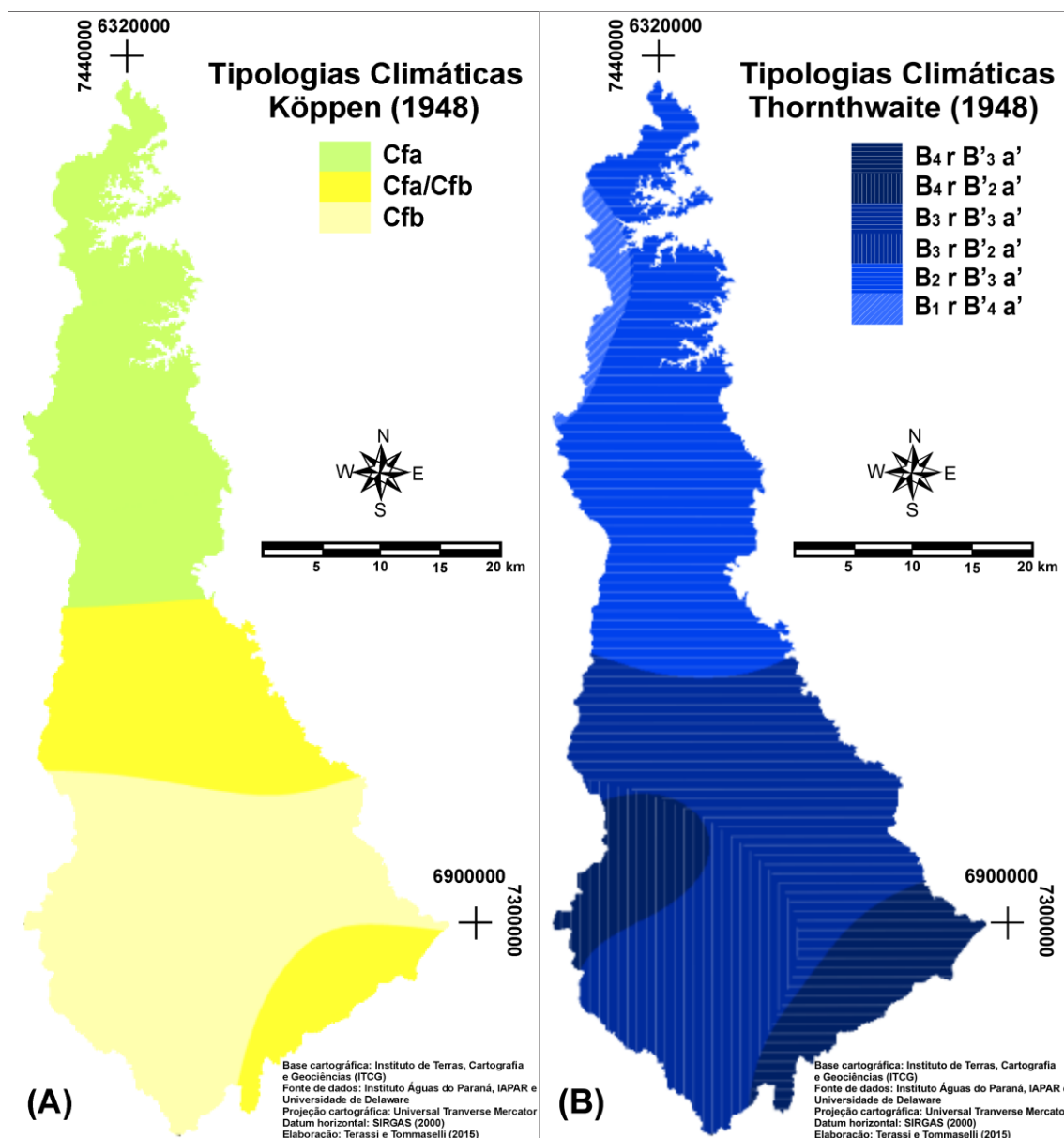


Figura 48 - Distribuição espacial das tipologias climáticas de Köppen (1948) (A) e Thornthwaite (1948) (B) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

O método classificatório de Nimer (1972) estabeleceu três tipologias climáticas para a bacia hidrográfica do rio Itararé. O setor central e oeste obteve a tipologia mesotérmico brando superúmido sem subseca e com a atuação mais incisiva de sistemas atmosféricos extratropicais, caracterizando-se por médias térmicas inferiores a 15°C no mês mais frio e regularidade do regime pluviométrico, condição atribuída pelo fator orográfico, latitudinal e a circulação atmosférica tipicamente inerente à região Sul do Brasil. O setor norte foi classificado como de clima subquente úmido com subseca em

agosto e de atuação incisiva de sistemas atmosféricos intertropicais, por apresentar, conforme Nimer (1989), uma dinâmica atmosférica aproximada a do Brasil Central, com uma redução significativa da pluviosidade para os meses de inverno e maiores médias térmicas em relação aos demais setores da bacia hidrográfica. Com características de maior regularidade das chuvas em relação ao setor norte e maiores médias térmicas em comparação ao setor oeste e central, as demais porções da bacia hidrográfica foi denominada de subquente superúmido sem subseca com circulação atmosférica transitória (**Figura 49**).

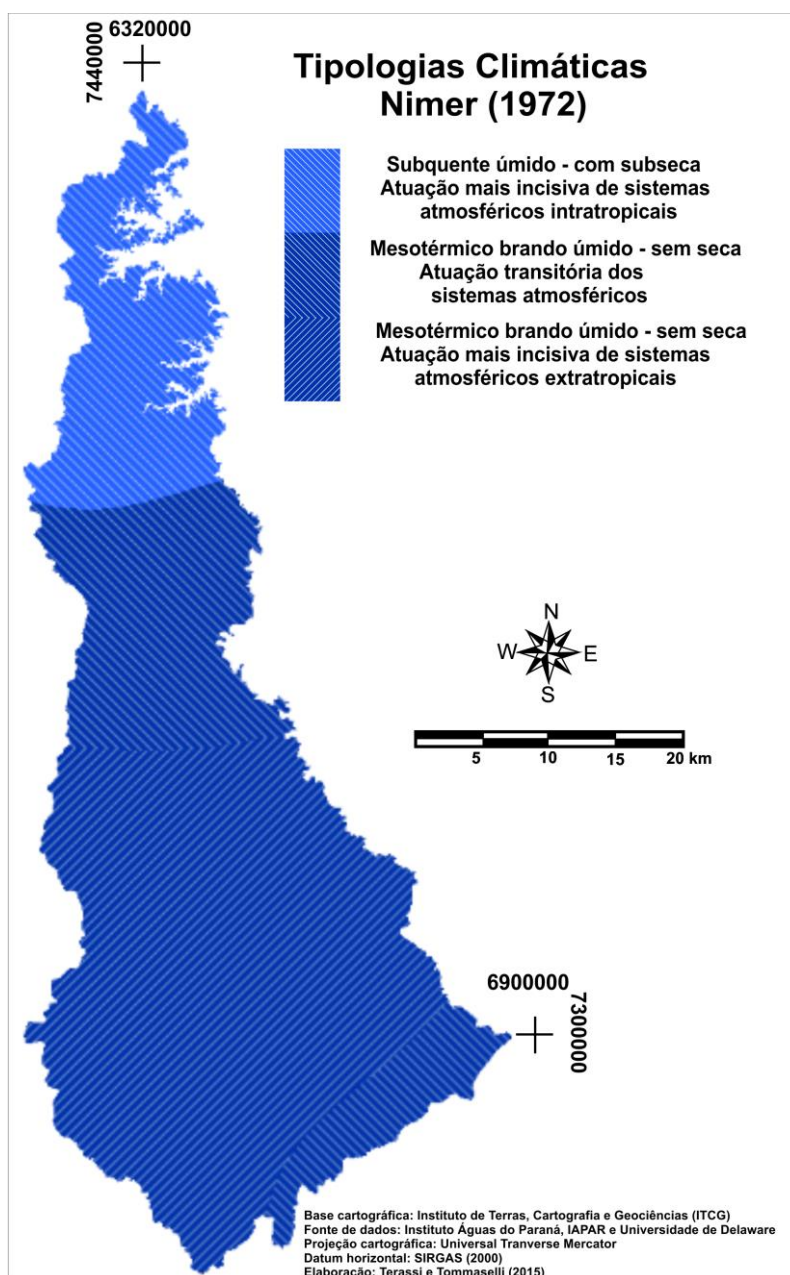


Figura 49 - Distribuição da tipologia climática de Nimer (1972) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A **tabela 19** permite avaliar comparativamente as tipologias climáticas atribuídas para os postos pluviométricos e a estação meteorológica. Nota-se que os postos pluviométricos que obtiveram a tipologia Cfb para a classificação climática de Köppen (1948) também receberam a tipologia B'₂ referente à segunda chave de eficiência térmica do método classificatório de Thornthwaite (1948), indicando que as porções meridionais, de maiores cotas altimétricas (superiores a 890 metros) e de menores médias térmicas, mostraram os menores níveis médios da evapotranspiração potencial anual e, conseqüentemente, as menores eficiências térmicas. Os postos pluviométricos de menores cotas altimétricas se caracterizaram por maiores eficiências térmicas, obtendo as tipologias B'₃ e B'₄, e, simultaneamente, obtiveram a tipologia Cfa para o método classificatório de Köppen (1948).

A segunda chave do sistema classificatório de Köppen (1948) estabeleceu a tipologia f, que designa um clima úmido e com regularidade das chuvas ao longo do ano e sem estação seca definida, para a totalidade da bacia hidrográfica. Entretanto, conforme observado pela **figura 20**, a área de estudo apresenta uma tendência de concentração de maiores alturas pluviométricas para o verão e primavera, principalmente para a porção setentrional, onde são observadas as maiores disparidades das médias pluviométricas das estações mencionadas anteriormente em comparação ao inverno e outono.

Inversamente a este viés da generalização supracitada, a primeira tipologia do método de Thornthwaite (1948), partindo do estabelecimento do índice de umidade efetiva, permitiu classificar de forma mais detalhada as características do regime pluviométrico e a sua relação com o regime térmico e as características de evapotranspiração, excedente e deficiência hídrica. Os postos pluviométricos que obtiveram a tipologia B₄ e B₃ correspondem àqueles com a maior regularidade pluviométrica mensal e maior excedente hídrico, resultado da combinação de maiores alturas pluviométricas e menores médias térmicas, características associadas ao relevo e às semelhanças com dinâmica atmosférica do clima subtropical da região Sul do Brasil. Com a redução da pluviosidade média anual, a tendência de concentração de chuvas nos meses de verão e primavera e o aumento das médias térmicas e o menor excedente hídrico, os postos pluviométricos setentrionais receberam as tipologias B₂ e B₁ e reforçam a tendência de uma aproximação com o clima Tropical para estas áreas.

Quanto ao regime térmico, o sistema classificatório de Nimer (1972) denominou os setores que obtiveram a tipologia Cfb (subtropical mesotérmico) pelo método de

Köppen (1948) e a chave B'₂ para a eficiência térmica de Thornthwaite (1948) como Mesotérmico brando, com exceção de São João da Boa Vista (Barra Mansa) e Sengés, haja vista que o método de Nimer (1972) estabelece como critério a temperatura média do mês mais frio, ao passo que Köppen (1948) tem sua delimitação na característica do mês mais quente e Thornthwaite pauta-se dos níveis de evapotranspiração potencial. Os postos pluviométricos mencionados acima obtiveram média do mês mais quente superior a 22°C e média do mês mais frio inferior a 15,0°C, além de uma evapotranspiração média anual que indicou a tipologia B'₃. As demais porções da bacia hidrográfica apresentaram resultados concordantes entre os três métodos para as características térmicas.

