



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
CURSO DE MESTRADO**



PAULO MIGUEL DE BODAS TERASSI

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E A EROSIVIDADE NA
UNIDADE HIDROGRÁFICA PIRAPÓ, PARANAPANEMA III E IV,
PARANÁ**

**MARINGÁ, PARANÁ
2015**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
CURSO DE MESTRADO



PAULO MIGUEL DE BODAS TERASSI

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E A EROSIVIDADE NA
UNIDADE HIDROGRÁFICA PIRAPÓ, PARANAPANEMA III E IV,
PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
- Graduação em Geografia da Universidade
Estadual de Maringá como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em
Geografia, área de concentração: Análise
Regional e Ambiental.

Orientação: Prof. Dr. Hélio Silveira

**MARINGÁ, PARANÁ
2015**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR., Brasil)

T315v Terassi, Paulo Miguel de Bodas
Variabilidade pluviométrica e a erosividade na
unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV,
Paraná / Paulo Miguel de Bodas Terassi. -- Maringá,
2015.
185 f. : il. col., figs., tabs., mapas

Orientador: Prof. Dr. Hélio Silveira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro Centro de Ciências Humanas, Letras e
Artes, Departamento de Geografia, Programa de Pós-
Graduação em Geografia, 2015.

1. Variabilidade pluviométrica - Pirapó -
Paranapanema III e IV - Paraná. 2. Erosividade das
Chuvas - Pirapó - Paranapanema III e IV - Paraná. 3.
Chuvas - Erosão - Bacia hidrográfica - Rio Pirapó -
Rio Paranapanema III e IV. 4. Gestão de recursos
hídricos. I. Silveira, Hélio, orient. II.
Universidade Estadual de Maringá. Centro Centro de
Ciências Humanas, Letras e Artes. Departamento de
Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia.
III. Título.

CDD 21.ed. 551.3020098162

VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E A EROSIVIDADE NA UNIDADE HIDROGRÁFICA
PIRAPÓ, PARANAPANEMA III E IV, PARANÁ

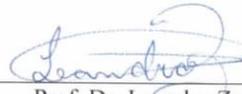
Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa Análise Ambiental.

Aprovada em **16 de março de 2015.**

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Helio Silveira
Orientador - UEM
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Leandro Zandonadi
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli
Membro convidado
UNESP/PP

Dedico àquela doce e engraçada senhora que me educou.

Dedico aos meus pais, engrandecedores que estiveram ao meu lado em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Laudelino e Marcia, por todo o suporte emocional, financeiro e, principalmente, pelo exemplo. Aos meus sábios e adoráveis avós, Dair e Iraci, por todo o apoio e ensino. À falecida avó Genoefa com quem aprendi sobre honestidade e determinação. Bela Vista do Paraíso sempre foi um lugar acolhedor porque vocês estavam lá sempre a minha espera.

Aos amigos que tenho muito apreço e que ao longo dos anos de graduação e pós-graduação estiveram firmemente ao meu lado. Agradeço descabidamente a estes amigos que me incentivaram e possibilitaram a descoberta de um mundo inimaginável. Sem muitas distinções, percebi que Maringá certamente não seria a mesma sem vocês. A etapa vivida com vocês foi de elevado amadurecimento.

No meio acadêmico, tive o companheirismo de profissionais que sempre se mostraram dispostos a me ensinar e, por isso, sinto muito respeito. Agradecimentos ao orientador Hélio Silveira, a quem ficam os créditos por anos de confiança e lapidação e, sobretudo, o exemplo de profissionalismo. Ao grande Carlos Henrique da Graça, a quem agradeço com veemência, pois muito do meu conhecimento e da minha visão enquanto geógrafo e humano vem dele. Ao Leandro Zandonadi e ao José Tadeu Garcia Tommaselli agradeço pelas relevantes considerações no exame de defesa deste trabalho.

A algumas mulheres agradeço pela forma delicada e segura de ensinamento. Especialmente à Maria de Lourdes Orsini Fernandes Martins, mulher de coração grande e disposição infatigável, e à Sônia Maria Soares Stivari pela oportunidade e confiança. Agradecimento à Patrícia Sousa, que colaborou com o tratamento estatístico e sempre proferiu palavras de incentivo. Agradecimento à Maria Teresa de Nóbrega por todo conhecimento transmitido e pelas sugestões na banca de qualificação. Agradecimento à Maria Cleide Baldo pela prontidão na ajuda com a Análise Cluster. Agradecimento à Thalita Dal Santo pelas sugestões na elaboração dos produtos cartográficos.

À Miriam de Carlos agradeço por toda prontidão nas questões burocráticas do Programa de Pós-Graduação. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa. Aos acadêmicos, professores e técnico do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) pelo produtivo e agradável ambiente de estudo, onde escrevi por longas horas de intermináveis prazerosos dias. A repetição da palavra agradecimento é condizente com o sentimento do autor, que por mais que tentasse ser autônomo, não se esqueceu de quem o ensinou a andar.

“E engravidou de mim, e na sua barriga o livro foi ganhando novas formas, e foram dias e noites sem pausa, sem comer um sanduíche, trancado no quartinho da agência, até que eu cunhasse, no limite das forças, a frase final: e a mulher amada, cujo leite eu já sorvera, me fez beber da água com que havia lavado sua blusa” – Budapeste, Francisco Buarque de Hollanda.

RESUMO

O estudo das características climáticas é de singular importância para a gestão ambiental. Especificamente, os estudos acerca do comportamento espaço-temporal da pluviosidade fornecem subsídios para o planejamento de diversos setores, enquanto o conhecimento da erosividade das chuvas permite a identificação de áreas e períodos em que as práticas de conservação do solo são prioritárias. Nesta perspectiva, a presente pesquisa objetiva o estudo da variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, que está situada no Terceiro Planalto Paranaense, entre os paralelos de 22°30'S e 23°30'S e os meridianos de 51°00'W e 53°00'W. Foram obtidos os dados de pluviosidade de trinta e cinco postos pluviométricos do Instituto das Águas do Paraná e de cinco estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), trabalhados com o segmento temporal de 1976 a 2012, para as escalas anual, sazonal, mensal e diária. Foi aplicada a estatística descritiva para todos os postos utilizando os respectivos parâmetros: média, máxima, mínima, desvio padrão e coeficiente de variação. Empregou-se a técnica de anos-padrão de Monteiro (1976) para a identificação de anos tipicamente chuvosos e secos. Foi utilizada a metodologia de Rufino, Biscaia e Merten (1993) para a determinação do índice de erosividade da chuva. Realizou-se a técnica de Análise Cluster para a identificação de padrões espaciais predominantes de pluviosidade e erosividade para as escalas anual e mensal. Os resultados de precipitação pluviométrica e do índice de erosividade foram especializados através das cartas de isoietas e isoerodentes, elaboradas a partir do aplicativo Surfer, versão 9.0. Verificou-se que o setor mais elevado da unidade hidrográfica apresentou as maiores alturas de pluviosidade, os maiores números de dias de chuva e o maior potencial erosivo. Inversamente, os setores de menores cotas altimétricas obtiveram os menores resultados de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade. A técnica de anos-padrão permitiu avaliar as alterações das características de pluviosidade e da erosividade das chuvas para dois anos chuvosos e dois anos secos. Notou-se que os resultados da pluviosidade, do número de dias de chuva e da erosividade para a escala sazonal estiveram alinhados aos resultados já obtidos e ao comportamento habitual da dinâmica atmosférica regional. Indicou-se que o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro concentra a maior pluviosidade média, o maior número de dias de chuva, e o maior potencial erosivo. A análise por agrupamento permitiu identificar as características anuais e mensais de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade e a relação deste parâmetro com as características hipsométricas para quatro grupos homogêneos.

Palavras - chave: Variabilidade pluviométrica, erosividade das chuvas, bacia hidrográfica, gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

The study of climatic features is of great importance when it comes to environmental management. Specifically, research concerning rainfall spatio-temporal behavior provides help to the planning of many sectors, while the knowledge of rainfall erosivity allows identifying areas and periods in which soil conservation measures are a priority. In this perspective, this research aims at studying rainfall variability as well as erosivity in Pirapó, Paranapanema III and IV hydrographic unit, which is located at the so-called Third Plateau of Paraná, between the 22°30'S and 23°30'S parallels and the 51°00'W and 53°00'W meridians. The rainfall data was collected from thirty five rain gauges at Paraná Water Institute and from five weather stations at Paraná Agronomy Institute (IAPAR), National Weather Institute (INMET) and Paraná Meteorological System (SIMEPAR). The data aforementioned were processed within the temporal segmentation 1976 to 2012, to the annual, seasonal, monthly and daily time scales. The descriptive statistics were applied to all the gauges according to the following parameters: average, maximum, minimum, standard deviation and coefficient of variation. The 'standard years technique', by Monteiro (1976), was used in order to identify the typically rainy and dry years. A methodology by Rufino, Biscaia and Merten (1993) was applied to determine the rainfall erosivity index. The Cluster Analysis technique, in turn, was used to identify the rainfall and erosivity predominant spatial standards to the annual and monthly time scales. The rainfall and erosivity index results were specialized through the isohyetal and isoerodent maps, which were developed with app Surfer 9.0. It was possible to verify that the most elevated sector of the hydrographic unit showed the greatest heights of rainfall, the biggest amount of rainy days and the greatest erosion potential. On the other hand, the sectors with the lowest altimetric quotas had the lowest results regarding rainfall, amount of rainy days and erosivity. The 'standard years technique' enabled evaluating the changes of rainfall and erosivity characteristics to two rainy years and two dry ones. It was noticed that the results regarding rainfall, amount of rainy days and erosivity to the seasonal time scales were aligned to the results that had been verified and to the usual behavior of the regional atmospheric dynamics. It became known that the period from January to March and from September to December has the greatest rainfall average, the biggest amount of rainy days and the greatest erosion potential. The cluster analysis enabled identifying the annual and monthly features of rainfall, the amount of rainy days and the erosivity, as well as the relation of this parameter with the hypsometric characteristics to four homogenous groups.

Keywords: rainfall variability, rainfall erosivity, hydrographic basin, water resources management.

RÉSUMÉ

L'étude des caractéristiques climatiques est d'importance singulière pour la gestion environnementale. Spécifiquement, les études à l'égard du comportement espace-temporel de la pluviosité fournissent des éléments pour le planning de plusieurs secteurs, pendant que la connaissance de l'érosivité des pluies permet l'identification des aires et des périodes où les pratiques de conservation du sol sont prioritaires. Dans cette perspective, cette recherche cible l'étude de la variabilité pluviométrique et l'érosivité dans l'unité hydrographique Pirapó, Paranapanema III et IV située dans le troisième Plateau Paranaen, entre les parallèles de 22°30'S et 23°30'S et les méridiens de 51°00'W et 53°00'W. Les données de pluviosité ont été obtenues de trente et cinq postes pluviométriques de l'Institut des Eaux du Paraná et de cinq stations météorologiques de l'Institut Agronomique du Paraná (IAPAR), Institut National de Météorologie (INMET) et Système Météorologique du Paraná (SIMEPAR). Ces données ont été traitées dans la période de 1976 à 2012, pour les échelles annuelle, saisonnière, mensuelle et journalière. Il a été appliquée la statistique descriptive pour toutes les postes en utilisant les paramètres: moyenne, maximum, minimum, écart type et coefficient de variation. On a utilisé la technique d'années-types de Monteiro (1976) pour l'identification d'années typiquement pluvieuses et sèches. Il a été utilisée la méthodologie de Rufino, Biscaia et Merten (1993) pour la détermination de l'indice d'érosivité des pluies. On a réalisé la technique d'Analyse Cluster pour l'identification de standards spatiaux prédominants de pluviosité et d'érosivité pour les échelles annuelle et mensuelle. Les résultats de précipitation pluviométrique et de l'Indice d'Érosivité ont été spécialisés à travers les cartes de Isohyète et d'érosivité, élaborées à partir de l'application Surfer, version 9.0. On a vérifié que le secteur plus élevé de l'unité hydrographique a présenté les plus grandes hauteurs de pluviosité, les plus grands nombres de jours de pluie et le plus grand potentiel érosif. Inversement, les secteurs de moindres cotes altimétriques ont obtenu les moindres résultats de pluviosité, nombre de jours de pluie et érosivité. La technique d'année-type a permis l'évaluation des altérations des caractéristiques de pluviosité et de l'érosivité des pluies pour deux années pluvieuses et deux années sèches. On a noté que les résultats de la pluviosité, du nombre de jours de pluie et de l'érosivité pour l'échelle saisonnière ont été en ligne avec les résultats déjà obtenus et avec les comportements normal de la dynamique atmosphérique régionale. On a indiqué que la période qui va de janvier à mars et de septembre à décembre concentre la plus grande pluviosité moyenne, le plus grand nombre de jours de pluie et le plus grands potentiel érosif. L'analyse par groupement a permis d'identifier les caractéristiques annuelles et mensuelles de pluviosité, nombre de jours de pluie et érosivité et la relation de ce paramètre avec les caractéristiques hypsométriques pour quatre groupes homogènes.