Tabela 19 - Tipologias climáticas obtidas para a série histórica (1976 a 2012) dos postos pluviométricos e estação meteorológica* inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé- Paraná.

| Número | Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica | Altitude (m) | Tipologia climática de Köppen (1918) | Tipologia climática de Thornthwaite (1948) | Tipologia climática de Nimer (1972) |
|--------|---|-----------------|---|---|---|
| 1 | Carlópolis (Nova Brasília) | 563 | Cfa | B ₂ r B' ₃ a' | Subquente superúmido com subseca |
| 2 | Castro (Fazenda Marão) | 1100 | Cfb | B ₃ r B' ₂ a' | Mesotérmico brando superúmido sem subseca |
| 3 | Doutor Ulysses (Varzeão) | 818 | Cfa | B ₄ r B' ₃ a' | Subquente superúmido sem subseca |
| 4 | Jaguariaíva (Eduardo Xavier da Silva) | 1000 | Cfb | B ₃ r B' ₂ a' | Mesotérmico brando superúmido sem subseca |
| 5 | Jaguariaíva | 890 | Cfb | B ₄ r B' ₂ a' | |
| 6 | Joaquim Távora* | 512 | Cfa | B ₁ r B' ₄ a' | Subquente superúmido com subseca |
| 7 | Piraí do Sul (Capinzal) | 1026 | Cfb | B ₄ r B' ₂ a' | Mesotérmico brando superúmido sem subseca |
| 8 | Piraí do Sul | 1068 | Cfb | B ₃ r B' ₂ a' | |
| 9 | Ribeirão Claro | 782 | Cfa | B ₂ r B' ₃ a' | Subquente superúmido com subseca |
| 10 | Santana do Itararé | 543 | Cfa | B ₂ r B' ₃ a' | Subquente superúmido sem subseca |
| 11 | São José da Boa Vista | 550 | Cfa | B ₂ r B' ₃ a' | |
| 12 | São José da Boa Vista (Barra Mansa) | 850 | Cfa | B ₃ r B' ₃ a' | Mesotérmico brando superúmido sem subseca |
| 13 | Sengés | 650 | Cfa | B ₃ r B' ₃ a' | |
| 14 | Tomazina | 483 | Cfa | B ₂ r B' ₃ a' | Subquente superúmido sem subseca |

O sistema classificatório de Köppen (1948) mostrou-se bastante associado à distribuição espacial das isotermas anuais e, sobretudo, com as Formações Fitogeográficas, uma vez que os Campos Naturais e a Floresta Ombrófila Mista Altomontana, localizados nos setores oeste e central, obteve-se a tipologia Cfb, enquanto para a Floresta Estacional Semidecidual, no setor norte da bacia hidrográfica, verificou-se a tipologia Cfa. Essa constatação quanto aos resultados obtidos pela classificação climática de Köppen (1948) se explica pelo fato de que para estabelecer seus limites climáticos este autor baseou-se a partir do reconhecimento dos grandes grupos vegetacionais.

Contrariamente, Thornthwaite (1948) iniciou o estabelecimento dos intervalos das tipologias climáticas conforme a eficiência térmica e os índices de umidade e, posteriormente, modificou os limites com base na distribuição da vegetação. Sobretudo, o sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) possibilitou distinguir com eficácia as características climáticas do recorte de estudo, fornecendo de forma conjunta às informações provenientes do balanço hídrico climatológico, sendo uma ferramenta útil para a determinação de zonas agroclimáticas e para o gerenciamento dos recursos hídricos. Portanto, o método classificatório de Thornthwaite é o mais adequado para os objetivos da presente pesquisa.

Ainda com relação ao regime pluviométrico, enquanto que o sistema classificatório de Köppen (1948) identificou somente a tipologia “f” indicando ausência de estação seca e regularidade pluviométrica, o método de Nimer (1972) indicou que o setor setentrional da bacia hidrográfica apresenta características de subseca para o mês de agosto. Embora o regime pluviométrico esteja indissociável das características térmicas, o método de Thornthwaite (1948) não identificou riscos a seca ou subseca, apresentando somente a tipologia “r”, que indica pouca ou nenhuma deficiência hídrica.

Dessa forma, indica-se que o método classificatório de Nimer (1972) tem seus méritos na tentativa de separação dos climas a partir do conjunto de características dos elementos climáticos e da circulação atmosférica, além de possibilitar identificação dos setores mais suscetíveis a eventos de subseca. Com o intuito de averiguar a capacidade de mensurar e avaliar o regime hídrico, para além das normais climatológicas, foram utilizados os sistemas de classificação climática de Thornthwaite (1948) e Nimer (1972) para avaliar a variação dos limites climáticos em anos excepcionais quanto ao volume de pluviosidade.

5.5.2 Sistemas de classificação climática para anos excepcionais

A identificação dos anos excepcionais quanto aos totais anuais de pluviosidade, realizada a partir do agrupamento demonstrado pela **figura 14**, permitiu discriminar os anos de 1983, caracterizado como chuvoso, e 1985, denominado de seco. Esses anos foram caracterizados pela predominante ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente. O evento de El Niño do ano de 1983, ocorrido também em 1982, foi determinante para o aumento superior a 600 mm para o setor sul e a 200 mm para o setor norte da área de estudo, conforme aponta Sousa (2006). Esta mesma autora destaca que o ano de 1985 apresentou uma redução pluviométrica superior a 400 mm para a porção na qual está situada a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR).

A partir da seleção da metodologia de Thornthwaite (1948) como a mais adequada para atender às exigências do zoneamento agroclimático à gestão de recursos hídricos, verificou-se a necessidade da aplicação dos parâmetros delimitados por esse sistema de classificação climática para os anos de comportamento adverso da pluviometria. Comparativamente, estão dispostos os resultados para os referidos anos na **figura 50**, com o intuito de ressaltar que a utilização da série histórica não possibilita a verificação das principais oscilações do regime hídrico.

O ano com a maior média anual de pluviosidade para toda a bacia hidrográfica, equivalente a 2080 mm, apresentou uma relativa homogeneidade quanto às tipologias obtidas. Os setores sul, central e leste da bacia hidrográfica apresentaram os maiores valores de excedente hídrico e do índice de umidade efetiva, com a predominância da tipologia A para a primeira chave desse sistema classificatório. O setor norte da área de estudo apresentou uma menor interferência do aumento de pluviometria e, junto a sua característica habitual de maiores temperaturas, registrou os menores índices de umidade efetiva, o que lhe atribui as tipologias B₄ e B₃ para a primeira chave classificatória. Os demais componentes do método de Thornthwaite (1948) registraram para o ano de 1983 as mesmas condições em relação aos resultados para a série histórica: pouca ou nenhuma deficiência hídrica; concentração de evapotranspiração inferior a 48% nos meses de verão; maiores valores de eficiência térmica para o setor setentrional, com uma redução nas porções ao sul (**Figura 50**).

Com a redução significativa da pluviometria, com uma média de 930,5 mm, o ano de 1985 se caracterizou pela elevada redução dos valores de excedente hídrico, com a redução dos níveis de umidade efetiva. Esse cenário permitiu identificar a tipologia C₁

(sub-úmido seco) para o setor leste da bacia hidrográfica, onde foram identificados valores de pluviosidade inferiores a 750 mm anuais, sendo que essa condição permite estabelecer que a região mencionada apresentasse a maior probabilidade às deficiências hídricas. Observa-se que grande parte da bacia hidrográfica obteve a tipologia C_2 (sub-úmido), enquanto que o setor sudeste apresentou a classificação B_1 , indicando que esse último setor é o que apresenta os menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica. Os demais componentes classificatórios não apresentaram diferenças em relação ao identificado para a série histórica (1976-2012) e para o ano excepcional chuvoso. Essa última consideração revela que, embora tenham sido verificadas deficiências hídricas, sobretudo pela obtenção das tipologias C_1 e C_2 , os valores foram pouco relevantes para a alteração da chave secundária do sistema classificatório (**Figura 50**).

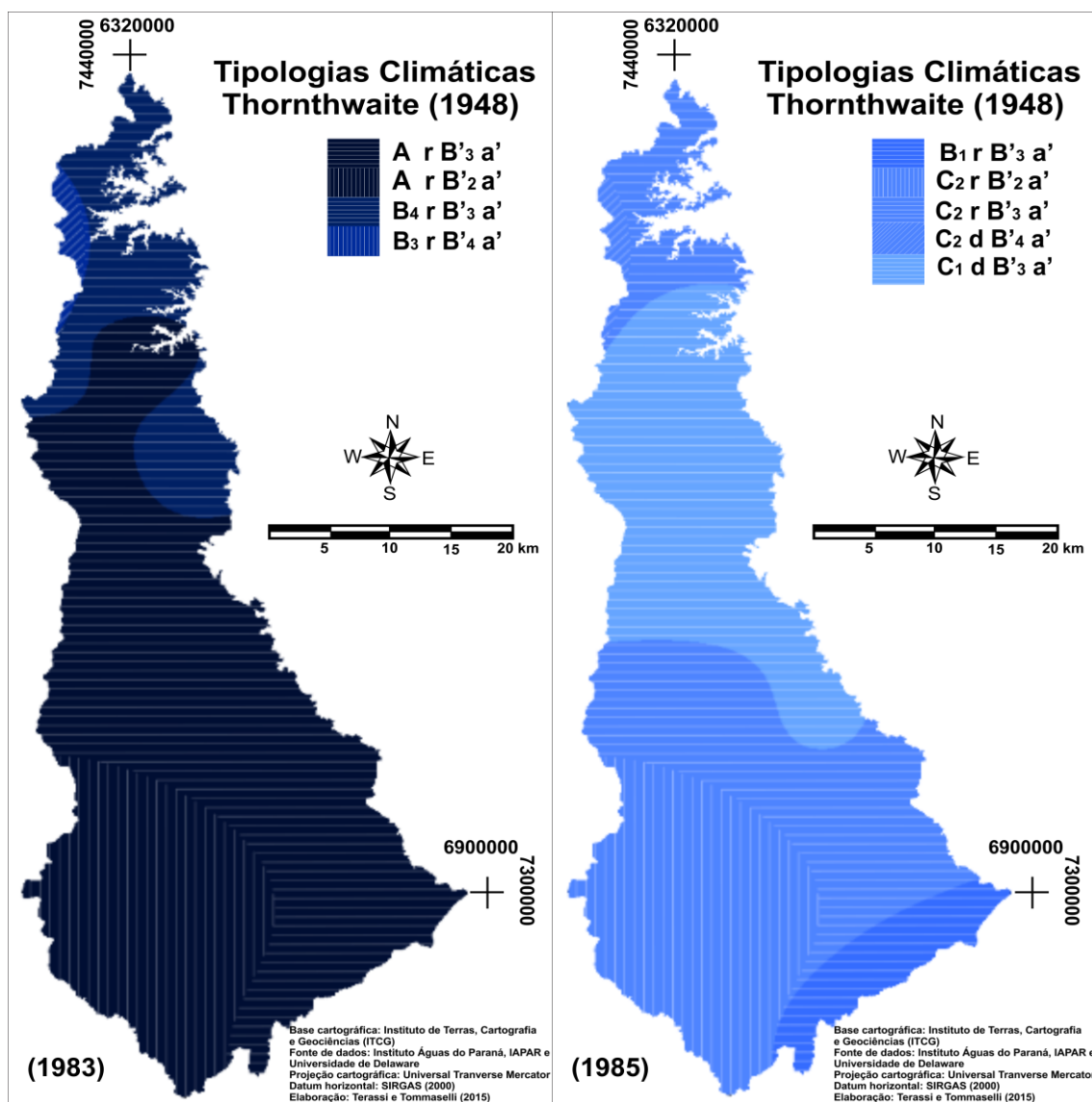


Figura 50- Distribuição da tipologia climática de Thornthwaite (1948) para o ano chuvoso (1983) e seco (1985) para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A aplicação do sistema classificatório de Nimer (1972) em anos excepcionais para a porção paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé identificou as peculiaridades do impacto do regime pluvial (**Figura 51**). Essas características foram destacadas pela variação do regime termo-pluviométricas em relação às tipologias identificadas para a série histórica, o que demonstra com clareza a demasiada generalização da utilização univalente e limitada das normais climatológicas.

Avalia-se que o ano chuvoso de 1983, mesmo com registros de pluviosidade maiores que o habitual, apresentou a tipologia úmida com a verificação de seca para um ou dois meses para todos os setores da bacia hidrográfica. Quanto ao regime térmico, observa-se uma redução da abrangência da tipologia subquente, indicando a redução da média térmica do mês mais frio para a região de estudo e, conseqüentemente, uma maior porção denominada de mesotérmica. Conclui-se, por conseguinte, que até mesmo em condições de elevadas pluviosidades anuais, a região de estudo pode apresentar, eventualmente, períodos de deficiência hídrica (**Figura 51**).

Com uma maior diversidade de tipologias identificadas, o ano seco de 1985 demonstrou que, excepcionalmente, a porção norte da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR) pode estar condicionada a situações atmosféricas de seca típica do clima semi-árido do Nordeste brasileiro, salva pela significativa redução térmica desta área de estudo. Indicou-se, da mesma forma que observada para o ano excepcional chuvoso, um aumento das porções definidas como mesotérmicas, mostrando uma redução do potencial térmico para o ano excepcional mencionado.

Nas proximidades da represa de Chavantes, o setor norte caracterizou-se no ano de 1985 pela tipologia subquente semi-árido com seca de 6 meses. Ainda, em boa parte do setor norte da bacia hidrográfica, verificou-se a obtenção da tipologia Subquente e Mesotérmico, essa última para a porção de média térmica do mês mais frio inferior a 15,0°C, com o caráter semi-úmido e com o registro de 4 a 5 meses de seca. Em parte das porções central e sudeste observa-se a tipologia mesotérmico semi-úmido com seca de 3 meses. Os setores oeste, sul e central receberam a tipologia mesotérmico úmido com 1 a 2 meses de seca, configurando essas porções como a de menor probabilidade de ocorrência de eventos de estiagens prolongadas ou secas.

O sistema classificatório de Nimer (1972) não permitiu, à vista disso, identificar as implicações do aumento de pluviosidade para o ano chuvoso de 1983, mas mostrou que, mesmo no ano mais chuvoso da série histórica, existe a possibilidade de ocorrência de seca em 1 a 2 meses na bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). O sistema

classificatório de Thornthwaite (1948) mostrou a variação espacial do aumento de pluviosidade a partir da espacialização do índice de umidade efetiva e demonstrou que os setores meridionais da bacia hidrográfica são àqueles de maior aumento do potencial hídrico. Ao passo que o método de Thornthwaite (1948) não identificou variações do potencial térmico em relação à normal climatológica, o método de Nimer (1972) mostrou uma pequena redução para o setor norte da área de estudo.

Enquanto que o sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) demonstrou que o setor leste é o que demonstra a maior propensão à deficiência hídrica (C_2) para o ano seco, enquanto o método de Nimer (1972) delimitou o setor norte como o de maior ocorrência de meses secos para o ano de 1985. Dessa informação, analisa-se que os setores leste e norte compreendem as áreas que, seja quantitativamente ou qualitativamente, as que apresentam os maiores riscos de estiagens. Comparativamente, o último sistema classificatório mencionado permitiu averiguar com mais eficiência a variação do regime térmico dos anos excepcionais em relação à normal climatológica.

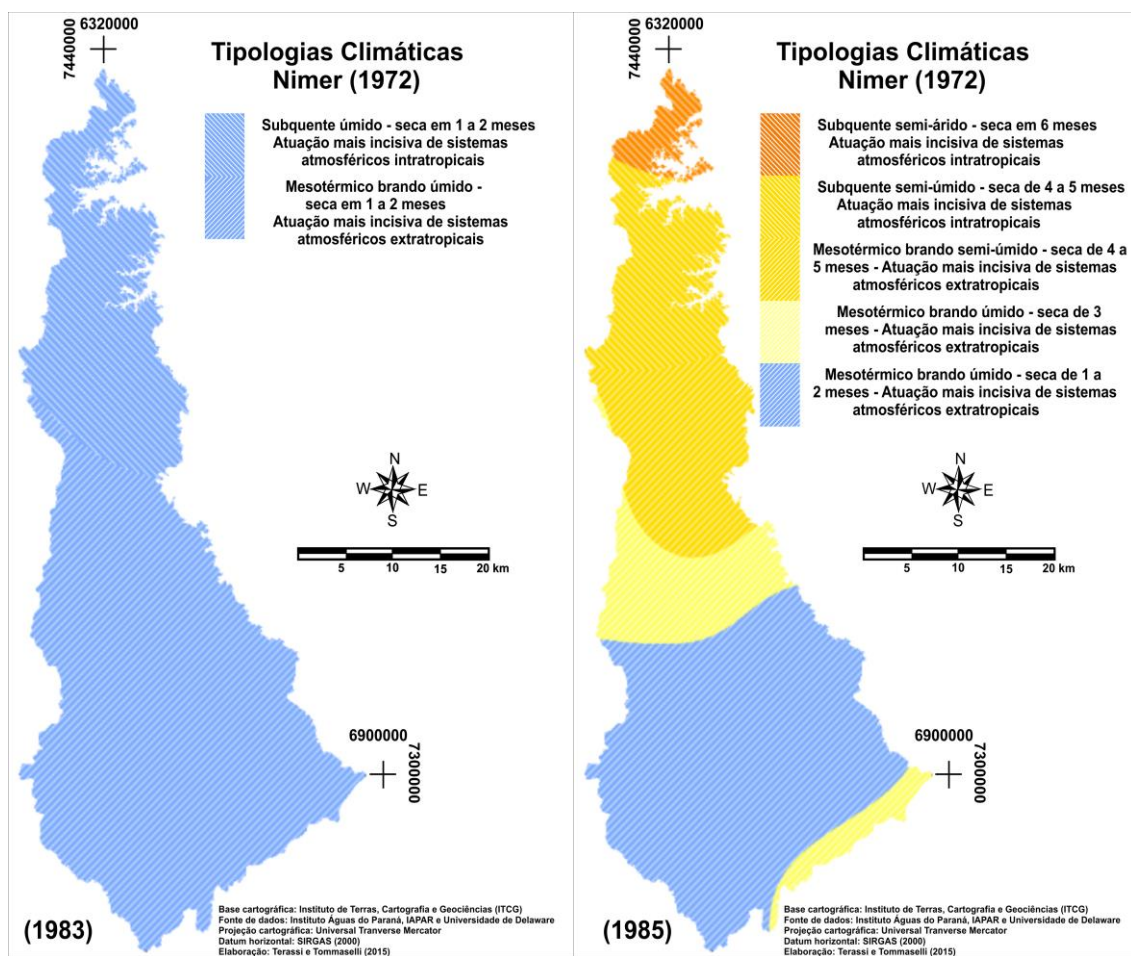


Figura 51 - Distribuição espacial das tipologias climáticas de Nimer (1972) para o ano chuvoso (1983) e o ano seco (1985) na bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

5.5.3 Zoneamento climático

O levantamento das características climáticas da área de estudo, especialmente com a delimitação de regiões homogêneas quanto aos atributos climáticos, aliado ao arcabouço teórico permitiu identificar as zonas climáticas para a bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). O principal critério para a delimitação das zonas climáticas se deu com a realização do agrupamento para os parâmetros climáticos para a escala mensal, adoção salientada por demonstrar qualitativamente os atributos climáticos e os fatores que determinam sua distribuição espacial e temporal. Considerou-se, portanto, que os resultados observados são manifestações de uma interação entre fatores climáticos, preponderantes para a divisão em quatro distintas zonas climáticas. Os postos pluviométricos 7 e 14 foram excluídos por apresentarem os resultados mais destoantes e as maiores distâncias à área de estudo (**Figura 52**).

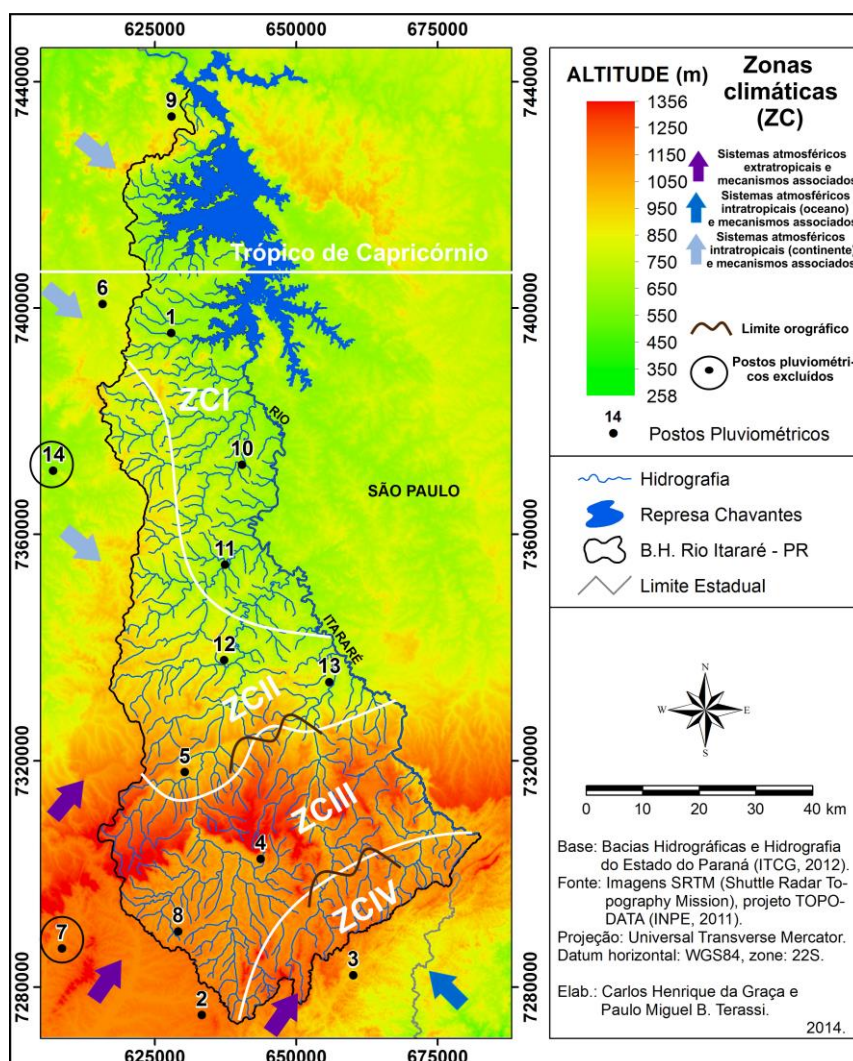


Figura 52 - Proposta de zoneamento climático para a bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A zona climática I corresponde ao setor norte e leste da bacia hidrográfica. Caracteriza-se pela menor pluviosidade média anual e o menor número de dias de chuva, resultante da combinação de menores altitudes com uma dinâmica atmosférica que apresenta a maior interferência de sistemas atmosféricos intertropicais. A obtenção de maiores valores do potencial erosivo anual em relação à zona climática III, essa última de maior hipsometria, se deve a maior concentração de pluviosidade em um número menor de dias de chuva, além da maior possibilidade de ocorrência de chuvas convectivas, essa última condição é atribuída ao aumento de temperaturas médias e evapotranspiração potencial e a maior participação dos sistemas atmosféricos intertropicais. Ainda, supõe-se que a represa de Chavantes pode configurar-se como um incremento da umidade regional, especialmente nos meses de verão, período de maior potencialidade da evapotranspiração e da formação de chuvas convectivas (**Figuras 53 - 54**).

Com o aumento da hipsometria média dos postos pluviométricos, a zona climática II apresentou um aumento de pluviosidade em relação à zona climática I. Considerando a proporção do acréscimo pluviométrico e do número de dias de chuva, comparativamente a zona climática I, essa porção da bacia hidrográfica caracteriza-se pelo maior potencial anual de erosividade das chuvas justamente pela combinação do aumento da altimetria, responsável pela formação de chuvas orográficas, e a sua posição geográfica, uma vez que se situa entre a zona climática I, marcada caracteristicamente pela maior participação dos sistemas atmosféricos intertropicais (continentais), e a zona climática III, onde se verificou características do regime de pluviosidade que indicam mais participação dos sistemas frontais (extratropicais). Principalmente, esse último aspecto revela que a zona climática II tem as maiores alturas pluviométricas e o maior potencial erosivo, sobretudo pela possibilidade de choques de massas de ar de conteúdos distintos (**Figuras 53 - 54**).