Mots-clés: Variabilité pluviométrique, érosivité des pluies, bassin hydrographique, gestion de ressources hydriques.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR... 55	55
Figura 2 - Unidades litológicas da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR. 56	56
Figura 3 - Hipsometria da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.. 57	57
Figura 4 - Declividade da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.. 57	57
Figura 5 - Distribuição dos tipos de solos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR..... 58	58
Figura 6 - Classificação Climática de Köppen (1918) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR. 59	59
Figura 7 - Formações fitogeográficas da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR..... 60	60
Figura 8 - Divisão administrativa dos municípios inseridos na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR. 61	61
Figura 9 - Uso da terra na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.. 63	63
Figura 10 - Fluxograma teórico-metodológico de apresentação da dissertação..... 66	66
Figura 11 - Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da área de estudo..... 70	70
Figura 12 - Distribuição espacial da pluviosidade média anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR..... 78	78
Figura 13 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação média anual e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR..... 78	78
Figura 14 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima anual (mm) para a unidade hidrográfica Pira-pó, Paranapanema III e IV - PR. 79	79
Figura 15 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação máxima anual e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR..... 80	80
Figura 16 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima anual (mm) para a unidade hidrográfica Pira- pó, Paranapanema III e IV - PR. 81	81
Figura 17 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação mínima anual e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR..... 81	81

Figura 18 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	82
Figura 19 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	82
Figura 20 - Distribuição espacial da pluviosidade média (mm) no verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	84
Figura 21 - Distribuição espacial da pluviosidade média (mm) no verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	87
Figura 22 - Distribuição espacial da pluviosidade média mensal (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	87
Figura 23 - Distribuição espacial da pluviosidade média mensal (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	88
Figura 24 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima mensal (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	90
Figura 25 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima mensal (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	90
Figura 26 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima mensal (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	91
Figura 27 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima mensal (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	93
Figura 28 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima mensal (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	93
Figura 29 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima mensal (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	94

Figura 30 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	96
Figura 31 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	96
Figura 32 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	97
Figura 33 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade mensal (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	99
Figura 34 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	99
Figura 35 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	100
Figura 36 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	101
Figura 37 - Dispersão e correlação linear gráfica do número médio anual de dias de chuva e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	102
Figura 38 - Dispersão e correlação linear gráfica do número médio anual de dias de chuva e pluviosidade média anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno das bacias hidrográficas do rio Pirapó, Paranapanema III e IV.....	102
Figura 39 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	103
Figura 40 - Dispersão e correlação linear gráfica do número máximo anual de dias de chuva e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	104
Figura 41 - Dispersão e correlação linear gráfica do número máximo anual de dias de chuva e pluviosidade máxima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações	

meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	104
Figura 42 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	105
Figura 43 - Dispersão e correlação linear gráfica do número mínimo anual de dias de chuva e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	106
Figura 44 - Dispersão e correlação linear gráfica do número mínimo anual de dias de chuva e pluviosidade mínima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	106
Figura 45 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	107
Figura 46 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	107
Figura 47 - Distribuição espacial do número médio de dias chuvas para o verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	109
Figura 48 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	111
Figura 49 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva nos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	111
Figura 50 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva nos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	112
Figura 51 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	114
Figura 52 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva nos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	114

Figura 53 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva nos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	115
Figura 54 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para as bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	116
Figura 55 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva nos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	117
Figura 56 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva nos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	117
Figura 57 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	119
Figura 58 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	119
Figura 59 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	120
Figura 60 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	122
Figura 61 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	122
Figura 62 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	123
Figura 63 - Distribuição espacial da erosividade média anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	124
Figura 64 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade média anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e as altitudes para os postos pluviométricos e estações	

meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	125
Figura 65 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade média anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e a pluviosidade média anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	125
Figura 66 - Distribuição espacial da erosividade máxima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	126
Figura 67 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade máxima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e as altitudes para os postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	127
Figura 68 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade máxima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e a pluviosidade máxima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	127
Figura 69 - Distribuição espacial da erosividade mínima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	128
Figura 70 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade mínima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e as altitudes para os postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	129
Figura 71 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade mínima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e a pluviosidade mínima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	129
Figura 72 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	130
Figura 73 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	131
Figura 74 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$) para o verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	132

Figura 75 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	135
Figura 76 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	136
Figura 77 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	136
Figura 78 - Distribuição espacial da erosividade máxima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	139
Figura 79 - Distribuição espacial da erosividade máxima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	139
Figura 80 - Distribuição espacial da erosividade máxima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	140
Figura 81 - Distribuição espacial da erosividade mínima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	142
Figura 82 - Distribuição espacial da erosividade mínima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	142
Figura 83 - Distribuição espacial da erosividade mínima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	143
Figura 84 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	145
Figura 85 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	145

Figura 86 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	146
Figura 87 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	148
Figura 88 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	149
Figura 89 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	149
Figura 90 - Valores da média dos totais pluviométricos anuais para os postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	152
Figura 91 - Distribuição espacial da pluviosidade total anual (mm) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	153
Figura 92 - Distribuição espacial dos desvios de pluviosidade (mm) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	154
Figura 93 - Valores da média dos totais anuais de dias de chuva para os postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	155
Figura 94 - Distribuição espacial do número anual de dias de chuvas dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	156
Figura 95 - Distribuição espacial do desvio do número anual de dias de chuvas dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	156
Figura 96 - Valores da média dos totais anuais de erosividade ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) para os postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	157

Figura 97 - Distribuição espacial da erosividade anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	158
Figura 98 - Distribuição espacial dos desvios de erosividade anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	159
Figura 99 - Desvio simples (%) anual de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade em relação a série histórica da soma dos postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	160
Figura 100 - Dendrograma para os 40 postos pluviométricos e estações meteorológicas para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	161
Figura 101 - Distribuição dos grupos pluviométricos homogêneos e respectivas estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População residente e participação setorial na economia dos municípios inseridos na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.....	64
Tabela 2 - Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações meteorológicas* na bacia hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná. 69	
Tabela 3 - Valores anuais de pluviosidade e erosividade dos grupos homogêneos para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	164
Tabela 4 - Valores mensais do número de dias de chuva, pluviosidade e erosividade dos grupos homogêneos para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	165
Tabela 5 - 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 Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná.....	185

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da pluviosidade em anos - padrão, segundo a tipologia de Monteiro (1976), para os postos pluviométricos e as estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.	151
---	-----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	20
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	22
1.1 Bacias hidrográficas e a gestão de recursos hídricos	22
1.2 Variabilidade pluviométrica e a intensidade das chuvas	27
1.3 A problemática da erosão e a erosividade das chuvas	37
1.4 Aspectos climáticos regionais	47
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	54
2.1 Localização	54
2.2 Aspectos físicos.....	56
2.3 Aspectos humanos	60
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	66
3.1 Obtenção de dados, preenchimento de falhas e tratamento estatístico	67
3.2 Técnica de seleção de anos-padrão.....	71
3.3 Índice de erosividade das chuvas	72
3.4 Técnica de agrupamentos	73
3.5 Elaboração de produtos cartográficos	75
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	76
4.1 Variabilidade pluviométrica	76
4.1.1 Escala anual	77
4.1.2 Escala sazonal	83
4.1.3 Escala mensal	84
4.1.4 Escala diária.....	100
4.1.4.1 Número anual de dias de chuva	100
4.1.4.2 Número sazonal de dias de chuva	108
4.1.4.3 Número mensal de dias de chuva	109
4.2 Erosividade das chuvas	123
4.2.1 Erosividade anual	123
4.2.2 Erosividade sazonal	131
4.2.3 Erosividade mensal.....	132
4.3 Variabilidade pluviométrica e a erosividade para anos-padrão	150
4.4 Análise de áreas pluviométricas homogêneas	161
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
6. REFERÊNCIAS.....	169
ANEXO I.....	185

INTRODUÇÃO

Dos elementos atmosféricos, o que apresenta o maior interesse por parte da sociedade é a precipitação pluviométrica, pois diversas esferas socioeconômicas e culturais mantêm uma relação de dependência com esse elemento. Sobretudo, as quantidades relativas de chuvas, seu regime sazonal ou diário e a intensidade de chuvas individuais são algumas características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o ambiente. Em regiões tropicais a pluviosidade é o principal elemento climático para o desenvolvimento das atividades agrícolas que são influentes em todas as fases da produção e condicionam o rendimento agrícola. No Brasil em especial, verifica-se uma relação de dependência entre a dinâmica climática e o consequente ritmo das chuvas com a produção de energia, considerando que grande parte de sua base energética está relacionada às usinas hidrelétricas, o que torna fundamental o estudo do regime das chuvas nas bacias de captação. Ainda, o abastecimento de água de centros urbanos e industriais é altamente condicionado à ocorrência dos eventos de pluviosidade.

Monteiro (2001) evidencia que dos elementos climáticos, a precipitação pluviométrica se destaca também por apresentar uma excelente atuação com os outros elementos climáticos, uma vez que é componente direto do balanço hídrico e influencia diretamente a temperatura do ar e do solo e a umidade relativa do ar, e por interagir com os aspectos topográficos, pedológicos, fitogeográficos, entre outros, participando significativamente da modelagem dos Geossistemas Terrestres é fundamental na troca de energia dentro desses sistemas.

Nos países tropicais, a pluviosidade é, também, um dos principais componentes da dinâmica ambiental em função da potencialização dos processos erosivos, resultantes das características físicas da chuva conjugadas às características do solo, do relevo e do grau de proteção do solo, sobretudo em relação ao uso e manejo (LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992). O processo de erosão hídrica, que tem na pluviosidade um dos seus agentes de maior impacto, consiste basicamente no arraste e desprendimento das partículas do solo, é um dos fatores determinantes para o empobrecimento dos solos, a redução da produtividade da maioria das culturas e problemas decorrentes dos processos erosivos (SCHICK et al., 2010).

O cálculo do índice de erosividade das chuvas, na qual está inserida a intensidade pluviométrica, permite descobrir os valores de energia potencial para

transformar-se em energia cinética responsável pela erosividade da chuva. Estas chuvas são quantificadas e expressas através de um índice de erosividade das chuvas, que é uma medida da capacidade do seu potencial erosivo. Estes aspectos tornam o conhecimento e a quantificação das características físicas da chuva fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em uma região (GUERRA, 2010).

Em suma, dada a relevância apresentada acerca do conhecimento das características climáticas em bacias hidrográficas, com ênfase à compreensão do comportamento da pluviosidade, e do propósito da identificação das áreas e dos períodos com maior risco em relação ao impacto da erosividade das chuvas, a presente pesquisa objetiva realizar um estudo da variabilidade espaço - temporal da precipitação pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica composta pelas bacias do rio Pirapó, Paranapanema III e IV, visando subsidiar o planejamento territorial e ambiental destas áreas. Especificamente, este estudo está alinhado ao projeto de pesquisa institucional e multidisciplinar “Rede de Monitoramento da Bacia do Rio Pirapó, Paranapanema III e IV - Análise e Monitoramento do Comportamento Hidrológico”, desenvolvido por diferentes setores de grandes áreas do conhecimento da Universidade Estadual de Maringá em conjunto com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), com a finalidade de fornecer informações para prover o uso e manejo racional das bacias hidrográficas.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Analisar a variabilidade espaço-temporal pluviométrica nas escalas anual, sazonal, mensal e diária;
- Estudar a intensidade da pluviosidade e verificar a ocorrência de períodos de anomalias de precipitação;
- Averiguar o potencial erosivo das chuvas a partir da espacialização do índice de erosividade, conforme proposto por Rufino, Biscaia e Merten (1993);
- Avaliar a correlação da precipitação pluviométrica com os resultados obtidos da aplicação do índice de erosividade das chuvas e a relação destes com as características do relevo regional;

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

A partir das pesquisas bibliográficas foram selecionadas as técnicas empregadas para o cumprimento dos objetivos do presente trabalho. Igualmente relevante, a pesquisa bibliográfica desempenhou a função de esclarecer conceitos, justificar a pesquisa e dar parâmetro e validade aos resultados obtidos.

1.1 Bacias hidrográficas e a gestão de recursos hídricos

Conceitua-se bacia hidrográfica como a área na qual ocorre a captação de água do escoamento superficial em qualquer ponto que converge para um único ponto fixo, o exutório, seja para um rio principal ou seus afluentes, em conformidade com as características dos desníveis topográficos, delimitados pelos divisores de águas, que são habitualmente pontos de cota altimétrica entre as bacias hidrográficas que orientam os cursos de água das áreas mais altas para as mais baixas. Os rios das bacias hidrográficas funcionam como canais de escoamento da quantidade total de água que alcança os cursos de água, incluindo o escoamento pluvial e a parcela de águas precipitadas que posteriormente se juntam a elas através da infiltração, característica que colocam os rios como parte fundamental do ciclo hidrológico (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Vilela e Matos (1975) colocam que as características físicas de uma bacia hidrográfica são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico. A proporção de águas superficiais e subterrâneas, que alimentam um curso de água, varia muito com o clima, tipo de solo, de rocha, declividade, cobertura vegetal e outros fatores, o que coloca como imprescindível para a compreensão do comportamento hidrológico o conhecimento destes elementos. Esta condição de dependência entre os componentes físicos em uma bacia hidrográfica a coloca como uma categoria de análise em que os recursos naturais se integram.