A zona climática III obteve uma redução da pluviosidade média anual (mm) em relação à zona climática II por caracterizar-se pela maior participação de sistemas atmosféricos extratropicais e sua maior associação ao clima subtropical, de uma maior distribuição da pluviosidade sazonal e mensal, o que responde pelo menor potencial erosivo em relação às demais porções da bacia hidrográfica. Trata-se da região que apresenta o limite do efeito orográfico, uma vez que apresenta uma média de altimetria de seus postos pluviométricos equivalente a 1046 metros, aspecto que representa a menor probabilidade da formação de chuvas convectivas. Proporcionalmente, a redução

do potencial erosivo nessa região se dá pelo aumento do número de dias e a redução das alturas pluviométricas (**Figuras 53 - 55**).

A zona climática IV apresenta isoladamente a maior pluviosidade média anual, o maior número de dias de chuva e o maior potencial erosivo de toda bacia hidrográfica. Explica-se que a obtenção dos maiores valores para esse atributo climático se dá por uma condição semelhante ao observado para a zona climática II. A localização geográfica da bacia hidrográfica da zona climática IV permite compreendê-la como o limite de influência orográfica para a entrada de sistemas atmosféricos intertropicais oceânicos, especialmente a massa atlântica tropical (mTa), que indicam o aumento local da ocorrência e do volume de pluviosidade e, conseqüentemente, do potencial erosivo das chuvas, principalmente no verão. No entanto, por sua situação meridional, a zona climática IV apresenta também uma maior influência da participação de sistemas atmosféricos extratropicais, o que a mantém com o maior potencial erosivo das chuvas inclusive em períodos que há uma habitual redução da erosividade para as demais porções da área de estudo (**Figuras 53 - 54**).

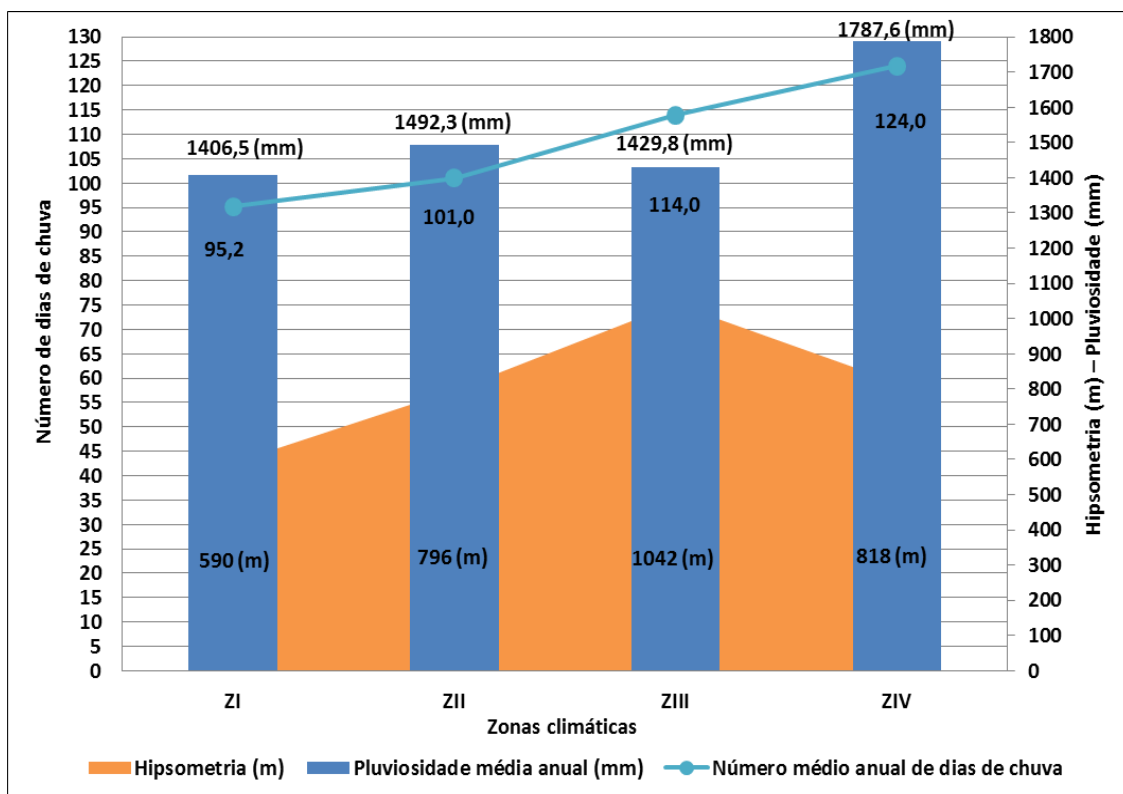


Figura 53 - Distribuição da pluviosidade média anual (mm) e o número de dias de chuva conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

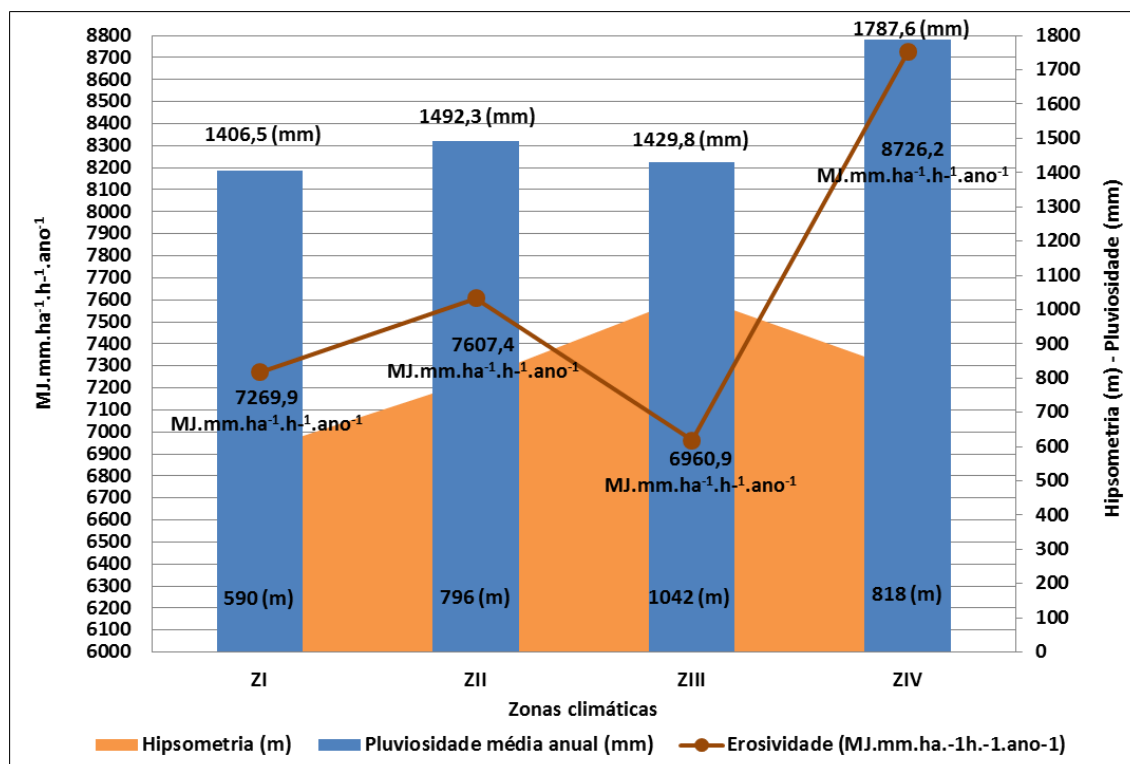


Figura 54 - Distribuição da pluviosidade média anual (mm) e erosividade média anual conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

A zona climática I caracteriza-se pela maior temperatura média anual (20,2°C) e a maior evapotranspiração potencial anual (961,7 mm). Essas características se devem a sua situação setentrional, determinantes pela menor hipsometria e a sua proximidade com o domínio do clima tropical do Brasil Central. Junto ao fato de ser o setor com a menor pluviosidade média anual (1406,5 mm) e de maior potencial da evapotranspiração, a zona climática I destaca-se pela redução da média anual do excedente hídrico (411,2 mm) (**Figuras 55 - 56**). Essa região apresenta a maior concentração de pluviosidade nos meses de verão e primavera e a maior probabilidade de ocorrência da deficiência hídrica, haja vista a considerável redução dos valores de excedente hídrico, especialmente nos meses de abril e agosto (**Figura 47**).

Com o aumento da altitude, com uma média dos postos pluviométricos equivalente a 796 metros, a zona climática II apresenta uma redução da temperatura média anual (18,6°C) e uma redução da evapotranspiração potencial anual (864,1 mm). Com o aumento de pluviosidade em relação à zona climática I, conforme já discutido anteriormente, obteve-se uma média anual do excedente hídrico de 628,2 mm. Desta forma, observa-se que a zona climática II beneficia-se do aumento de pluviosidade e da redução térmica, condições resultantes da combinação entre orografia e dinâmica

atmosférica, para a obtenção do maior excedente hídrico, comparativamente entre as zonas climáticas I e III (**Figuras 55 - 56**).

O setor de maior hipsometria na área de estudo compreende a zona climática III, com uma altitude média de 1046 metros. Esse aspecto, junto a sua proximidade com o domínio climático subtropical, determina as estimativas de menores médias térmicas anuais (17,9°C) e o menor potencial da evapotranspiração potencial anual (822,9 mm). Com a redução da pluviosidade média anual, verifica-se que a zona climática III apresenta uma pequena redução do excedente hídrico anual em relação à zona climática II, equivalente a 606,0 mm (**Figuras 55 - 56**). Mesmo com a redução dos valores médios de excedente hídrico anual, ressalta-se que a zona climática III apresenta a menor suscetibilidade à ocorrência de eventos de deficiência hídrica justamente por apresentar, de modo comparativo, a maior regularidade desse atributo para a escala mensal (**Figura 49**).

Com menores cotas altimétricas (818 metros), a zona climática IV apresenta um aumento da média térmica anual (19,3°C) e um aumento da evapotranspiração potencial anual (888 mm). Mesmo com maiores médias térmicas e maiores valores de evapotranspiração potencial, essa região compreende o setor de maior excedente hídrico médio anual (899 mm), justamente pelo elevado acréscimo de pluviosidade em relação as demais porções da bacia hidrográfica (**Figuras 55 - 56**). Dessa maneira, compreende o setor de menor potencial de ocorrência da deficiência hídrica, especialmente pela distribuição mensal desse atributo (**Figura 49**).

As informações discorridas permitem avaliar que a área de estudo apresenta maiores potenciais a ocorrência à deficiência hídrica nos setores setentrionais, nas proximidades da represa de Chavantes, com uma redução gradativa em direção a nascente do curso principal do rio Itararé, onde se verifica os maiores excedentes hídricos. Esse panorama revela, em linhas gerais, as relações existentes entre os componentes da dinâmica climática regional, uma vez que a redução de pluviosidade nos meses de outono e inverno é mais significativa ao norte, o que se torna preponderante com as maiores médias térmicas em comparação às demais porções da área de estudo. Ao sul, com o aumento da altimetria, a provável maior atuação dos sistemas atmosféricos extratropicais e, conseqüentemente, as menores temperaturas e a menor redução de totais pluviométricos, indicam um quadro mais desfavorável à deficiência hídrica.