Os recursos hídricos são bens de relevante valor para o bem estar de uma sociedade, pois a água é um bem de consumo fundamental em quase todas as atividades humanas. Com o aumento da intensidade e variedade desses usos sem qualquer planejamento são muitos os impactos gerados nas bacias hidrográficas, compreendida como célula básica da análise ambiental e que permite o conhecimento e avaliação de diversos componentes, processos e interações que nelas ocorrem a partir da visão integrada e sistêmica do ambiente que está implícita na adoção desta unidade

fundamental (LANNA, 1997). Com a mesma perspectiva, Zacharias (2010) complementa que as alterações ambientais em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade e qualidade dos cursos de água, e que essa é uma das peculiaridades que instiga os planejadores a escolherem como uma unidade de gestão.

No entanto, apesar de ser essencial à vida humana e à economia de todas as regiões, há permanentes ameaças ao ciclo hidrológico e à quantidade e qualidade de água. Essas ameaças decorrem devido ao uso excessivo da água para várias atividades humanas, com as extrações desmedidas dos corpos de água e, sobretudo, da contaminação dos rios, que tem servido como receptores para os lançamentos de esgotos urbanos, de lixos e de efluentes agroindustriais. Em consequência, o abastecimento exige que a água seja trazida de regiões cada vez mais distantes, onerando e comprometendo os recursos hídricos (HIRATA, 2003).

Tundisi (2006) e Tundisi e Matsumura - Tundisi (2011) apontam que a solução para os problemas referentes à água está centrada no desenvolvimento adequado de gestão e de procura permanente de inovações tecnológicas, e na adoção de medidas estruturais para a gestão integrada e preditiva das águas. Neste sentido, a capacidade de gerenciar os conflitos resultantes da intensificação das atividades humanas e a degradação dos recursos hídricos é uma preocupação constante de pesquisadores, administradores, gerentes e tomadores de decisões.

Para tanto, as diretrizes para o gerenciamento ambiental devem ser definidas e concretizadas a partir da elaboração de um banco de dados sobre componentes sociais, econômicos e biogeofísicos. Garcez e Alvarez (2002) apontam que as decisões finais sobre providências, diretrizes e obras, que compõem a gestão dos recursos hídricos, devam pautar-se em fatos e números referentes à disponibilidade, à quantidade, à qualidade, aos usos e ao controle e à conservação dos recursos hídricos. O conhecimento de tais condições é básico para o planejamento integrado de bacias hidrográficas.

Com esta perspectiva, a Lei Federal 9.433, de 08 de janeiro de 1997, definiu a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dentre seus objetivos, esta lei coloca como imprescindível balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade,

com identificação das limitações e potencialidades desta categoria de análise da paisagem (BRASIL, 1997).

Ao realizar o levantamento dos componentes do meio físico, com ênfase aos tipos de solos e declividade do relevo, junto ao uso e ocupação do solo, Trombeta, Soares e Gonçalves (2012) identificaram a fragilidade ambiental potencial para processos erosivos na bacia hidrográfica do Córrego do Cedro, situado na porção sul do município de Presidente Prudente (SP). Identificaram que as áreas urbanas, a elevada impermeabilização do solo e a inadequada disposição dos lotes são os fatores preponderantes para a intensificação dos processos erosivos, enquanto nas áreas rurais à falta de adequadas curvas de nível nas propriedades rurais e as maiores declividades respondem pela identificação de áreas com média a alta fragilidade ambiental aos processos erosivos.

Com um maior nível de detalhamento em relação ao trabalho mencionado anteriormente e também com o objetivo de subsidiar o planejamento ambiental da bacia do Córrego do Cedro, Dibieso (2009) realizou o inventário, diagnóstico, prognóstico e indicou as potencialidades e as restrições de uso da área de estudo, que drena o reservatório que é responsável por 30% do abastecimento da água de Presidente Prudente (SP). Com uma maior ênfase ao uso e ocupação do solo, seus resultados indicaram que um dos maiores problemas ambientais na área de estudo é a ocorrência de ravinas, voçorocas e assoreamento e, conseqüentemente, maiores riscos ao desaparecimento de mananciais e a acentuação dos efeitos de inundações.

Mathias, Cunha e Moruzzi (2013) analisaram os processos erosivos da bacia hidrográfica do Córrego Tucuzinho, localizado em São Pedro (SP), a partir da avaliação das implicações geomorfológicas nas alterações do processo de escoamento superficial pela urbanização. Esses autores indicaram que a análise hidrogeomorfológica permitiu à compreensão da influência do escoamento superficial do meio urbano na intensificação das formas erosivas, considerando que há uma ineficácia nos dispositivos dissipadores de energia das águas que circulam na bacia hidrográfica do Córrego Tucuzinho, área de natural susceptibilidade à erosão devido às características lito-pedológicas.

Dalquano (2005) e Graça e Silveira (2009) ressaltam a importância dos estudos ambientais em bacias hidrográficas para manutenção da qualidade da água e solo, através da interação dos componentes da dinâmica ambiental. A partir da adaptação das metodologias de Ross (1994), identificaram a fragilidade ambiental e as unidades

ecodinâmicas das bacias hidrográficas do Ribeirão Borba Gato e Córrego Mandacaru, duas das maiores bacias hidrográficas urbanas de Maringá (PR), e verificaram alguns pontos com problemas relacionados à erosão hídrica e que apresentam elevada vulnerabilidade sócio-ambiental.

Melo e Santos (2010) identificaram as características físicas (solos, clima, rochas, relevo) e de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Baiano, Assis Chateaubriand (PR) e, ao sobrepor estas informações, elaboraram mapas com diferentes classes de vulnerabilidade ambiental. Consideraram que a elaboração deste último produto cartográfico, mediante a análise integrada do ambiente, é de suma importância para o planejamento do uso do solo, para projetos de engenharia e para subsidiar o planejamento ambiental e dos sítios urbanos.

Situado na margem direita do rio Ivaí, no Norte do Estado do Paraná, a bacia do rio Keller foi estudada por Reis-Nakashima (2001), que ao elaborar a carta de fragilidade ambiental para a área de estudo, procurou identificar as relações solo – relevo, dos graus de proteção pertinentes ao uso do solo e vegetação, e as repercussões destas relações para a formação dos processos erosivos. Identificou elevados níveis de fragilidade ambiental em porções da bacia hidrográfica com declividade superior a 30%, recobertas pelo Neossolo Litólico, de elevada erodibilidade, e com ocupação do solo por cultivo temporário, de baixo grau de proteção.

Os estudos de Bonifácio (2013) objetivaram a aplicação de uma metodologia para a avaliação da fragilidade ambiental em duas bacias hidrográficas do curso superior do rio Pirapó, a bacia do Ribeirão do Sória e a bacia do Ribeirão Alegre. Vinculada ao mesmo projeto da presente pesquisa, denominado de “Rede de Monitoramento da Bacia do Rio Pirapó, Paranapanema III e IV - Análise e Monitoramento do Comportamento Hidrológico”, a autora buscou o levantamento das características físicas de suas áreas de estudo junto às informações de uso e ocupação do solo, inventário que permitiu elaborar cartas de fragilidade ambiental potencial e emergente, informações que servirão como subsídio para a gestão ambiental para as bacias hidrográficas selecionadas.

Em destaque, o controle da erosão em bacias hidrográficas é de grande interesse, principalmente, para o planejamento de geração de energia hidrelétrica, produção agrícola e qualidade da água dos mananciais. Vários autores vêm trabalhando com o intuito de avaliar a erosão dos solos utilizando a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS). Amplamente utilizada no Brasil, a EUPS foi desenvolvida nos Estados Unidos por Wischmeier e Smith (1978), surgiu com o objetivo de indicar previsões para o

controle dos processos erosivos e tem como um dos seus fatores componentes a erosividade das chuvas (denominada de fator R), fenômeno que é um dos pilares da presente pesquisa.

No Estado do Paraná, a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) foi utilizada para algumas bacias hidrográficas. Tomazoni e Guimarães (2005) sistematizaram os fatores componentes da EUPS para a bacia hidrográfica do rio Jirau, que está localizada no município de Dois Vizinhos, na região Sul do Estado. A sobreposição de informações demonstrou que 34 % da bacia hidrográfica apresenta uma perda anual de solos superiores a vinte toneladas por hectare e que os fatores que mais colaboraram para estas quantias elevadas foram o relevo, com significativos valores de comprimento de rampa, e a cobertura pedológica de Chernossolos e Cambissolos, que naturalmente apresentam maior susceptibilidade à erosão.

Stipp, Mendonça e Campos (2011) empregaram a EUPS para a bacia hidrográfica do rio Taquara, que está localizado entre os municípios de Apucarana, Arapongas, Califórnia e Marilândia do Sul, mesorregião Norte do Estado do Paraná. Os resultados indicaram que 46,7% da bacia hidrográfica apresenta uma perda anual de solos superior a cinquenta toneladas por hectare, condição determinada pela prática agrícola em uma cobertura pedológica e topografias desfavoráveis ao desenvolvimento da atividade.

Souza e Gasparetto (2012) utilizando-se também da EUPS para a bacia hidrográfica do Córrego Pinalzinho Segundo, situada em Umuarama (PR), mesorregião Noroeste do Paraná, concluíram que os baixos valores de perdas de solo anual, menores que três toneladas por hectare para 80% da bacia hidrográfica, se devem, predominantemente, a uma condição de relevo plano e grandes parcelas destinadas à pastagem e uma cobertura pedológica de Latossolos.

Prado e Nóbrega (2005) aplicaram a EUPS para a bacia hidrográfica do Córrego do Ipiranga, localizada em Cidade Gaúcha, Noroeste paranaense. Verificaram que as perdas de solo por sazonalidade estão determinadas preponderantemente pelo fator C (uso e manejo do solo), pois mesmo apresentando maiores valores de erosividade (fator R) no período de verão, as estimativas de perdas de solo foram mais elevadas na primavera, o que se atribuiu a intensidade das chuvas aliada à falta de cobertura do solo. Mesmo com maiores valores de erosividade em relação ao inverno, o outono foi a estação com as menores taxas de perdas de solo, devido a uma habitual cobertura do solo em maior estágio de desenvolvimento.

Considerando o levantamento de trabalhos referentes às bacias hidrográficas, a gestão dos recursos hídricos e a importância do inventário dos componentes físicos nessa categoria de análise, verificou-se a relevância dos estudos climáticos, singularmente a variabilidade pluviométrica e a erosividade das chuvas. Estes aspectos possibilitam o entendimento da dinâmica hidrológica e subsidiam questões correlativas, como o planejamento territorial, ambiental e agrícola, e conforme enfatizado no presente trabalho, particularmente a predição dos processos erosivos.

1.2 Variabilidade pluviométrica e a intensidade das chuvas

A partir da compreensão e do levantamento das características físicas das bacias hidrográficas e da gestão dos recursos hídricos, entende-se que os estudos e as análises das características climáticas de uma bacia é o fator determinante para quantificar a necessidade de irrigação de culturas, o abastecimento de água doméstico e industrial e indicar predições quanto às problemáticas ambientais, como processos erosivos, perda de solos agricultáveis, enchentes, assoreamentos, entre outros. Assim, a gestão de recursos hídricos é altamente dependente do levantamento dos elementos climáticos e da compreensão de suas interações, que são essenciais na composição da dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica (BERTONI; TUCCI, 2000).

A adoção da bacia hidrográfica enquanto unidade de análise é bastante recorrente nos estudos climatológicos com a finalidade de subsidiar as práticas de planejamento e manejo de recursos naturais, uma vez que é o clima que regula o processo de entrada e saída de energia dentro de uma bacia hidrográfica. Dos elementos climáticos, a pluviosidade é um dos componentes de maior importância, pois se constitui em uma das variáveis de maior influência na modelagem dos Geossistemas Terrestres, o que demonstra sua significância para a análise ambiental, e por influenciar diversos setores da sociedade e da economia, o que mostra a sua relevância como ferramenta para os mais diferentes setores do planejamento territorial (MONTEIRO, 2001; SANTOS; ARAÚJO, 2013).

Portanto, a pertinência dos estudos da pluviosidade em bacias hidrográficas e a adequação para a presente pesquisa revelou a necessidade de recorrer aos trabalhos que adotaram este recorte espacial para tais finalidades. Entretanto, considerando as dificuldades na obtenção de dados para a análise da intensidade pluviométrica, pois em razão do método adotado há necessidade de dados contínuos diários (sem falhas),

identificou-se a carência de estudos que objetivam a compreensão de chuvas intensas para a escala diária e que contemplem uma bacia hidrográfica.

Um dos estudos clássicos voltados para essa temática, a obra de Maksoud (1964) intitulada “Hidrologia e possibilidades Hidrenergéticas da bacia do rio das Contas, na Bahia” revela a singularidade do conhecimento dos elementos climáticos para a gestão de recursos hídricos. Foram caracterizados os tipos climáticos, os padrões de distribuição da pluviosidade mensal e anual e os sistemas atmosféricos atuantes. Foram destacados os efeitos de chuvas máximas e sua repercussão para a ocorrência de enchentes, sobretudo em eventos específicos em que há a invasão de frentes frias que por algumas vezes estacionam na região.

Ao espacializar a precipitação total anual da bacia hidrográfica do rio São Francisco, Pereira et al. (2003) e Pruski et al.(2004) verificaram que na região de cabeceira a pluviosidade chega a atingir valores superiores a 1.700 mm, decrescendo em direção à foz, até as proximidades do limite entre o Submédio e Baixo São Francisco. Nas proximidades da foz ocorre um acentuado aumento na precipitação, em decorrência da influência das condições litorâneas no regime pluviométrico local. A precipitação mínima na bacia é evidenciada no Submédio São Francisco, onde se verificam precipitações médias anuais inferiores a 450 mm.

Compreendendo áreas dos Estados de Alagoas e Pernambuco, o rio Mundaú foi dividido por Silva, Sousa e Kayano (2010) em três regiões: Alto Mundaú, Médio Mundaú e Baixo Mundaú. Os dados anuais identificaram que o setor da bacia com menor pluviosidade é o Alto Mundaú. Com relação à distribuição sazonal da pluviosidade, nos setores Médio e Baixo Mundaú predominam a concentração de chuvas no período que vai de abril a julho, enquanto o Alto Mundaú apresenta seus meses mais chuvosos entre março e julho. Para o Médio e Baixo Mundaú o período mais seco vai de outubro a janeiro, enquanto no Alto Mundaú, a diminuição das chuvas é mais intensa de setembro a dezembro.

Os estudos de Salvi-Sakamoto (2010) para a bacia do alto Paraguai (MT) indicam que há duas estações marcantes e características do clima tropical, a chuvosa e a seca. Para a mesma bacia hidrográfica, identificou três segmentos temporais da variabilidade pluviométrica interanual, o primeiro tendendo a chuvoso, com início no começo do século XX até a metade da década de 1930, o segundo com tendência para seco, com início na segunda metade da década de 1930, e o último com tendência a chuvoso, com início na segunda metade da década de 1970 até 1997.

Utilizando-se como recorte espacial a bacia hidrográfica do rio do Pardo, situada no setor leste do Estado do Mato Grosso do Sul, Berezuk e Garcia (2011) identificaram uma tendência de sazonalização do ritmo pluviométrico. Estas condições, segundo os autores, demonstram que a maior definição de períodos secos e a ocorrência de chuvas mais concentradas são indícios de uma maior probabilidade de frequência de adversidades climáticas regionais, informações que consideram como importantes para os Comitês de Bacia Hidrográfica do Mato Grosso do Sul.

Os resultados de Silva, Praela - Pantano e Sant'Anna Neto (2008) mostraram que há uma grande relação entre a variabilidade pluviométrica interanual e a produtividade agrícola no vale do Médio Paranapanema (SP), e que as culturas mais vulneráveis às variações de pluviosidade são a soja e o milho. Seus resultados indicaram uma tendência de concentração das chuvas nos meses de janeiro a março e de setembro a dezembro, padrão característico das regiões de clima tropical no Brasil.

Nery e Alves (2009) estudaram a distribuição pluviométrica para o vale do Médio Paranapanema (SP) e identificaram uma pluviosidade média anual entre 1.200 a 1.470 mm. Suas análises identificaram que o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro, que compreende o período do verão, apresenta uma pluviosidade média de 600 mm para toda a área, condição determinada pela ocorrência das chuvas mais intensas, pela umidade proveniente da Amazônia, associada às frentes frias, provocando a intensificação de convecção na região. Salientam que as Zonas de Convergência do Atlântico Sul, organizadas pelos sistemas frontais, são especialmente responsáveis pela maior intensidade das precipitações na área.

Zandonadi (2009) empregou a determinação de ano-padrão com o objetivo de identificar os períodos mais representativos (chuvoso, habitual e seco) para a bacia do rio Paraná. Para o emprego de tal técnica utilizou, inicialmente 861 postos pluviométricos, com os quais selecionou os 96 com mais qualidade de dados e, em seguida, realizaram os cartogramas de 96 quadrículas para uma análise detalhada da estrutura da pluviosidade na bacia hidrográfica. Em continuidade e aprimoramento ao trabalho anterior, Zandonadi (2013) incorporou à sua pesquisa a técnica da análise rítmica de Monteiro (1971) para verificar a atuação e participação dos sistemas atmosféricos na ocorrência de chuvas em anos-padrão e verificar a correlação da variabilidade pluviométrica com os diferentes níveis de vazão nas proximidades das Usinas Hidrelétricas.

Com o objetivo de caracterizar o clima da alta vertente do rio Paraná, Borsato e Souza Filho (2010) utilizaram-se da análise rítmica para a compreensão da dinâmica atmosférica de sua área de estudo. Os resultados permitiram identificar que nas áreas de menor latitude predominam a atuação dos sistemas de baixa pressão relacionados às chuvas convectivas. À medida que aumenta a latitude, aumenta a participação dos sistemas de alta pressão e a ocorrência de chuvas frontais.

Nery, Baldo e Martins (2000) pesquisaram as flutuações da precipitação pluviométrica em escala mensal, anual e interanual na bacia do rio Itajaí (SC). Constataram que a precipitação está concentrada nos períodos de janeiro e fevereiro, e os meses com menor precipitação foram maio, junho e julho. Com relação à escala interanual concluíram que a oscilação sul interfere mais na intensidade da precipitação, principalmente nos anos de El Niño do que os eventos de La Niña.

Wollmann (2014) estudou as correntes perturbadas e os tipos de tempo responsáveis pela gênese das enchentes em três regiões hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul e identificou que a maior parte das enchentes ocorreu em condições associadas a correntes perturbadas de origem polar (Frentes Polares) e que, em alguns casos, as correntes perturbadas tropicais (Instabilidades Tropicais) responderam pela ocorrência de enchentes. Especificamente para a bacia hidrográfica do rio Caí (RS), Wollmann e Sartori (2010) avaliaram a periodicidade da ocorrência de enchentes e constataram que tais eventos ocorrem com maior frequência (50% do total de casos estudados) no inverno, período em que há uma intensificação dos sistemas frontais. Observaram também que o El Niño não é determinante para a ocorrência das enchentes, pois estiveram relacionados em apenas 25% dos casos estudados.

No Estado do Paraná, Mendonça (1997) fez uma caracterização climática da bacia hidrográfica do rio Tibagi, e observou uma tropicalização do clima, com uma tendência de concentração de chuvas no verão e na primavera na porção médio-jusante, o que atribui-se ao fato de que esta área da bacia hidrográfica está situada dentro de uma área considerada de transição climática, o que também é expresso por uma maior incidência de chuvas concentradas em 24 horas. Desta forma, como ressaltam Mendonça e Danni - Oliveira (2002), a manifestação dessas condições climáticas encontra-se ligada diretamente à dinâmica atmosférica da área, que se apresenta como resultante do jogo interativo entre sistemas atmosféricos intertropicais (massas de ar Equatorial Continental, Tropical Atlântica e Tropical Continental), que afeta de forma mais incisiva a porção jusante desta bacia, enquanto a porção montante está

condicionada a uma maior atuação dos sistemas atmosféricos extratropicais (massa de ar Polar Atlântica).

Ao estudar a bacia hidrográfica do rio Iguaçu (PR), Azevedo (2006) demonstrou o efeito da orografia ao definir uma maior pluviosidade nos postos de maiores cotas altimétricas e ressaltou a contribuição da represa da Usina Hidrelétrica de Itaipu no aumento de umidade na região próxima ao Lago de Itaipu. Destacou ainda a representatividade dos eventos de El Niño e La Niña devido à sua influência na variabilidade pluviométrica anual e identificou uma maior influência destes eventos na porção jusante da bacia hidrográfica. Azevedo et al. (2006) identificaram que os eventos El Niño e La Niña, inclusive, são significativos para a alteração da dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica do rio Iguaçu, o que é explícito na relação que os valores de vazão máxima e mínima tiveram em relação a estas anomalias.

Andrade (2003) pontua que todas as flutuações interanuais mais significativas da precipitação na bacia do Rio Ivaí (PR) estiveram associadas com as fases extremas de Oscilação Sul (ENOS). Em suas pesquisas, concluiu que a pluviometria aumenta na direção da jusante para a montante, com uma tendência de concentração na frequência e intensidade da pluviosidade na porção centro-sul da bacia em todas as escalas estudadas, pois a delimitação dos grupos homogêneos esteve aproximada às curvas de nível do relevo (ANDRADE; NERY, 2003; ANDRADE; NERY, 2011).

Ao aplicar as técnicas de análise rítmica de Monteiro (1971), Baldo (2006) analisou a associação entre a variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia do Rio Ivaí (PR). Os resultados permitiram identificar que os episódios de falta de chuvas se devem à entrada da massa tropical atlântica alternada com a tropical atlântica continentalizada e que os períodos mais propícios à formação das chuvas ocorrem em condições de alternância entre os fluxos de sistemas polares e tropicais. Identificou que os eventos de El Niño interferiram com maior intensidade no aumento dos valores pluviométricos do que os eventos de La Niña na redução da pluviosidade e que os resultados de “anos-padrão”, realizado pelo método de Sant’Anna Neto (1990), estiveram associados com a intensificação destes eventos.

Ao analisar a variabilidade espaço - temporal pluviométrica e a erosividade das chuvas, houve a necessidade de um estudo específico da intensidade pluviométrica, pois, como colocam Mello, Arruda e Ortolani (1994), as questões relacionadas ao impacto ambiental decorrente de chuvas intensas tem sido motivo de grande

preocupação para técnicos e administradores ligados ao planejamento e à ocupação do espaço geográfico.

Botelho e Silva (2004) discorrem que grande parte dos estudos relacionados aos volumes e intensidade das chuvas procura determinar sua capacidade de causar erosão. As chuvas mais intensas, mais duradouras e mais frequentes são aquelas que ocasionam mais erosão, pois estas muitas vezes excedem a capacidade de infiltração dos solos ou então saturam rapidamente, gerando o escoamento superficial. Santos, Griebeler e Oliveira (2010) ressaltam a importância dos estudos das chuvas intensas, sua relação com a erosão hídrica e com as características físicas das chuvas (frequência, intensidade e duração) são mais significativas para a ocorrência da erosão quando associadas às condições de relevo movimentado, características físicas do solo adversas e uso e manejo inadequado do solo.

No meio rural, o controle da erosão é questão que se aplica principalmente em áreas onde a drenagem superficial é prática indispensável, visando à conservação do solo. Assim, o conhecimento da distribuição temporal das precipitações é muito importante para orientar decisões para a escolha das medidas necessárias para minimizar os danos por elas ocasionados (CRUCIANI, 1986; REICHRDT, 1987). O conhecimento das probabilidades de ocorrência de chuva é de suma importância para o planejamento agrícola, pois possibilita as tomadas de decisão quanto ao preparo do solo, semeadura, irrigação e colheita.

Em áreas urbanas, os resultados de pesquisas dessa natureza são largamente utilizados no dimensionamento de captadores de águas pluviais, previsão de alagamentos, entre outros, contribuindo para minimizar danos socioeconômicos relacionados principalmente à inundação e efeitos erosivos. Portanto, conhecer o modelo mais frequente da distribuição das chuvas intensas de uma localidade torna mais realista a previsão hidrológica em projetos de engenharia, permitindo quantificar com maior precisão o escoamento superficial (TUCCI, 2004).

Com a avaliação das características da precipitação em Catolé da Rocha (PB), Chaves, Freire e Amorim Neto (1985) revelaram que o município apresenta uma típica condição da região tropical semiárida brasileira, com uma precipitação anual muito variável e uma distribuição extremamente irregular. Concluíram que as precipitações diárias mais elevadas ocorreram, de modo geral, nos meses de maiores precipitações e que as intensidades máximas das chuvas foram maiores do que em outras regiões tropicais brasileiras.

Os resultados de Araújo et al. (2008) para a bacia hidrográfica do rio Paraíba, situado no estado homônimo, revelou que a maior probabilidade de chuvas máximas em 24 horas ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, meses em que há uma maior participação da Zona de Convergência Intertropical e dos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior. Ainda, por incorporar diferentes áreas climáticas, apresenta diferentes níveis de susceptibilidade aos eventos pluviométricos extremos, com maiores valores verificados no Alto Paraíba, por conta do efeito orográfico, e na sua foz com o Oceano Atlântico, o que se atribui ao efeito marítimo.