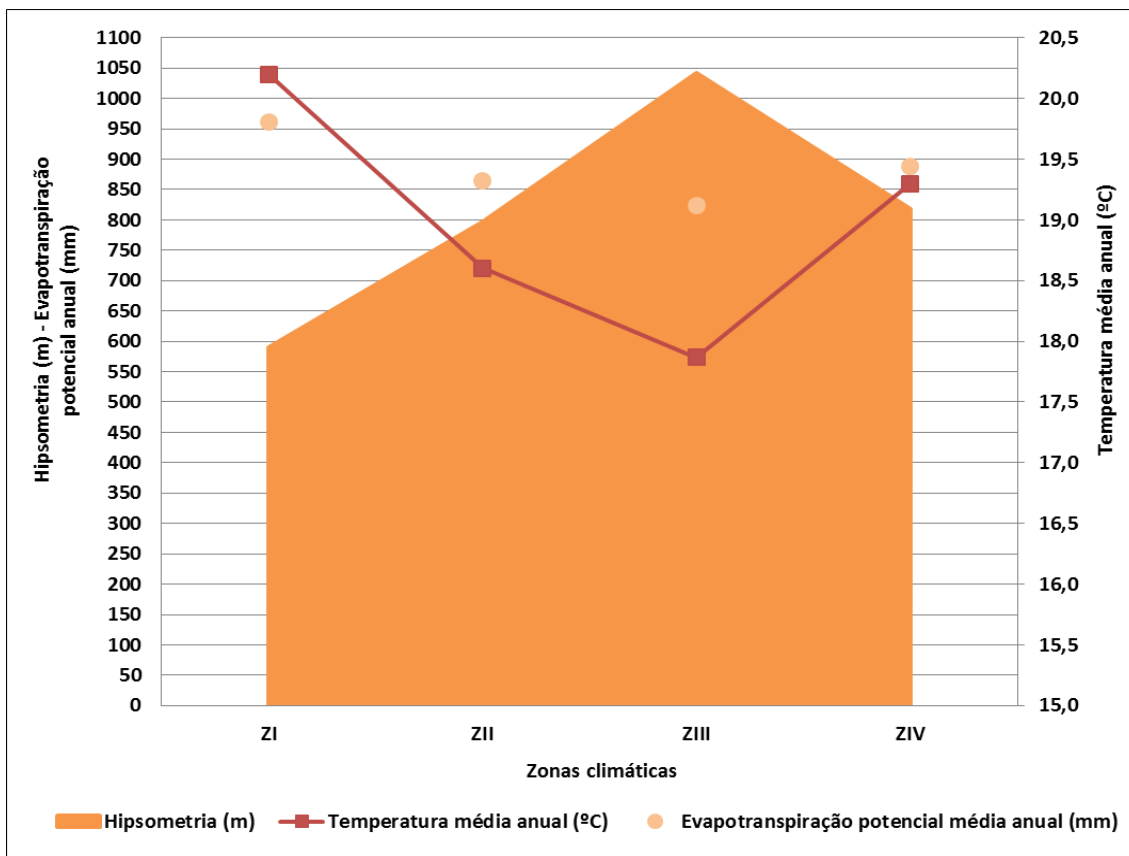


Figura 55 - Distribuição da temperatura média anual (°C) e evapotranspiração potencial anual (mm) conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

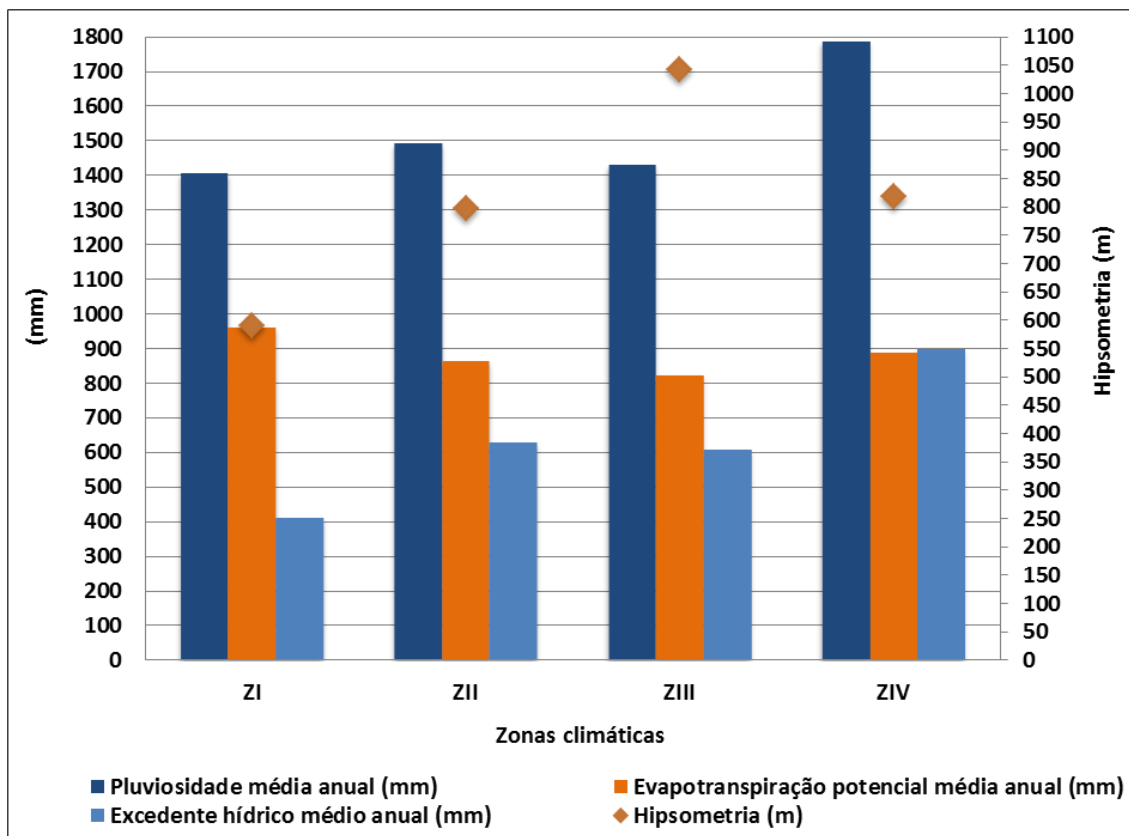


Figura 56 - Distribuição da pluviosidade média anual (mm) e erosividade média anual conforme a altimetria e a zona climática da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.

Salienta-se que as zonas climáticas I e II apresentam elevado potencial de erosividade das chuvas, principalmente pela grande concentração de pluviosidade nos meses de verão e a significativa utilização do solo pela agricultura e a pecuária. A zona climática I merece destaque quanto ao elevado potencial erosivo das chuvas por encontrar-se próximo ao reservatório de Chavantes, pois indica maior susceptibilidade a gênese e desenvolvimento de processos erosivos marginais. Especialmente, a zona climática IV compreende um setor que requer cuidados, haja vista as características de cobertura pedológica, as grandes porções de solo exposto e os maiores valores de erosividade das chuvas. Conforme indicado pela **figura 38**, as três regiões mencionadas acima apresentam as maiores preocupações com relação ao potencial erosivo das chuvas, sobretudo por terem sido identificados tais setores uma média de $1000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{.mês}^{-1}$ para os meses de janeiro e dezembro.

Quanto às características do regime hídrico, destaca-se que a zona climática I apresenta os maiores cuidados quanto às restrições hídricas, principalmente pela elevada ocupação por atividades agropastoris, especialmente em anos de ocorrência do fenômeno La Niña, com destaque para a seca de 6 meses identificada para o ano de 1985 (**Figura 51**) e em meses como abril e agosto (**Figura 47**). Os demais setores da área de estudo mostraram menores propensões à ocorrência de deficiência hídrica, sobretudo pelas menores médias térmicas (**Figura 42**) e menores taxas de evapotranspiração (**Figura 45**).

O zoneamento climático permitiu estabelecer que os setores setentrionais, mais próximos ao marco delimitativo da linha imaginária do trópico de capricórnio apresentam características mais próximas ao clima tropical, de maiores médias térmicas e redução de chuvas durante o inverno. Os resultados de pluviosidade indicaram concordância com o obtido por Correa (2013) para a bacia hidrográfica do rio Piquiri (PR), que observou a influência da orografia para o acréscimo de pluviosidade entre o intervalo de altitudes entre 400 a 900 metros. Especialmente para os setores de maiores altimetrias, principalmente na porção central da área de estudo, a orografia perde o seu desempenho para as ocorrências de maiores alturas pluviométricas, o que se atribui a diminuição térmica e, conseqüentemente, do potencial de formação de chuvas convectivas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora tenham sido observados alguns padrões entre o efeito orográfico e o aumento de pluviosidade em alguns setores da bacia hidrográfica, conclui-se que a distribuição das isolinhas de pluviosidade e número de dias de chuva para a escala anual está propriamente mais ligada às diferenças entre o regime pluviométrico sazonal e a interferência da dinâmica atmosférica regional. Identificou-se que as maiores alturas pluviométricas ocorrem durante o período que vai de outubro a março, correspondente ao verão e a primavera, que somadas concentram 63,4% do volume pluviométrico anual.

Os resultados obtidos a partir da aplicação do índice de erosividade das chuvas de Rufino, Biscaia e Merten (1993) mostrou uma distribuição espacial que apresentou resultados satisfatórios quando associados ao regime pluviométrico sazonal. O verão e a primavera caracterizam-se por apresentar os maiores riscos potenciais a erosividade das chuvas devido a uma concentração de 70,8% dos valores anuais de erosividade das chuvas. Dentre os resultados mais significativos, destaca-se que o mês de janeiro apresenta os maiores riscos e que isoladamente apresenta 22,6% da erosividade média anual.

A espacialização das estimativas de temperatura provenientes do banco de dados da Universidade de Delaware para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé foram satisfatórias, dado que se observou uma consonância entre as características hipsométricas com o fator latitudinal, que somados descrevem harmonicamente a variação espacial das isotermas.

Com a realização do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) obteve-se as características espaciais e temporais da evapotranspiração potencial e do excedente hídrico para a escala anual e mensal. Notou-se que os setores oeste e central obtiveram os menores valores da evapotranspiração potencial média e, contrariamente, o setor norte apresentou os maiores valores de evapotranspiração potencial e os menores valores do excedente hídrico, enfatizando o efeito da tropicalização climática existente na região.

Com diferentes critérios, mostrou-se que a metodologia de Köppen (1948) tem uma associação mais adequada com a distribuição das isotermas e com as formações fitogeográficas originais, enquanto o emprego da metodologia de Thornthwaite (1948) mostrou-se mais efetivo por distinguir os tipos climáticos como subsídio específico para

o zoneamento agroclimático e gerenciamento de recursos hídricos. Por sua vez, a classificação climática de Nimer (1972) determinou as características do clima de determinada região a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura.

A identificação dos anos excepcionais possibilitou discutir a variação dos atributos climáticos de forma qualitativa em relação às normais climatológicas, demonstrando as restrições do uso de séries históricas para a compreensão do clima da região. Por esse motivo, foram selecionados dois anos representativamente excepcionais pela pluviometria anual para o emprego das duas técnicas de classificação climática avaliadas como mais adequadas aos objetivos da presente pesquisa, a de Thornthwaite (1948) e Nimer (1972).

Dentre as análises mais importantes, destaca-se a verificação de tipologias que apontam clima semiárido para as porções norte e leste da bacia hidrográfica para o ano seco (1985). Esses setores foram os que apresentaram a maior redução do volume de pluviosidade durante o ano de 1985, no qual se verificou a atuação do La Niña. Destacando o caráter de distorção das normais climatológicas, o ano excepcional chuvoso (1983), de ocorrência do El Niño, indicou para a classificação de Nimer (1972) um clima úmido, mas com 1 a 2 meses de seca para toda a bacia hidrográfica, ao passo que o sistema classificatório de Thornthwaite (1948) apenas descreveu o elevado acréscimo de pluviosidade.