A quantificação das precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa (PB), realizada por Pereira et al. (2012) permitiram identificar que há na localidade uma tendência de aumento da ocorrência dos eventos pluviais intensos diários na medida em que também ocorre um aumento dos totais da precipitação anual. Verificaram que houve uma crescente gradativa do número de eventos diários com pluviosidade acima de 60 mm na análise decadal, com 38 eventos no decênio de 1980, 45 eventos na década de 1990 e 60 eventos nos anos 2000.

Com o objetivo de classificar a precipitação diária e verificar a relação destas com os desastres associados à ocorrência de chuvas extremas, Souza, Azevedo e Araújo (2012) verificaram que os eventos extremos de chuvas intensas no Recife (PE) ocorrem entre os meses de março a julho e que a condição de dias consecutivos com chuvas anteriores a um evento de chuva muito forte contribui para a ocorrência de desastres mesmo elas sendo de fraca intensidade, pois estas contribuem para o encharcamento do solo. Os autores ressaltaram que a frequente ocorrência de escorregamentos e alagamentos decorrentes das chuvas está associada à falta de infraestrutura, aliada às condições sociais e econômicas da população.

Com um regime pluviométrico próximo aos observados no município de Recife (PE), Zanella, Sales e Abreu (2009) identificaram que os eventos de chuvas extremas são mais recorrentes em Fortaleza (CE) nos meses de março e abril, quando os maiores valores de precipitação mensal e concentrada em 24 horas ocorrem devido à atuação mais intensa da Zona de Convergência Intertropical no Nordeste brasileiro e, portanto, na cidade de Fortaleza. Durante a ocorrência de La Niña, fenômeno que determina aumento das chuvas na região Nordeste do Brasil, verificou-se totais anuais mais elevados e número mais elevado de eventos de pluviosidade superior a 60 mm em 24 horas.

Gonçalves (2011) avaliaram a intensidade das chuvas diárias máximas e correlacionaram com as repercussões espaciais dos impactos pluviiais extremos em Salvador (BA), tomando como base à ocorrência das intensidades diárias superiores a 60 mm. Concluiu que os eventos de maior impacto, responsáveis por inundações e deslizamentos, estiveram relacionados à ocorrência de precipitação máxima diária acima de 60 mm em qualquer época do ano e mesmo em anos de pluviosidade reduzida.

Soriano e Galdino (2002) analisaram a distribuição da frequência pluviométrica mensal para chuvas diárias para a sub-região da Nhecolândia, localizada na porção do Pantanal do Mato Grosso do Sul. Descreveram que há uma predominância para todos os meses da ocorrência da pluviosidade diária entre 0,1 a 5,0 mm e que houve uma maior ocorrência de chuvas diárias com valores superiores a 30 mm para o período que vai de outubro a março, de maiores volumes e frequência da pluviosidade média mensal.

Specian e Vecchia (2014) estudaram a distribuição da frequência mensal da precipitação para a região Oeste de Goiás utilizando-se de dois postos pluviométricos, buscando a comparação de duas áreas com feições geográficas diferentes, mas com uma relativa proximidade quanto às características de distribuição das chuvas. O posto pluviométrico de Montividiu, de relevo mais elevado, apresenta maiores ocorrências de eventos de chuvas para os meses de agosto e setembro, normalmente de menor pluviosidade, em relação à Iporá, enquanto este último apresenta maiores valores de chuvas acima de 25 mm para todos os meses.

Os estudos de Beijo, Muniz e Castro Neto (2005) revelaram que os maiores valores de pluviosidade diária máxima para Lavras (MG) foram verificados nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro (81%), períodos de maiores probabilidades de retorno da ocorrência dos maiores totais pluviométricos diários. Em oposição, os meses de abril, maio e junho tiveram a menor média e a menor probabilidade de ocorrência de valores pluviométricos máximos diários.

Brandão (2004) observou que as chuvas máximas em 24 horas acima de 60 mm podem ocorrer na cidade do Rio de Janeiro em todos os meses, com exceção de agosto. Observou que os valores máximos de chuva diária, acima de 100 mm, ocorrem com uma maior frequência no período que vai de janeiro a abril, com uma tendência de concentração dos maiores valores diários de pluviosidade nos últimos 50 anos. Com uma ênfase às condições urbanas, destaca que a análise do mapa de intensidade máxima de chuva em 24 horas, conjugada aos mapas que representam os aspectos geocológicos

e os componentes antrópicos possibilitam a identificação das áreas de risco e sujeitas às inundações.

Ferreira (1999) gerou mapas mensais de chuvas de intensidade máximas em 24 horas para o Estado de São Paulo, usando dados mensais de intensidade máxima de precipitação de um dia de 343 postos pluviométricos do Estado de São Paulo, com series históricas completas de 31 anos (1962 a 1992). Os resultados indicaram, de modo geral, que os meses mais chuvosos, no período que vai de janeiro a março e de outubro a dezembro, apresentam os maiores valores máximos diários e que as chuvas máximas de janeiro e fevereiro apresentam uma menor variabilidade espacial e temporal, o que permite afirmar que há uma tendência da ocorrência dos maiores valores máximos de pluviosidade em 24 horas para estes meses. Enquanto os meses de maior pluviosidade apresentaram uma grande variabilidade espacial dos valores máximos diários, os meses de junho, julho e agosto foram os que mostraram de forma mais nítida que as porções Oeste e Sul do Estado estão mais vulneráveis a ocorrência de maiores valores concentrados em um dia, tendo em conta que esta área apresenta características mais próximas com o clima Subtropical, da Região Sul brasileira.

Sudo (2000) destaca os valores máximo anuais diários em Presidente Prudente (SP) para a ocorrência de processos erosivos para a localidade que apresenta uma elevada erodibilidade devido à sua cobertura pedológica, de Argissolos e Latossolos. Evidencia que os maiores valores de pluviosidade máxima diária ocorrem nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, períodos em que habitualmente ocorrem as maiores alturas pluviométricas registradas. Condição contrária ocorre, com destaque para julho e agosto, meses de menores alturas pluviométricas máximas e menores médias pluviométricas.

Vicente e Nunes (2004) identificaram que Campinas (SP) tem como período de retorno de eventos pluviométricos acima de 100 mm de sete anos e afirmam que o crescimento desordenado do município contribui para a elevação da frequência e da intensidade de eventos de enchentes. Contudo, Blain (2011) descreveu a probabilidade de ocorrência dos totais máximos anuais de precipitação pluvial diária para Campinas (SP) para uma série histórica de cento e vinte e cinco anos e suas análises estatísticas identificaram que não há indícios de tendências climáticas de elevação dos totais pluviométricos máximos diários. Blain (2013) complementa os estudos da pluviosidade máxima diária para a escala sazonal para Campinas (SP) e indica que, embora se verifique a partir da análise espectral um aumento da variabilidade de eventos de chuvas

extremas após o início da década de 1990, os valores obtidos não apresentam um padrão de persistência e tendência temporal.

Sampaio (2011), utilizando-se de 130 postos pluviométricos e estações meteorológicas, espacializou os coeficientes das equações de intensidade, duração e frequência da precipitação máxima diária das bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul. O valor médio de pluviosidade máxima em 24 horas para todo o Estado foi de 111,7 mm, com o valor máximo de 146,1 mm, identificado na porção Noroeste, de maiores médias pluviométricas anuais, e o valor mínimo de 80,2 mm na porção Sul, de menores valores médios pluviométricos anuais.

Santos et al. (2010) analisaram a distribuição da quantidade diária de precipitação e do número de dias com chuva para a escala mensal em Santa Maria (RS). Embora a localidade apresente características de chuvas bem distribuídas ao longo do ano, característica predominantes no Estado do Rio Grande do Sul, verificou-se que há uma maior ocorrência de dias de chuva durante os meses de inverno e que, entretanto, o volume de pluviosidade é menor em sua distribuição, o que iguala o valor da normal climatológica da precipitação do inverno em relação às demais estações do ano.

Pedron e Klosowski (2008) descreveram a distribuição de frequência dos totais diários pluviométricos para o Estado do Paraná. Estudaram as séries de dados de precipitação pluviométrica de 18 estações meteorológicas para um período de 8 anos. Com uma classificação da frequência de eventos de pluviosidade com intervalos de 10 em 10 milímetros, seus resultados indicaram uma maior frequência de ocorrência de chuvas de maior intensidade (acima de 30 mm) para as estações meteorológicas de Foz do Iguaçu, Cascavel e Pato Branco, enquanto as chuvas de intervalos entre 1 a 10 mm foram mais frequentes nas regiões Centro e Leste do Estado, nas estações meteorológicas de Curitiba, Guarapuava, Ponta Grossa e União da Vitória.

Zanella (2007) realizou pesquisas sobre eventos pluviométricos intensos no bairro do Cajuru, localizado às margens do rio Atuba, na cidade de Curitiba (PR) e trabalhou com os totais pluviométricos superiores a 60 mm em 24 horas. Destacou que os eventos de pluviosidade diária superior a 100 mm foram os grandes responsáveis pela ocorrência de situações de extrema calamidade, como a remoção da população de suas residências, perdas materiais e humanas, doenças como a ansiedade e o medo da população frente à ocorrência de novos eventos.

Berezuk e Sant'Anna Neto (2008) avaliaram a ocorrência de eventos extremos no Oeste do Estado de São Paulo e no Norte do Paraná, escolhendo os dados de

Presidente Prudente, Maringá e Londrina para a utilização das técnicas de análise rítmica. Consideraram que a região é um importante recorte para os estudos climáticos, por estar em uma área de transição climática, com a influência tanto de mecanismos atmosféricos tropicais quanto polares. Escolheram os anos de 1997 e 1998 como anos chuvosos e 2001 como habitual e, a partir da análise rítmica destes anos, verificaram que há uma participação maior das frentes frias na ocorrência de chuvas acima de 100 mm em 24 horas. Entretanto, no período que vai de setembro a março, as ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e as Instabilidades Tropicais são responsáveis por eventos de chuvas extremas, sendo que o primeiro mecanismo está mais associado às entradas de frentes frias e o segundo mecanismo ocasiona chuvas de menor duração e semelhantes intensidades.

Partindo da justificativa de auxiliar o planejamento e a tomada de decisões quanto ao dimensionamento de estruturas e prevenção de desastres em Londrina (PR), Silva, Caramori e Faria (2012) estimaram as máximas pluviométricas através da identificação dos maiores eventos (eventos extremos) de precipitação diária ocorridos em cada ano da série histórica. Verificaram que os ENOS (El Niño - Oscilação Sul) foram significativos para os maiores valores de pluviosidade concentrados em 24 horas, embora não ocorra um padrão, porque tanto em anos de El Niño quanto de La Niña existem registros de grandes precipitações.

1.3 A problemática da erosão e a erosividade das chuvas

Os problemas relacionados à degradação ambiental têm sido alvo da mobilização de dirigentes do setor público e de grupos representativos da sociedade civil e, sem dúvida, dentre as questões ambientais, a erosão dos solos está entre as que causam maior preocupação (VITTE, 1997). A erosão vem gerando grandes prejuízos para a sociedade, através da perda tanto de solos agricultáveis, quanto de investimentos públicos em obras de infraestrutura e de degradação de áreas urbanas ou em urbanização. O uso intenso do solo e o emprego sistemático de práticas agrícolas inadequadas, a disposição e o formato dos lotes rurais e o crescimento desordenado das cidades, são os fatores apontados como propulsores das modificações das propriedades originais do solo e são os aspectos que favorecem e aceleram o aumento das perdas de solo por erosão (DERPSCH et al., 1990; GALERANI, 1995).

Os solos que recobrem grande porção da região Norte e Noroeste do Paraná, região na qual está situado o recorte espacial dessa pesquisa, se desenvolveram a partir dos arenitos das Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá, cujo substrato geológico associado à elevada pluviosidade da área, resultou em solos bem desenvolvidos, profundos e de textura média a arenosa, portanto, pouco coesos, com pouca resistência à ação das águas pluviais e, conseqüentemente, mais vulnerável ao desenvolvimento dos processos erosivos (NAKASHIMA, 2000; NAKASHIMA; NÓBREGA, 2003; MARTINS et al., 2012). Ainda, as bacias hidrográficas Pirapó e Paranapanema III apresentam a cobertura de solos oriundos da Formação Serra Geral, rochas basálticas que deram origem aos solos de textura argilosa e muito argilosa, que mesmo com menor ocorrência de processos erosivos, apresentam uma maior susceptibilidade nas áreas de maiores declividades, recobertas pelo Nitossolo Vermelho e Neossolo Litólico/Regolítico (SOUZA; GASPARETTO, 2010).

A condição mencionada acima, associada ao processo de ocupação da área, iniciado a partir da década de 1950, desencadeou profundas transformações nos sistemas pedológicos, relacionados à origem e evolução de intensos processos erosivos, com destaque para erosão linear (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985). Portanto, conforme assegura Maack (2012), a origem e a evolução desses processos podem estar correlacionadas tanto à fragilidade natural dos solos como ao desmatamento generalizado, normalmente seguido e intensificado pelo uso e manejo inadequado.

Sobretudo, nas bacias hidrográficas, categoria de análise adotada na presente pesquisa, as vertentes sofrem por conta da erosão hídrica o empobrecimento dos solos, em cujo processo o impacto da chuva atinge a superfície do terreno e, em seguida, o material solto, rico em nutrientes e matéria orgânica, é removido do local e depositado no interior das vertentes e no fundo de vales, tendo como resultado o assoreamento dos leitos dos rios. Christofolletti (1980) esclarece que naturalmente o escoamento superficial nas vertentes promovem a erosão dos solos e o assoreamento dos cursos d'água, e explica que esse processo está relacionado com as características físicas do solo e da precipitação, com a morfologia das vertentes e em função da densidade hidrográfica, da rugosidade topográfica e da grandeza da bacia.

As variáveis geralmente aceitas como controladoras da erosão dos solos e que são componentes da Equação universal de perdas do solo (EUPS) são: a erosividade do agente de erosão - chuva (fator R), a erodibilidade do solo (fator K), a declividade do terreno (fator S), o comprimento da encosta (fator L), o uso e manejo do solo (fator C) e

as práticas conservacionistas (fator P) (WISCHMEIER, 1959). A erosão do solo provocada por precipitação pluviométrica (chuva) é denominada de erosão hídrica, sendo que as chuvas que têm capacidade em provocar erosão hídrica também são chamadas de chuvas erosivas. Crepani, Medeiros e Palmeira (2004) citam que a chuva é um dos fatores de maior importância para a erosão, já que sua intensidade, sua duração e a sua frequência são as propriedades mais importantes para o processo erosivo.

A erosividade das chuvas depende da intensidade com que ocorrem e da energia cinética de impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo (salpicamento) e da capacidade de infiltração do solo. A duração das chuvas é o complemento da intensidade, pois é esta característica que determina as proporções do quanto e como as águas pluviais infiltram ou formam enxurrada, dependendo das condições de umidade do solo e da intensidade da chuva. A frequência das chuvas é outro fator que interfere diretamente nas perdas de solos por erosão, haja vista que em intervalos muito curtos entre as chuvas, o teor de umidade do solo é alto, e assim as enxurradas são mais volumosas até mesmo em chuvas de baixa intensidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Neste sentido, o estudo das características físicas das chuvas e, de modo consequente, da erosividade das chuvas, é de grande relevância para o conhecimento e ao subsídio para a determinação do risco potencial à erosão, principalmente em países tropicais, que apresentam elevados valores de pluviosidade. Como comparação, a literatura indica que em regiões temperadas apenas 5% das chuvas são consideradas erosivas, enquanto que em áreas tropicais este valor supera os 40%.

Com o objetivo de subsidiar a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), Campos Filho et. al. (1992) calcularam a erosividade das chuvas para o município de Glória de Goitá, localizada no agreste pernambucano. Seus resultados indicaram que os valores de $3551 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e atentou que os maiores cuidados com a proteção dos solos devem ser feitos entre os meses de fevereiro a julho, pois esse período é responsável por 84% da capacidade erosiva das chuvas.

Dias e Silva (2003) calcularam que Fortaleza (CE) apresenta uma erosividade média anual de $6774 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Analisou-se que a distribuição das chuvas na localidade apresenta um caráter uni-modal, com a concentração entre janeiro e junho, período que corresponde a 97% da erosividade média anual. Especificamente, no período de fevereiro a maio, período chuvoso para grande parte do Nordeste brasileiro, os riscos de erosão aumentam devido à quantidade de chuvas erosivas, com um total de $4709 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$, 70 % do total médio anual.

Dedecek (1988) avaliou a erosividade das chuvas, as enxurradas e as perdas de solos em Planaltina (DF), que apresentou para o período de 1977 a 1985 uma pluviosidade média anual aproximada de 1600 mm anuais e concentração destes valores entre os meses de novembro a março. Considerando a perda de solo verificada em um Latossolo Vermelho textura argilosa, o estudo de 58 chuvas frontais, de maiores durações e menores totais absolutos, e de 58 chuvas convectivas, de menores durações e maiores totais absolutos permitiram as seguintes conclusões: que as chuvas frontais, de maior frequência demandam mais energia para causar erosão frente às chuvas convectivas, sendo que estas tem um aumento do seu potencial erosivo por ocorrerem em um período (novembro a março) em que a cobertura do solo é menor (colheita, preparo e plantio).

Ao estudarem a bacia hidrográfica do rio Dourados (MS), Arai et al. (2010) concluíram que a erosividade média anual decresce em direção à foz da bacia. Os meses de outubro a março apresentaram os maiores índices de erosividade e, portanto, os maiores riscos de ocorrência de perdas de solo por erosão hídrica, exigindo maiores cuidados quanto ao manejo dos solos. Observaram que os resultados obtidos através da determinação do Índice de Erosividade apresentaram uma significativa correlação com os valores de precipitação e que a erosividade anual para toda a bacia hidrográfica variou entre 3192,0 a 4977,0 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

Mello et al. (2007) dividiu o Estado de Minas Gerais em três zonas, com erosividade anual variando de 5000 a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹: erosividade média a alta, nas regiões central, nordeste e parte da Zona da Mata (abaixo de 5.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); alta, no Triângulo Mineiro (extremo da região), e parte do nordeste e sul do Estado (entre 5000 a 7350 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); e muito alta, na maior parte do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, noroeste e leste (entre 7350 a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹). Observaram que o efeito orográfico e as características climáticas específicas de cada região determinam o comportamento espacial da erosividade em Minas Gerais e com uma concentração dos maiores valores de erosividade média mensal no período que vai de outubro a março em todas as regiões do Estado, característica marcante das regiões de clima Tropical no Brasil.

Tendo como parâmetro a energia cinética e a intensidade máxima da chuva em 30 minutos, conforme a metodologia de Wischmeier (1959) e Wischmeier e Smith (1958), Boarett, Souza e Wrucket (1998) determinaram para Viçosa (MG) o índice de erosividade médio anual de 6000,6 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e indicaram o período de

novembro a março como o de maior erosividade das chuvas. Atualizando os resultados para o EI_{30} , com uma maior série histórica (1982 a 2011), Evangelista et al. (2012) indicaram que Viçosa (MG) tem uma erosividade média anual de $7601 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com o mesmo padrão de concentração de valores mais elevados de erosividade entre novembro e março.

Santos et al. (2010) avaliaram e espacializaram a erosividade das chuvas no Vale do rio Doce, na região centro-leste do Estado de Minas Gerais. Verificaram que os valores do índice de erosividade anual variaram de 7970 a $18646 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, valores diferentes dos obtidos por Mello et al. (2007), e que consideraram como altos e muito altos, constituindo cenários críticos para o planejamento de práticas de conservação do solo e da água, particularmente desta última, numa região tão degradada pela erosão hídrica e com chuvas concentradas. A análise revelou que a média mensal do índice de erosividade foi maior no período de maior precipitação, que compreende os meses de janeiro a março e de novembro e dezembro, contribuindo com 83% do valor da erosividade total para o período de estudo.

Gonçalves (2002) e Montebeller et al. (2007) verificaram a variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. De modo geral, os resultados foram convergentes e os maiores valores de erosividade foram observados nas regiões Serrana e Baía da Ilha Grande, acima de $16000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, enquanto os menores foram verificados nas regiões Norte e Noroeste do Estado, abaixo de $4000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Gonçalves et al. (2012) ressaltam que o número médio anual de chuvas erosivas das localidades estudadas no Estado do Rio de Janeiro é de 45, correspondem a 34% do número médio anual de eventos e a 79% do volume médio anual da pluviosidade.

Carvalho et al. (2005) indicaram que os valores médios anuais do Índice de Erosividade foram de 5472,5 e de 5431,2 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, para Seropédica (RJ) e Nova Friburgo (RJ), respectivamente. A análise comparativa revelou que houve uma tendência de concentração de 80% do potencial erosivo entre outubro a março para Seropédica, enquanto o mesmo valor foi obtido para o período de outubro a fevereiro para Nova Friburgo. Este padrão de comportamento da erosividade mensal está relacionado com a diferença do padrão anual de distribuição da pluviosidade e o relevo regional, pois Nova Friburgo localiza-se em uma área mais elevada e tem menor dependência de chuvas convectivas em relação à Seropédica, situada na baixada fluminense.

Vieira e Lombardi Neto (1995) identificaram que as maiores regiões isoerodentes no Estado de São Paulo, com valores de erosividade média anual superior a $7.500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, situam-se na região Nordeste e na Serra da Mantiqueira, e os menores valores de erosividade média anual, em torno de $5000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, localizam-se na região Oeste. O período mais chuvoso (outubro a março) indicou isolinhas maiores no setor Nordeste do Estado, superiores a $7000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$, e menores isoerodentes nos setores Sul e Oeste, inferiores a $4000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$. Com um panorama diferente da distribuição das isolinhas de erosividade em relação ao período chuvoso, a porção Nordeste de São Paulo apresenta os menores valores de erosividade para o período seco (abril a setembro), inferiores a $500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$, enquanto os setores Sul e Oeste apresentaram erosividade média superior a $1000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$. O mapeamento da erosividade das chuvas mensais realizado por Ferreira (1999) revelou resultados concordantes com Vieira e Lombardi Neto (1995), quadro que corroborou uma condição de transição climática do Estado de São Paulo, do subtropical para o tropical, apontado por Monteiro (1976).

Boin (2000) ressaltou a importância do conhecimento da erosividade das chuvas para o planejamento ambiental, dado que o problema da erosão no Oeste do Estado de São Paulo é um dos maiores problemas ambientais da área. Tendo como base as técnicas da Climatologia Dinâmica, a análise rítmica e anos-padrão, identificou as áreas climaticamente homogêneas, os valores extremos de erosividade e as condições atmosféricas em que estes eventos excepcionais estiveram associados. Verificou que a baixa pluviosidade e a grande amplitude térmica geram uma maior desagregação física das partículas do solo e o impacto se dá mais pela intensidade dos eventos do que pela quantidade de chuva, em função do maior contraste térmico que gera confrontos mais fortes entre as massas de ar.

As análises de Tommaselli, Freire e Carvalho (1997) mostraram que Presidente Prudente, situada no Oeste do Estado de São Paulo, apresentou para o período de 1973 a 1997 uma erosividade média anual de $7161 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, variando entre 2983 a $12029 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Em relação às distribuições mensais e sazonais, verificaram que ocorre uma concentração da erosividade anual de 76% no período que vai de outubro a março (primavera e verão).

Malvestio, Perusi e Nery (2008) analisaram a variação espacial da erosividade média anual para a porção sudoeste da Unidade de Gerenciamento do Médio Paranapanema no Estado de São Paulo. O posto pluviométrico de menor altimetria,

localizado no município de Rancharia (320 metros), apresentou erosividade média anual de $7685 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, enquanto que o posto pluviométrico do município de Ipaussu, com a segunda maior altimetria (620 metros), obteve um índice de $8936 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Conforme os resultados anteriores para a região Oeste de São Paulo, os maiores valores médios de erosividade foram verificados entre setembro a março, significativa redução nos demais meses do ano, com médias mínimas em julho e agosto.

Utilizando-se de dados de pluviógrafos de 812 chuvas individuais para uma série histórica contínua de 19 anos, Colodoro et al. (2002) identificaram que Teodoro Sampaio, região Oeste do Estado de São Paulo, apresenta uma erosividade média anual de $7212 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com uma concentração de 74% do total de erosividade anual para os meses de outubro a março, indicando que, nesse período, espera-se a maior parte das perdas anuais de solo por erosão. Os valores extremos anuais obtidos por tais autores para a região de Teodoro Sampaio (SP) variaram entre 4092 a $13651 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, enquanto os valores extremos médios mensais ocorreram em julho e dezembro, respectivamente 116 e $1579 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$.

Carvalho et al. (1989) calcularam a erosividade das chuvas de Mococa (SP) a partir de uma série de 30 anos de dados pluviográficos. Os resultados obtidos indicaram uma erosividade média anual de $7747 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com valores extremos anuais de 3322 a $10942 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e um coeficiente de variação de 26,6%. Concluíram que há uma necessidade maior de utilização de práticas conservacionistas para evitar elevadas perdas de solo no local para o período de outubro a março que apresenta 85,4% da erosividade média anual, com destaque para dezembro, considerado o mês mais erosivo com uma média mensal de $1691 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ ou 23% da erosividade média anual.

Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) identificaram para uma série histórica de 22 anos (1954 a 1975) o índice de erosão médio anual de Campinas (SP), de $6738 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, como totais variando entre 3444 a 13830 e que em média 62% do potencial erosivo anual concentra-se nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro. Foi encontrada alta correlação entre a média mensal do índice de erosão e a média mensal do coeficiente de chuva, condição que revela uma elevada relação da distribuição mensal e erosividade.