O emprego da técnica de agrupamento para a escala mensal permitiu, de modo geral, averiguar adequadamente as características da dinâmica atmosférica regional e suas associações com os atributos climáticos, julgando como preeminente a marcha estacional e a sua determinação pelo ritmo. A partir da identificação das regiões homogêneas, verificou-se com maior precisão a variação espacial dos parâmetros climáticos, aspecto altamente relevante para a realização do zoneamento climático da bacia hidrográfica do rio Itararé (PR). A identificação de zonas climáticas, por sua vez, subsidiou uma avaliação qualitativa entre os atributos climáticos e os tipos de uso e ocupação do solo, ressaltando potenciais problemas ambientais.

As observações percorridas verificaram a relação proporcional entre o volume de pluviosidade e o número de dias de chuva, o que responde pela distribuição espacial do potencial erosivo, panorama que permitiu avaliar uma provável atuação da participação dos fatores climáticos para a geração das chuvas. O setor setentrional, especialmente nas margens do reservatório de Chavantes, representados pela zona climática I e II,

apresentam os maiores riscos à erosividade, principalmente pelo elevado acréscimo de chuvas no trimestre de verão. Ainda, a zona climática IV merece atenção por ter apresentado a maior erosividade das chuvas, junto à verificação de solo exposto associado a elevadas declividades, fatores que representam maiores riscos à erosão.

O zoneamento climático representativo dos atributos temperatura, precipitação, evapotranspiração potencial e excedente hídrico, permitiram diagnosticar que as zonas meridionais apresentam, generalizadamente, a maior disponibilidade hídrica por conjugar decréscimo da evapotranspiração potencial com a maior regularidade da marcha anual da pluviometria. Como efeito da tropicalização climática, verificou-se que o setor norte, na zona climática I, destaca-se com os menores excedentes hídricos mensais e a maior probabilidade de deficiência hídrica, condição ressaltada pela identificação de seis meses de seca para essa porção durante o ano excepcionalmente seco (1985). A região norte da área de estudo apresenta a significativa ocupação por pastagens e lavouras temporárias e, o alerta da possibilidade de deficiência hídrica, especialmente em condições de La Niña ou em meses como abril e agosto, por demonstrarem uma vulnerabilidade a essas atividades econômicas.

Algumas limitações da presente pesquisa precisam ser reconhecidas e mencionadas. A falta de postos pluviométricos e estações meteorológicas impediu um estudo detalhado das características climáticas. As falhas de registros de dados em alguns postos pluviométricos exigiriam a recorrência àqueles situados a mais de 50 quilômetros de distância do limite da bacia hidrográfica. Embora tenha considerado a dinâmica atmosférica como preponderante para a caracterização e zoneamento climático, a insuficiência de estações meteorológicas dentro e no entorno da bacia hidrográfica limitou a discussão acerca do ritmo climático à revisão literária e inviabilizou a análise rítmica, que seria fundamental para uma visão integrada dos componentes climáticos da área de estudo.

7. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. **Erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do rio Apeú, região Nordeste do Pará**. 2013.60f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.
- ALMEIDA, C.O.S. **Erosividade das chuvas no estado do Mato Grosso**. 2009. 83f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.
- AMARAL, A.A. **As chuvas e a erosividade na bacia hidrográfica do rio Jordão - PR**. 2012. 155f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2012.
- AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C. As unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente-SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n.2, p. 177-198, 2008.
- ANDRADE, A. R.; NERY, J. T. Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do Rio Ivaí, Brasil. **Investigaciones Geográficas**. Cidade do México, v. 52, n.1, p. 7-30, 2003.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Energia Hidráulica. In: **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. 3ª Edição. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, p.49-61, 2012. Disponível em:<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.Pdf>. Acesso em 13 de julho de 2015.
- ARAB, P.B.; PERINOTTO, J. A. J.; ASSINE, M.L. Grupo Itararé (P-C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba - SP: contribuição ao estudo de litofácies. **Geociências**, São Paulo, v.28, n.4, p.501-521, 2009.
- AZEVEDO, L.C. **Análise da Precipitação Pluvial da Bacia do Rio Iguazu - Paraná**. 2006. 123f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- ÂNGULO - MARTÍNEZ, M; BEGUERÍA, S. Trends in rainfall erosivity in NE Spain at annual, seasonal and daily scales, 1955-2006. **Hydrology and Earth System Sciences**, Munich, v.16, n.1, p.3551-3559, 2012.
- BALDO, M.C. **Variabilidade Pluviométrica e a Dinâmica Atmosférica da Bacia do Rio Ivaí**. 2006. 153 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2006.

BALDO, M. C.; DIZIUBATE, E. L.; GALIANI, D. L. A. Variabilidade da pluviosidade temporal e espacial na bacia do rio Pirapó - PR. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n.5, p. 1159-1172, 2012.

BALDO, M. C.; GALIANI, D. L. A.; DIZIUBATE, E. L. Análise da deficiência e do excedente hídrico em anos atípicos na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n.5, p. 1266-1277, 2012.

BELIZÁRIO, W. S. Geossistemas e climatologia Geográfica: estudos integrados do clima em bacias hidrográficas. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais**, Iporá, v. 3, n.2, p.2-21, 2014.

BEREZUK, A. G.; GARCIA, M. R. Estudo de tendências do ritmo pluviométrico da bacia hidrográfica do rio Pardo - MS. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 9, n.1, p. 7-20, 2011.

BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e no norte do Paraná nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, n.1, p. 9-22, 2006.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2ª Edição. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ABRH, p. 727-768, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ª edição. São Paulo: Ícone, 2012. 355p.

BÓLOS, M.I. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografía**, Barcelona, v. 15, n.1-2, p. 45-68, 1981.

BORSOI, Z. M. F; TORRES, S.D.A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Brasília, v.4, n.8, p.143-166. 1997.

BOTELHO, R. G.M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, p.153-192, 2004.

BRAIDO, L.M.H. **Caracterização edafoclimática e proposta para a determinação do risco de queda de safra na região do Pontal do Paranapanema - SP**. 2010. 125f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Presidência da República Federativa do Brasil, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, Distrito Federal. 8 de janeiro de 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm >. Acesso em 08 de dezembro de 2014.

BRASIL. **Decreto de 05 de junho de 2012**. Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, com área de atuação localizada nos estados do Paraná e de São

Paulo, e dá outras providências. Presidência da República Federativa do Brasil, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, Distrito Federal. 5 de junho de 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Dsn/Dsn13326.htm>. Acesso em 28 de dezembro de 2014.

BRITO, A.O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando o planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. 2012. 77f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

CABRAL, J.B.P.; BECEGATO, V.A.; ASSUNÇÃO, H.F.; RAFAELLI NETO, S.L. Monitoramento da erosividade na área do reservatório da hidroelétrica de Cachoeira Dourada, GO/MG. **Geosul**, Florianópolis, v.22, n.44, p.47-65, 2007.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n.2, p. 125-137, 2000.

CAMPOS, H. L. Gestão de bacia hidrográfica: pressupostos básicos. In: SÁ, A. J.; CORRÊA, A. C. B. **Regionalização e análise regional: perspectivas e abordagens contemporâneas**. Recife: Editora Universitária, p. 91-111, 2006.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decendiais do ar do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2448-2456, 2008.

CARMELLO, V. **Análise da variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do Paranapanema**. 2013. 123f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2013.

CARVALHO, S.M.; STIPP, N.A.F. Contribuição ao estudo do balanço hídrico do estado do Paraná: uma proposta de avaliação qualitativa. **Geografia**, Londrina, v.13,n.1, p.57-71, 2004.

CARVALHO, J.R.P.; ASSAD, E.D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.377-384, 2005.

CASTRO FILHO, C.; CATANEO, A.; BISCAIA, R.C.M. Utilização da metodologia de Wilkinson para o cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.6, n.3, p.240-241, 1982.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.

CHIERICE, R.A.F.; LANDIM, P.M.B. Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. **Geociências**, São Paulo, v.33, n.1, p.157-171, 2014.

CORREA, M.G.G. **Distribuição espacial e variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Piquiri - PR**. 2013.102f. Dissertação (Mestrado).

Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

DIAKONOV, K.N. **Geofísica das paisagens: métodos dos balances**. Moscou, Editora da Universidade de Moscou. 1988, 96p.

DUKE ENERGY. **Memórias**. 2012. Disponível em: <http://www.memoriaduke.com.br/Usinas.aspx?menu=8&usina=3>>. Acesso em 13 de julho de 2015.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B.; AMORIM, R. S. S. Potencial erosivo e características das chuvas de São Gabriel, RS, de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n.6, p. 647-654, 2013.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Mapa de Solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos: EMBRAPA: Solos e Florestas, ISSN 1517-2627, 2007. 95p.

FABRES, T.M. **Classificação climática segundo Köppen e Thornthwaite e caracterização edafoclimática referente à região de Santa Maria, RS**. 2009. 127f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FONTÃO, P. A.B; ZAVATTINI, J.A. Regionalização das chuvas anuais na bacia do Pardo, Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Volume especial, n.36, p.143-158, 2014.

FOURNIER, F. The Effect of climatic factors on soil erosion: estimates of solids transported in suspension in runoff. **Association Hydrologic International Public**, v.38, p.1-6, 1956.

FRANCISCO, A. B.; NUNES, J. O. R.; TOMMASELLI, J. T. G. A dinâmica espaço-temporal do processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia - SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 11, n.1, p. 49-56, 2010.

GARDIMAN JÚNIOR, B.S.; MAGALHÃES, I.A.L.; FREITAS, C.A.A.; CECÍLIO, R.A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**, Guarapuava, v.8, n.1, p.61-71, 2012.

GOMES, D.P. CARVALHO, D.F.; OLIVEIRA NETO, D.H.; SANTOS, C.A.B. Estimativa da temperatura do ar e da evapotranspiração de referência do estado do Rio de Janeiro. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.2, p.302-314, 2014.

GONÇALVES, F.A.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S. Índices e espacialização da erosividade das chuvas para o estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.269-276, 2006.

GRAÇA, C.H.; SILVEIRA, H.; TERASSI, P.M.B. Mapeamento das áreas com risco potencial a erosão dos solos no município de Marialva - Paraná. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.8, n.2, p.108-129, 2014.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. ENSO and extreme rainfall events in South America. **Journal of Climate**, Boston, v. 22, n.7, p. 1589-1609, 2009.

GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 6ª Edição. Rio de Janeiro, Editora Betrand Brasil, p. 17-50, 2010.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_uf.shtm>>. Acesso em 20 de dezembro de 2014.

ICHIBA, S.H.K. **Estudo das temperaturas do ar no estado do Paraná**. 2006.124f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

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 20 de dezembro de 2014.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia). **Produtos Cartográficos**. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em 14 de julho de 2014.

JURCA, J. **Classificações Climáticas: variações têmporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2005.

KELLER FILHO, T; ASSAD, E.D.; LIMA, P.R.S.R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

KELTING, F.M.S. O clima e a paisagem da bacia hidrográfica do Litoral - estado do Ceará. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.29, n.2, p.83-99, 2009.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, Wall-map 150cmx200cm,1928.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.390p.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. In: KÖPPEN, W., GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, p.1-44, 1936.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México. 1948. 479p.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p.171-182, 2001.

MAACK, R. **Geografia Física do estado do Paraná**. 4ª Edição. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2012. 526p.

MAKSOUND, H. **Hidrologia e possibilidades Hidrenergéticas da bacia do rio de Contas, na Bahia**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1964. 196p.

MARTIN, T. N.; NETO, D. D.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A. Homogeneidade espaço temporal e modelos de distribuição para a precipitação pluvial no estado de São Paulo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.55, n.5, p. 476-481, 2008.

MARTINS, R. **História do Paraná**. Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, 1995.471p.

MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J.C.F.; SILVA JÚNIOR, J.L.C. Estimativas e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; CURI, N.; MELLO, J.M.; VIOLA, M.R. Erosividade mensal e anual da chuva no estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p. 537-545, 2007.

MELLO, C.R.; VIOLA, M.R.; CURI, N.; SILVA, A.M. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade mensal e anual no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.6, p.1878-1891, 2012.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes na bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. O. (Org.). **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: Moacir E. Medri Editores, v. 1, p. 63-68. 2002.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Clima: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.207p.

MEUSBURGER, K.; STEEL, A.; PANAGOS, P.; MONTANARELLA, L.; ALEWELL, C. Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland. **Hydrology and Earth System Sciences**, Munich, v.16, n.1, p.167-177, 2012.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001. 125p. CD ROM.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima**. In: Geografia do Brasil: Grande Região Sul. 2ª Ed., v. 4, Tomo I, Rio de Janeiro, IBGE, p. 114-166.1968.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**. São Paulo, n.1,1971, 21p.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) **Imagens SRTM** (Shuttle Radar Topography Mission). 2014. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>> Acesso em 04 de julho de 2014.

NERY, J.T; DENIG, E.A; AZEVEDO, L.C.; MARTINS, M.L.O.F. Estudo da variabilidade interanual da precipitação na bacia hidrográfica do rio Uruguai. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 11, n.2, p. 149-156, 2006.

NIMER, E. Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. **Boletim de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 31, n.277, p.141-153, 1972.

NIMER, E; BRANDÃO, A.M.P.M. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 43, n.3/4, p. 373-416, 1985.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ªEdição. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

NÓBREGA, R.S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.3, n.1, p.18-22, 2010.

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente - SP**. Presidente Prudente, 2002. 209f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2002.

NUNES, J.O.R.; SANT’ANNA NETO, J.L.; AMORIM, M. C. C. T.; TOMMASELLI, J.T.G.; PERUSI, M. C. A influência dos métodos científicos na Geografia Física. **Terra Livre**, v. 1, n.27, p. 121-132, 2006.

OLIVEIRA, P.T.S; WENDLAND, E.; NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Catena**, Amsterdam, v. 100, p.139-147, 2012.

OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E. Spatial variability of the rainfall erosive potential in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n.1, p. 69-79, 2012.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1981, 425p.

PAIVA, R.G.; SILVEIRA, H.; BALDO, M.C. Variação espacial da temperatura média na escala topoclimática nos municípios de São Carlos e Florai - PR. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.29, n.1, p.147-161, 2011.

PARANÁ (Secretaria de estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos). **Bacias Hidrográficas do estado do Paraná – Série Histórica**. 2010. 140p. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf>. Acesso em 18 de dezembro de 2014.

PELL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Update world map of the Köppen - Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Munich, v.11, n.1, p.1633-1644, 2007.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; NOVAES, L. F. de; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M. Distribuição espacial das variáveis hidrológicas na bacia do rio São Francisco. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 32-42, 2003.

PEREIRA, A.R. Simplificando o Balanço Hídrico de Thornthwaite - Mather. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.311-313, 2005.

PINESE, J. P.P.; Síntese geológica da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. O. (Org.). **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: Moacir E. Medri Editores, v. 1, p. 21-38. 2002.

PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A; ALFONSI, R.R. Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função da altitude e latitude. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v.23, 1972, 20p.

PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R. Estimativa das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no estado do Paraná, em função de altitude e latitude. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v.52, 1974, 28p.

QUADRO, M. F. L.; SILVA DIAS, M. A. F.; HERDIES, D. L.; GONCALVES, L. G. G. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 27, n.2, p. 287-294, 2012.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4ª Edição. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

RIBEIRO, A. G. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Boletim de Geografia**. Maringá, v.5, n.1, p.91-135, 1987.

RITTER, L.M.O; ALMEIDA, C.G.; MORO, R.S. Caracterização fitofisionômica dos fragmentos campestres com fâceis de cerrado em Ponta Grossa, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl.2, p.192-194, 2007.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade

real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n.4, p. 257-533, 2007.

ROSS, J. L. S.; PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: Âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v.1, n.12, p. 89-121, 1998.

ROSSATO, M.S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 240f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o estado do Paraná: segunda aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.279-281,1986.

RUBIO, M.F. **Gênese e dinâmica de erosões em margens de reservatórios. Pesquisa e Desenvolvimento no estudo de caso nas UHEs Chavantes e Rosana (rio Paranapanema, SP/BR)**. 2014. 255f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n.1, p. 439-444,1993.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação climática de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SALAKO, F.K. Rainfall temporal variability and erosivity in subhumid and humid zones of southern of Nigeria. **Land degradation & Development**, v.17, n.5, p.541-555, 2006.

SANT'ANNA NETO, J. L. A erosividade das chuvas no estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 9, n.1, p.35-49, 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 15, n.1, p. 119-131, 1998.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.184p.

SANTOS, C. N. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no estado do Rio Grande do Sul**. 2008. 138f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

SANTOS, W.A.; ARAÚJO, H.M. Clima e condições meteorológicas da sub-bacia hidrográfica do rio Contiguiba - SE. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.31, n.1, p. 41-52, 2013.

SILVA, A.M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, Amsterdam, v.57, n.3, p.251-259. 2004.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G.; PASSOS, M. M. Dinâmica atmosférica e análise geoestatística do clima na área de integração paisagística 'Raia Divisória' SP/PR/MS: uma proposta de tipologia climática. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, p. 53-70, 2006.

SILVA, D.F.; SOUSA, F.A.S.; KAYANO, M.T. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mundaú. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n.3, p. 147-155, 2010.

SILVA FILHO, E. P.; COTTA, L.R.; MARINI, G.B.S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas. **Boletim de Geografia (UEM)**, Maringá, v. 28, n.1, p. 115-125, 2010.

SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à Climatologia Geográfica. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2, n.20, p. 23-53, 2013.

SOARES, F. S.; MEDRI, M.E. Alguns aspectos da colonização do rio Tibagi. In: MEDRI, M.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. O. (Org.). **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: Moacir E. Medri Editores, v. 1, p. 69-79. 2002.

SONEGO, R.C.; BACKES, A.; SOUZA, A.F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botânica Brasileira**, Belo Horizonte, v.21, n.4, p.943-955, 2007.

SORRE, M. Le Climat. In: SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Paris: Armand Colin, p.13-43, 1951.

SOUSA, P. **Estudo da precipitação no estado do Paraná associada à anomalia TSM do Oceano Pacífico**. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SOUZA, A.P.; MOTA, L.L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado do Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v.1, n.1, p.34-43, 2013.

STRAHLER, A. N. **Physical Geography**. New York: John Willey & Sons, 1951. 442p.

STURGES, H. A. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 21, n. 153, p. 65-66, 1926.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n.20, p. 111-128, 2013.

TERASSI, P.M.B.; SILVEIRA, H.; GRAÇA, C.H. Distribuição espaço-temporal pluviométrica e a erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Formação**, Presidente Prudente, v.2, n.21, p.136-158, 2014.

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

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geophysical Review London**, Nova Jersey n.38, p.55-94. 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance climatology. **Centerion**, v.8, n. 1, p.1-86.1955.

TOMMASELLI, J. T. G.; BALDO, M. C.; SILVEIRA, H. **Caracterização pluviométrica da mesorregião geográfica centro ocidental paranaense**. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracaju, p.1-9, 2004.

TOYAMA, I. T. A experiência da gestão sócio-patrimonial da Duke Energy em reservatórios no rio Paranapanema. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, Volume especial, n.36, p.256-297, 2014.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorology Society**, Boston, v.78, n.12. p. 2771-7. 1997.

TRIBUNA DO VALE. Nível de Chavantes chega a 23%. 2014. Disponível em: <http://portalrtn.com.br/nivel-de-chavantes-chega-a-23/>>. Acesso em 13 de julho de 2015.

TROPPEMAIR, H. Perfil fitoecológico do estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 8, n.1, p. 67-80, 1990.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: Fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 372p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA - TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2011. 327 p.

UDEL (University of Delaware). **Air temperature and precipitation**. Disponível em: < http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel_AirT_Precip.html>. Acesso em 12 de maio de 2014.

UEPG (Universidade Estadual de Ponta Grossa). **Dicionário histórico e geográfico dos Campos Gerais: ocupação dos Campos Gerais**. 2014. Disponível em: < http://www.uepg.br/dicion/verbetes/a-m/campos_gerais_ocupacao.htm>. Acesso em 18 de dezembro de 2014.

UFPA (Universidade Federal de Lavras). **Solos do Cerrado**. 2015. Disponível em: <<http://www.dcs.ufpa.br/Cerrados/Portugues/CIntroP.htm>>. Acesso em 28 de junho de 2015.

UFOEGBUENE, G.C; BELLO, N.J.; OJEKUNLE, Z.O.; ORUNKOYE, A.R.; ERUOLA, A.O.; AMORI, A.A. Rainfall erosivity pattern of Ogun river basin area (Nigeria) using modified Fournier Index. **European Water**, Athens, v.35, n.1, p.23-29,2011.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. A. O clima no litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 3, n.1, p. 49-64, 2008.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991, 449p.

VIANA, M.B. **O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala** (Estudo). Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2004. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/1162>. Acesso em: 27 de junho de 2015.

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

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. Erodibilidade dos solos e morfogênese de vertentes. **CLIMEP - Climatologia e estudos da paisagem**, Rio Claro, v. 2, n.2, p. 23-38, 2007.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no estado do Paraná: Atualização, influência do “El Niño” e “La Niña” e estimativas para cenários climáticos futuros**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; OLIVEIRA, D.; GRIMM, A. M.; DIECKOW, J. Erosividade de chuvas no estado do Paraná: Atualização e Influência dos Eventos “El Niño” e “La Niña”. **Boletim Técnico da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 1ª Edição. Curitiba, 2012. 36p.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativas da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: Atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.1, p.256-267, 2015.

WILKINSON, G.E. Rainfall characteristics and soil erosion in the rainforest area of Western Nigeria. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.11, n.4, p.247 - 255, 1975.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Washington, v.23, p.246-249, 1959.

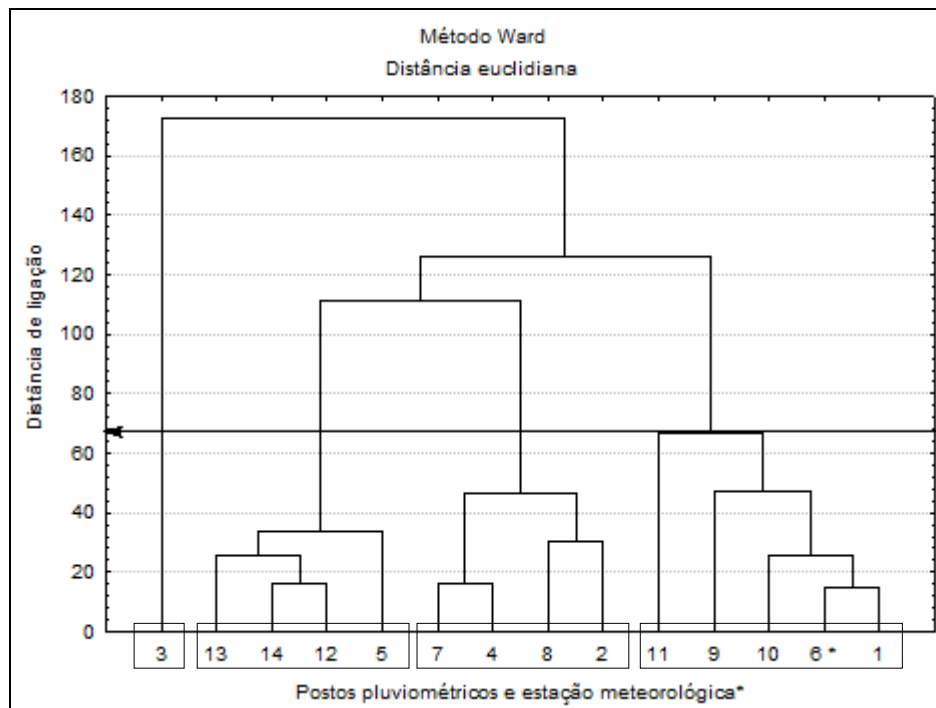
WISCHMEIER, W.H; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. **USDA Agricultural Handbook**, Washington, n.537, 1978, 58p.

ZANDONADI, L. **As chuvas da bacia do rio Paraná, Brasil: Um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica.** 2013. 206f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2013.