Roque, Carvalho e Prado (2001) selecionaram 874 chuvas individuais erosivas, de uma série contínua de 23 anos de registro de dados pluviográficos e, pautando-se do

índice de erosividade EI_{30} , verificaram que Piraju (SP) apresenta uma erosividade média anual de $7074 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, valor que possui uma maior validade por ter uma probabilidade de ocorrência de 42,9% e que pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez a cada 2,33 anos. Seus resultados demonstraram que há uma concentração de 78,5% da erosividade anual nos meses de outubro a março e uma significativa correlação entre os valores de precipitação média, coeficiente de chuva e coeficiente de relação da chuva média mensal.

Moreti et al. (2003) ressaltaram a importância dos modelos preditivos da erosão do solo e destacaram a importância do conhecimento das características da chuva para o planejamento da conservação do solo e da água. Utilizaram uma série pluviométrica contínua de 49 anos de dados de chuva diária e calcularam que o fator R médio anual para São Manuel (SP) é de $7487 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com um coeficiente de variação anual de 22,05%, e que 81,5% do valor médio anual da erosividade está concentrado no período que vai de outubro a março.

A partir de uma série histórica de 24 anos de pluviometria, Moreti, Mannigel e Carvalho (2003) calcularam que Pedrinhas Paulista (SP) apresenta uma erosividade média anual de $7670 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Esta magnitude ficou em desacordo em relação aos valores de linhas de isoerosividade do Estado de São Paulo, mapeadas por Lombardi Neto et al. (1980), para a localidade de Pedrinhas Paulista, que estiveram ao redor de $6100 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, e que estão mais próximas aos resultados de Rufino; Biscaia e Merten (1993) para o Estado do Paraná, o que se justifica pela sua proximidade. Também, os autores identificaram que há uma concentração de 77,12 % do índice de erosividade entre os meses de outubro e março.

Para o Estado do Rio Grande do Sul, Santos (2008) determinou que, para toda normal climatológica, a erosividade média anual é superior a $9000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ nas regiões Oeste e Noroeste e inferior a $3500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ no Litoral Sul. Concluiu que os eventos El Niño influenciam a ocorrência de desvios positivos nos índices de erosividade devido aos acréscimos observados na precipitação erosiva e nas intensidades das precipitações em todo o Estado. Atentou que, embora o Rio Grande do Sul apresente uma regularidade na distribuição sazonal das chuvas, o maior potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul é observado no período de Verão, por apresentar chuvas com intensidades de precipitação mais elevadas, ocorrendo no inverno o período que concentra as chuvas de menor potencial erosivo devido às menores intensidades de precipitação.

Os estudos de Bazzano, Eltz e Cassol (2007) determinaram para a localidade de Quaraí (RS) os valores de erosividade e a sua relação com a precipitação e o coeficiente de chuva, os padrões hidrológicos e o período de retorno das chuvas. Dentre os resultados mais significativos, obteve-se o valor de erosividade média anual de 9292 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, obtendo uma alta correlação deste índice com a precipitação e com o coeficiente de chuva. Verificaram que em relação ao total das chuvas estudadas, 44 % do número e 90% do volume foram erosivas, e que o período que vai de outubro a maio concentra 85,4% da erosividade média anual.

Estes mesmos autores, Bazzano, Eltz e Cassol (2010) mostraram que o fator de erosividade para Rio Grande (RS) foi de 5.135 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com valores mais elevados nos meses de janeiro, fevereiro e setembro e os menores nos meses de abril, maio, junho e dezembro. No entanto, os maiores valores de pluviosidade e coeficiente de chuva ocorreram entre julho e setembro, condição que revela que para Rio Grande (RS) não há uma correlação linear significativa do índice de erosividade com a precipitação e o coeficiente de chuva.

Com a análise de 978 chuvas erosivas, Hickmann et al. (2008) determinaram que Uruguaiana (RS) tem uma erosividade média anual de 8875 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e que o período de outubro a abril apresentou 77,5% da erosividade anual, sendo que o mesmo período concentra 67% da pluviosidade média anual. O mês de fevereiro foi o que apresentou o valor mais elevado de erosividade média, com 1403 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹ e agosto foi o mês com a menor erosividade, com 214 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹.

Para o município de Lages (SC), com a obtenção de dados pluviométricos de uma série contínua de 12 anos, Bertol (1993) determinou que a localidade apresenta uma erosividade média anual de 5694 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e que o período de outubro a fevereiro concentra 56% deste potencial anual da erosividade das chuvas, com destaque para o mês de fevereiro (16%). Com uma análise comparativa, Bertol (1994) apresentou os resultados de erosividade para Campos Novos (SC) e revelou que o município apresenta valores superiores de erosividade média anual, 6329 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com uma pluviosidade média anual 800 mm mais elevada em relação a Lages (SC). No entanto, verificou semelhanças com relação ao padrão de distribuição mensal e sazonal da erosividade e que cerca de 80% do volume e 40% do número de chuvas estudadas foram erosivas para os dois municípios.

Para o estado do Paraná, Castro, Cataneo e Biscaia (1982) realizaram o primeiro trabalho que identificou três linhas isoerosivas no Estado do Paraná a partir de dados de

cinco estações meteorológicas. Esta primeira aproximação foi realizada a partir da utilização de modificações de Wilkinson (1975) para a metodologia desenvolvida por Wischmeier e Smith (1958), adaptação que integrou a intensidade máxima da chuva em trinta minutos com o total da precipitação da chuva. Com a utilização de 32 postos pluviométricos e estações meteorológicas, Rufino (1986), aplicando a metodologia empregada por Castro, Cataneo e Biscaia (1982), realizou a segunda aproximação e avaliou o potencial erosivo das chuvas para o Estado do Paraná e indicaram que a porção Oeste do Estado apresenta uma erosividade média anual superior a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e que a porção Leste apresenta um índice inferior a 5.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

A terceira aproximação da determinação do potencial erosivo da chuva no Estado do Paraná foi realizada por Rufino, Biscaia e Merten (1993), utilizando-se de dados pluviográficos de 32 estações meteorológicas, as mesmas já usadas por Rufino (1986). No estudo realizado na década de 90 do século passado os autores estabeleceram oito regiões isoerosivas, e com outros 144 postos pluviométricos verificaram que a erosividade média anual varia de 5000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, na região do Vale do Ribeira, a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, na região Oeste do Estado, resultados concordantes com Rufino (1986). Os resultados desta terceira aproximação apresentaram uma maior confiabilidade por apresentarem maiores séries históricas de dados pluviométricos e uma distribuição espacial mais adequada de postos pluviométricos.

Utilizando-se da metodologia empregada por Rufino, Biscaia e Merten (1993), Waltrick (2010) e Waltrick et al. (2012) atualizaram as informações da pesquisa anterior, utilizando-se de dados pluviométricos, e identificaram que a atuação dos fenômenos El Niño e La Niña altera a erosividade das chuvas em todas as regiões do Estado do Paraná e que as regiões oeste e sudoeste são as mais afetadas. Com o método empregado por Rufino, Biscaia e Merten (1993) e com uma análise comparativa em relação aos resultados destes autores, observaram que, com exceção do litoral, ocorreu um aumento na erosividade média anual em todas as regiões do Estado, o que atribuíram à possibilidade de mudanças climáticas e a mudança de uso da terra. Verificaram diferentes padrões de meses mais erosivos, com maiores índices isoerodentes nas regiões Leste e Litoral durante os meses de janeiro e fevereiro e valores mais elevados de erosividade nos meses de maio e outubro para a região Sudoeste. Suas análises revelaram elevada correlação com os dados pluviográficos e

que as estimativas de erosividade para cenários futuros indicam um aumento da erosividade no verão e redução no inverno.

Alguns estudos sobre a erosividade das chuvas contemplaram a mesorregião Noroeste do Estado do Paraná. Tendo como parâmetro os dados pluviométricos da estação meteorológica de Paranavaí para a aplicação da EUPS, Prado e Nóbrega (2005) calcularam que Cidade Gaúcha (PR) tem uma erosividade média anual de 7368,1 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com os maiores valores para o verão (2509,64 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹) e primavera (2331,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹) e menores valores para o inverno (1101,6 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹) e o outono (1424,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹). Os resultados de Souza e Gasparetto (2012) indicaram que Umuarama tem uma erosividade média anual de 6653 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e que 60% destes valores estão concentrados nos meses de verão e primavera, que vão de janeiro a março e de outubro a dezembro.

Na região Norte do Paraná, os resultados de Stipp, Mendonça e Campos (2011) mostraram que Londrina apresenta uma erosividade média anual de 6120,6 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e os meses de janeiro, fevereiro e dezembro concentram 49,3% (3017,3 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹) do valor estimado de erosividade anual. Na mesma mesorregião, Santos (2006) identificou uma erosividade média anual de 8536 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para o município de Maringá (PR) e que 40,7% (3475 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹) deste valor médio anual está concentrado no trimestre dezembro, janeiro e fevereiro. Os resultados da erosividade das chuvas indicados por estes autores, pormenorizadamente no Norte e Noroeste do Estado do Paraná, serviram como parâmetro e validade aos resultados apresentados e discutidos para as bacias hidrográficas em estudo.

1.4 Aspectos climáticos regionais

Com a finalidade de adequar as metodologias aplicadas para a obtenção dos objetivos propostos e validar os dados apresentados recorreram-se aos trabalhos anteriormente realizados para a região Sul do Brasil, com ênfase ao Estado do Paraná, região Norte e Noroeste paranaense e, especificamente, às bacias hidrográficas selecionadas para a presente pesquisa. Estes trabalhos permitiram compreender regime regional das chuvas associadas à dinâmica atmosférica e ao relevo.

Conforme Monteiro (1968), Nimer (1989) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007) os quadros climáticos regionais estão relacionados aos sistemas dinâmicos (circulação atmosférica) e com os elementos da paisagem geográfica, tais como relevo, a latitude, a

maritimidade e a continentalidade. Assim, a pluviosidade é condicionada pela dinâmica atmosférica em relação ao relevo que, através de sua compartimentação, promove a distribuição espacial da chuva.

Estes mesmos autores observaram que a região Sul do Brasil está condicionada a uma circulação atmosférica predominantemente da massa Polar Atlântica, massa Tropical Continental, massa Tropical Atlântica e massa Equatorial Continental. Simões (1954) e Troppmair (1990) destacam que no Paraná as massas polares são predominantes nos meses de inverno quando são registradas as mais baixas temperaturas e umidades. As massas tropicais e equatoriais predominam no verão, formando as correntes de norte e nordeste, com sucessivos avanços e recuos acompanhados de instabilidades frontais, originando elevados valores de pluviosidade. Ainda, estudos recentes revelaram que a Região Sul do Brasil apresenta a influência de mecanismos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (QUADROS, 1994; QUADROS et al.,2012), das Linhas de Instabilidade Tropicais (NIMER, 1989; BEREZUK; SANT'ANNA NETO, 2006), que são mais atuantes no período do verão e primavera (setembro a março), e aos Complexos Convectivos de Mesoescala (FEDOROVA; KHAN,1999; VELASCO,1987), mais constantes nos meses de outono e primavera.

A circulação atmosférica na região Sul é destacada em relação às demais regiões do Brasil por apresentar como característica singular, mesmo que não exclusiva, a atuação da massa Polar Atlântica e do sistema frontal denominado de Frente Polar Atlântica. A frente polar atlântica é o sistema frontal que se desloca sobre o Brasil, está entre as mais importantes perturbações atmosféricas da região Sul por apresentar uma constante passagem em todos os períodos do ano, e é responsável pela geração de pluviosidade e mudanças de temperatura no Centro-Sul. Sua atuação sempre resulta numa queda significativa da temperatura, em aumento da nebulosidade e da umidade relativa e, conseqüentemente, na geração da precipitação pluviométrica. Seguida à frente polar atlântica, frequentemente há a incursão da massa Polar Atlântica, que possui uma maior atividade no outono e inverno, se origina do anticiclone polar atlântico e tem como características de tempo o rápido declínio de temperatura, maiores amplitudes térmicas e umidade relativa do ar muito baixa (MONTEIRO, 1968; NIMER, 1989; MENDONÇA; DANNI-OLVEIRA, 2007).

De características quente e úmida, a massa Tropical Atlântica ocorre na região marítima quente do Atlântico Sul nas imediações do trópico de Capricórnio, onde

recebe muito calor e umidade na superfície. Nimer (1989) coloca que a movimentação do ar nessa região é determinada pelo anticiclone subtropical e devido à presença da corrente marítima (quente), a massa sofre grande aquecimento na costa da América do Sul, predominantemente no verão, quando é maior a temperatura dessa corrente. No entanto, conforme Baldo (2006) e Zandonadi (2013), após superar as barreiras orográficas da Serra do Mar, a incursão deste sistema atmosférico no continente normalmente é responsável pela condição de tempo quente e estável.

A massa Tropical Continental é oriunda da frontólise na Frente Polar Pacífica, cujos ciclones se movem para sudeste ocluindo depois de transpor os Andes, onde sofrem efeito de dissecação adiabática. Tem como região principal de origem e atuação a depressão do Chaco, mais exatamente na estreita zona baixa, quente e árida, a leste dos Andes e ao sul do Trópico. Baldo (2006) cita que sua baixa umidade aliada à forte subsidência da Alta superior dificulta a formação de nuvens de convecção sendo, portanto, responsável por tempo quente e seco e é o principal mecanismo atmosférico responsável pela ocorrência de veranicos no Estado do Paraná, períodos de 15 dias ou mais sem chuvas durante a estação chuvosa e que são frequentes, conforme afirmam Bernardes, Aguilar e Abe (1988).