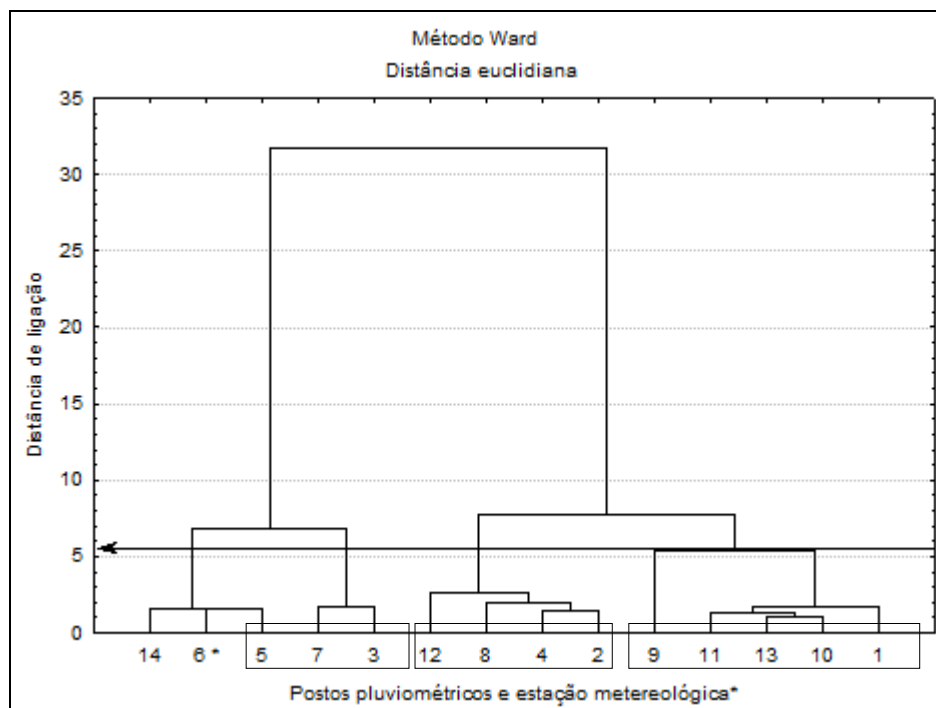
ZANELLA, M.E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, Volume especial, n.14, p.126-142, 2014.

ZHANG, G.H.; NEARING, M.A.; LIU, B.Y. Potential effects of climate change on rainfall erosivity in the Yellow river basin of China. **Transactions of the American Society of Agriculture Engineers**, Washington, v.48, n.2, p.511-517, 2005.

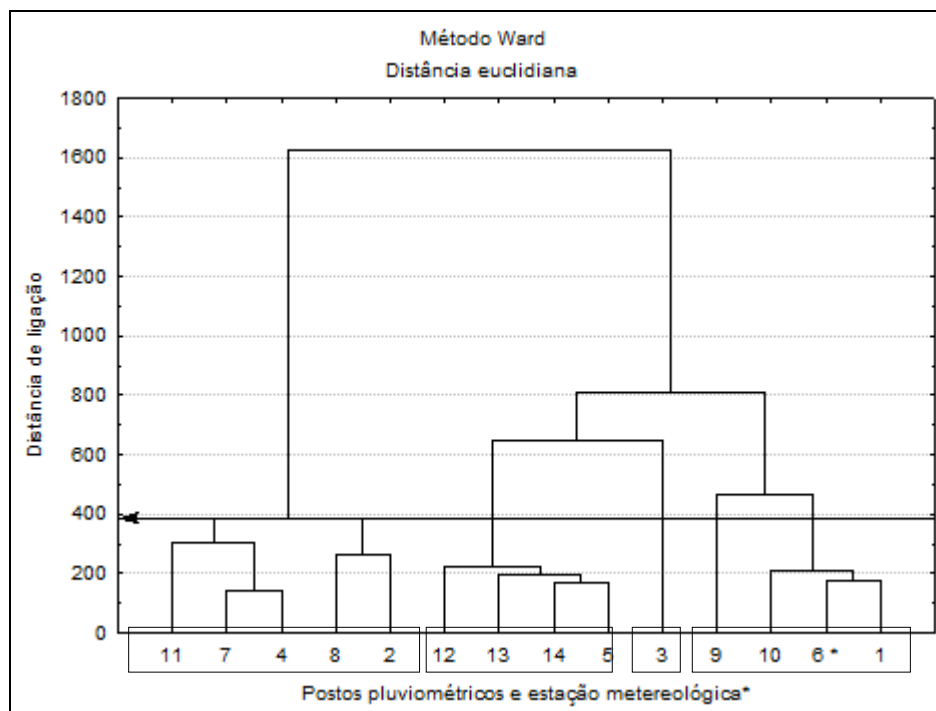
ANEXOS



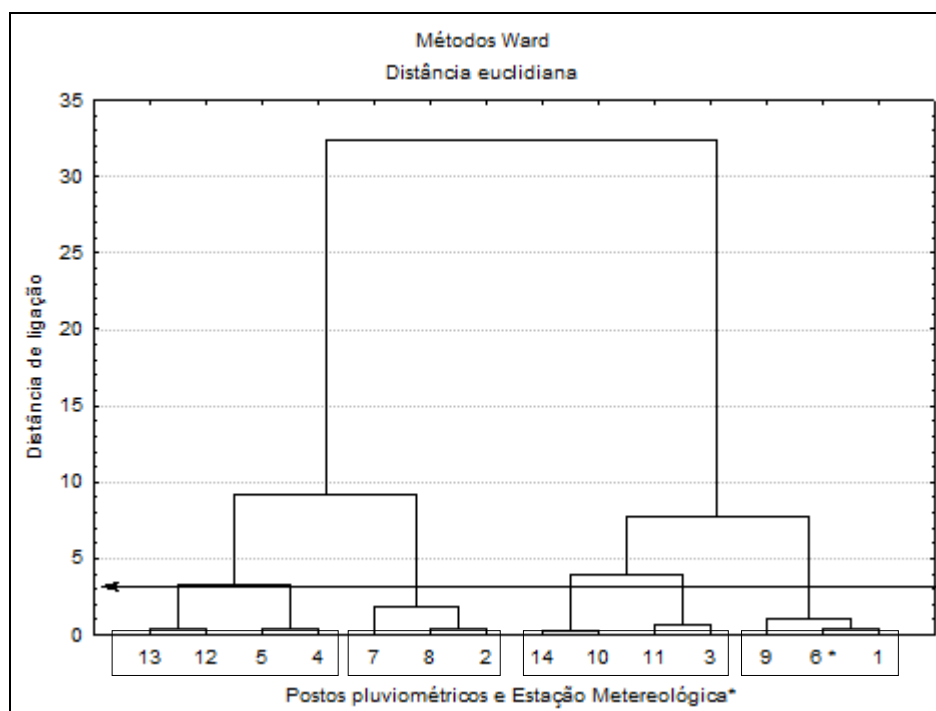
Anexo I – Dendrograma da pluviosidade média mensal para os postos pluviométricos e a estação meteorológica inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.



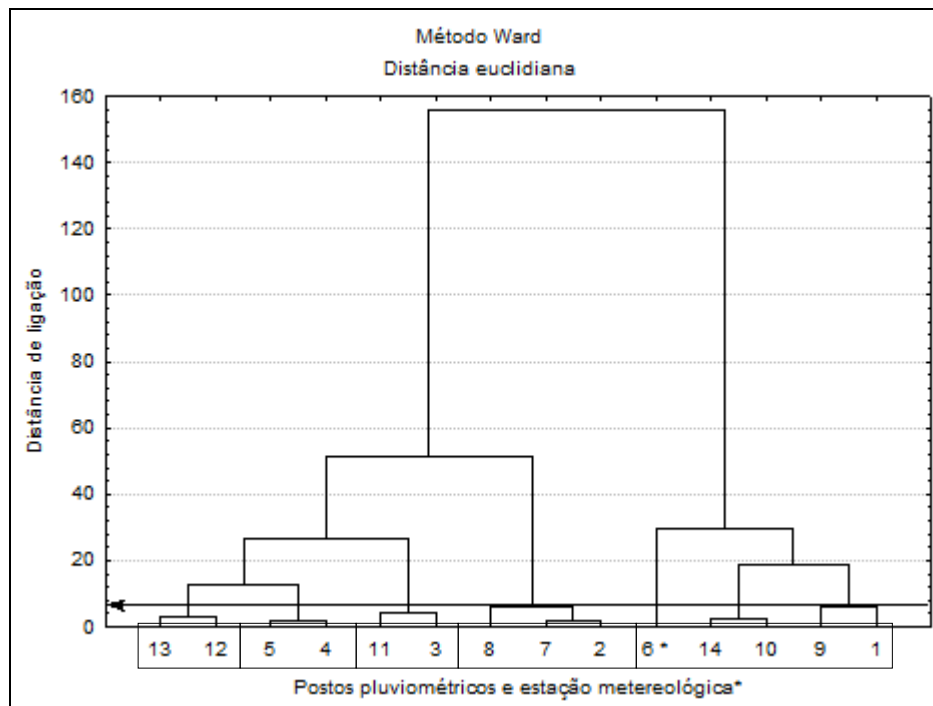
Anexo II – Dendrograma do número médio mensal de dias de chuva para os postos pluviométricos e a estação meteorológica inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.



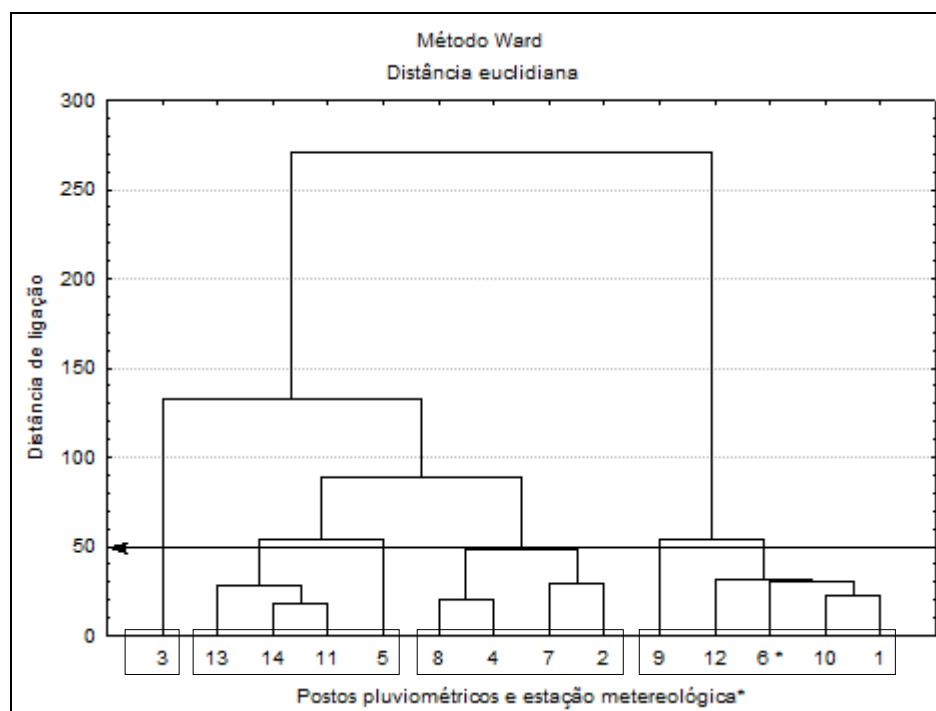
Anexo III - Dendrograma da erosividade média mensal para os postos pluviométricos e a estação meteorológicas inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.



Anexo IV - Dendrograma da temperatura média mensal para os postos pluviométricos e a estação meteorológicas inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.



Anexo V - Dendrograma da evapotranspiração potencial média mensal para os postos pluviométricos e a estação meteorológicas inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.



Anexo VI - Dendrograma do excedente hídrico média mensal para os postos pluviométricos e a estação meteorológicas inseridos dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Itararé - PR.