A massa Equatorial Continental forma-se sobre o continente aquecido onde dominam as calmas e ventos fracos do regime depressionário e suas principais características constitui de massa quente e úmida, com centro de origem na parte ocidental da Amazônia. No Hemisfério Sul, esta massa tende a avançar para o interior do continente nos sentidos Noroeste e Sudeste, tendo como característica predominante a instabilidade, e constitui-se em um dos mecanismo que mais transportam umidade para a região Sul do Brasil no período do verão (MARENGO, 2006).

As linhas de instabilidade tropical geralmente antecedem a entrada de uma frente polar atlântica. Esse sistema é responsável pela formação de tempo instável, aumento na nebulosidade e na umidade relativa, gerando num curto período chuvas de forte concentração no tempo e no espaço. Este tipo de tempo sucede quase sempre ao tempo estável e quente motivado pelo domínio do anticiclone subtropical e, mesmo não ocorrendo somente no período de verão, perdura do período que vai de quase toda primavera até o início do outono, desde que a configuração atmosférica regional esteja dotada da presença de calor e umidade, propiciando os processos de convecção (NIMER, 1989; BEREZUK; SANT'ANNA NETO, 2006).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um importante fenômeno que ocorre principalmente durante o verão na América do Sul. Quadros (1994) identificou a Zona de Convergência do Atlântico Sul a partir da composição das imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade de orientação noroeste a sudeste, estendendo-se desde o Sul da região amazônica até a região central do Atlântico Sul e com extensão aproximada de 2500 km e que tem na sua atuação mais frequente de setembro a março, agindo com maior intensidade de dezembro a fevereiro, causando constantes chuvas com significativos volumes. Análises recentes de Quadros et al. (2012) indicam que o Oceano Atlântico é a fonte principal do fluxo de umidade para a ZCAS, visto que a evaporação local é insuficiente para fornecer toda umidade para o total de precipitação gerada na região da ZCAS.

O acréscimo dos totais pluviométricos na primavera e no outono também se atribui à formação dos Complexos Convectivos de Mesoescalas, que atuam em toda a região Sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e nas regiões Norte e Central da Argentina, e caracteriza-se por sua grande extensão de ocorrência e por determinar eventos de chuvas torrenciais em um período de tempo que varia habitualmente entre 6 a 12 horas (FEDOROVA; KHAN 1999). Os estudos de Velasco e Fritsch (1987) revelam que os Complexos Convectivos de Mesoescalas estão associados com sistemas frontais trazendo condições de tempo severo para as mesmas, tendo no inverno um deslocamento mais zonal, e no verão os deslocamentos passam de sudoeste para nordeste, percorrendo uma distância maior em comparação ao inverno.

Em relação ao regime pluviométrico, Baldo (2000) identificou que a região Sul do Brasil apresenta os maiores valores de pluviosidade média anual, com valores acima de 1800 mm, nas porções Oeste dos Estados do Paraná, Santa Catarina e no Noroeste do Rio Grande do Sul. As menores médias pluviométricas anuais, inferiores a 1300 mm, foram verificadas no Sul do Rio Grande do Sul e no Noroeste do Paraná. Considerando a variabilidade espacial e sazonal da precipitação nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, Silva (2006) compartimentou a área em treze regiões homogêneas. Para a região Sul o autor identificou valores de pluviosidade semelhantes ao de Baldo (2000), com a verificação de grupos com maiores valores de pluviosidade na porção Oeste da região, com médias próximas a 1800 mm, e o de menor pluviosidade nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, com média de 1294 mm. A análise de Nery (2005) acerca da dinâmica atmosférica e da distribuição das chuvas na região Sul do Brasil afirma os resultados obtidos por Baldo (2000) e Silva (2006), além de observar que os eventos El

Niño e La Niña não determinam as chuvas na região sul, mas são importantes, sendo alguns episódios mais intensos que outro.

Nery, Martins e Baldo (2002) indicaram que os maiores valores médios anuais de pluviosidade no Estado do Paraná ocorrem nas porções leste, sul e sudoeste, com valores que são superiores a 2000 mm, enquanto a região Noroeste e o Vale do Ribeira apresentaram valores inferiores a 1300 mm anuais. Verificou-se que as mais significativas flutuações interanuais de precipitação estiveram associadas com as fases extremas do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e que nem sempre os anos com chuvas deficientes tem a atuação da fase La Niña.

Os estudos de Sousa (2006) dão validade à distribuição média anual da pluviosidade no Estado do Paraná identificadas por Nery, Martins e Baldo (2002) e mostram que os anos com maior variabilidade interanual correspondem a 1982/83 e 1997/98, considerados anos de El Niño e anomalia positiva da pluviosidade, e 1985 e 1988 de anomalia negativa da pluviosidade e atuação da La Niña. Suas análises revelaram que estes fenômenos não atuam no Paraná nas mesmas proporções e que a região Centro-Sul é a mais afetada, condição que demonstra a importância da dinâmica entre as características de relevo e a atuação das massas de ar na precipitação do Estado do Paraná.

Pereira et al. (2008) determinaram o início e o término da estação chuvosa no Estado do Paraná. Identificaram que o período úmido começou no primeiro decênio de agosto para o Litoral e progressivamente nas demais regiões, iniciando no primeiro decênio de outubro para a região Norte. O fim da estação chuvosa se deu no segundo decênio de março para a região Norte, enquanto na região Sul o fim do período chuvoso ocorre no primeiro decênio de maio. Estas condições mostraram que há no Estado do Paraná uma característica predominante de transição climática, com uma maior diferenciação entre a estação seca e chuvosa nas regiões Norte e Oeste, ao passo que no Sul as chuvas apresentam maior uniformidade.

Os estudos de Nascimento Júnior (2013) sobre a variabilidade das chuvas no Estado do Paraná revelaram uma concentração das chuvas nos últimos 36 anos, com o período de 1990 a 1995 como o principal momento de transição dos valores pluviométricos e, de 1990 a 2003 para os números de dias com chuva, com recorde para o ano de 1992. Identificou que os municípios da Mesorregião Sudoeste e Oeste do Estado do Paraná apresentam os maiores níveis de vulnerabilidade à diminuição da precipitação, enquanto que os desastres associados ao aumento da precipitação e as

chuvas intensas atingem o estado como um todo, com destaque regional para Mesorregião Metropolitana de Curitiba.

Roseghini, Nery e Martins (2001) caracterizaram a pluviosidade da região Noroeste do Paraná, e identificaram que há uma concentração das chuvas nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, com maiores valores concentrados na porção leste e valores próximos a 175 mm. O período mais seco vai de junho a agosto, com pluviosidade inferior a 75 mm e os valores mais elevados estão concentrados na porção sudeste, já os menores, no setor norte/noroeste. Destacaram que os meses de maio e outubro, embora não estejam definidos como período chuvoso, apresentam significativo aumento da pluviosidade em relação aos demais meses.

Ribeiro (1987) destaca a irregularidade interanual do ritmo pluviométrico, com verões sempre chuvosos e invernos quase sempre úmidos, com um ou dois meses secos, para a bacia hidrográfica do rio Pirapó. Observou-se o controle orográfico da temperatura e da precipitação, com temperaturas mais brandas e totais pluviométricos mais elevados nas cabeceiras. Inversamente, os setores mais baixos apresentam temperaturas mais elevadas, chuvas com menores totais anuais e mais concentradas em chuvas máximas em 24 horas, principalmente no período do verão, condição que o autor atribui à atuação predominante das correntes perturbadas de noroeste.

Os resultados de Andriucci, Sant'Anna Neto e Ferreira (2002) validam os obtidos por Ribeiro (1987). No entanto, verificaram que a pluviosidade não seguiu a lógica sazonal, com alguns trimestres secos e chuvosos em épocas atípicas. Os autores justificam tal irregularidade como típica das regiões de transição zonal dos climas, como é o caso da bacia do rio Pirapó, e que tais características climáticas expõem esta área à elevada vulnerabilidade na perda dos rendimentos agrícolas.

A atualização de dados e a ampliação do número de postos pluviométricos para a caracterização da pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó foi realizada por Baldo, Dziubate e Galiani (2012) e Terassi (2012), mostrando que a distribuição espacial em todas as escalas apresenta um padrão de maiores totais e frequência da pluviosidade na porção montante e uma redução significativa em direção à jusante. Convergência que a dinâmica atmosférica regional, revelada em estudos anteriores, responde pela concentração de chuvas na primavera e verão e uma redução significativa nos meses de outono e inverno, e que, portanto, o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro são os meses com as maiores médias pluviométricas, enquanto de abril a agosto verifica-se uma redução da pluviosidade média.

Braido, Zandonadi e Silveira (2004) determinaram que a média anual de precipitação pluviométrica para a bacia hidrográfica do rio Paranapanema III é de 1384 mm, com o trimestre mais chuvoso em janeiro, fevereiro e dezembro, e o mais seco em junho, julho e agosto. Para uma série histórica que compreendeu o período de 1975 a 2003, determinaram que o ano mais chuvoso foi 1983, em condições de El Niño, e o mais seco foi 1985, que foi caracterizado pela ocorrência da anomalia La Niña. Braido et. al (2006) ressalta ainda a variação sazonal da pluviosidade, com o verão (449,7 mm) e a primavera (421,4 mm) sendo o período mais chuvoso e o outono (282,8 mm) e o inverno (219,6 mm) com a menor pluviosidade média.

Zandonadi, Braido e Silveira (2004) mostram que a bacia hidrográfica do rio Paranapanema IV apresenta uma média pluviométrica anual de 1373,3 mm para toda a área e indicaram que há uma maior concentração das chuvas nos meses que denominaram como verão, com uma pluviosidade média para toda a área de 499,4 mm, sendo que o período do inverno obteve médias inferiores a 177 mm. Indicaram também, a partir da metodologia de anos - padrão de Sant'Anna Neto (1990), que os anos mais chuvosos foram 1983 e 1997, com associação à ocorrência do fenômeno El Niño, e que os anos mais secos foram 1985 e 1988, que estiveram condicionados a atuação do La Niña.

Carmello (2013) analisou a variabilidade das chuvas na vertente paranaense do rio Paranapanema e sua relação com a produtividade da soja. Teve como parâmetro o ano agrícola de 1999/2000 escolhido como seco e como o mais representativo daqueles que apresentaram os menores rendimentos agrícolas, enquanto o ano agrícola de 2009/2010 destacou-se pelos maiores rendimentos agrícolas associados ao um aumento da pluviosidade. Visualizando seu recorte, nota-se que o comportamento das isoietas para as bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV estão em concordância como os trabalhos anteriores e seguem o comportamento de maior pluviosidade no setor montante, sobretudo no que Andriucci, Sant'Anna Neto e Ferreira (2002) denominam de Alto Pirapó, e uma redução significativa no setor noroeste da bacia hidrográfica Paranapanema IV.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização

A unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV está situada no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2012), entre paralelos de 22°30' S e 23°30' S e os meridianos de 51°00' W e 53°00' W, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná. A área das bacias abrange uma superfície aproximada de 13026 km², sendo que a extensão individual da bacia hidrográfica do Pirapó é de 5067 km², a do Paranapanema III é de 3776 km², e a do Paranapanema IV, 4183 km² segundo o ITCG (2013), como mostra a **Figura 1**.

As águas das três bacias hidrográficas desaguam no curso principal do Rio Paranapanema, bacia hidrográfica de ordem maior (145511 km²), que tem sua nascente na porção sudeste do Estado de São Paulo, em uma altitude média de 930 metros, e tem sua foz no rio Paraná, com altitude média de 240 metros, após percorrer uma distância de aproximadamente 900 km. O curso principal do rio Paranapanema é uma fronteira natural entre os Estado de São Paulo e Paraná, que desde 2010 compartilham, através do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Instituto de Águas do Paraná, da gestão do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Dentre as divisões dos comitês, destaca-se o Comitê de Bacia Hidrográfica Piraponema, regulamentado pelo decreto estadual número 2445, de 03 de março de 2008, e que é responsável pela gestão das águas das bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV (CBH-PARANAPANEMA, 2014).

O rio Pirapó tem suas nascentes nas proximidades da cidade de Apucarana (800 metros) e sua foz no rio Paranapanema (240 metros), percurso que tem aproximadamente 250 km. O seu maior afluente (margem direita) é o Rio Bandeirantes do Norte, que possui 149 km de extensão, nasce no município de Araçongas e desemboca no Rio Pirapó, nas divisas dos municípios de Paranacity, Lobato e Colorado. Os outros principais afluentes da margem direita do rio Pirapó são: Ribeirão Lajeado, Ribeirão da Ilha, Ribeirão Pau d'álho, Ribeirão Valência e Rio Ipiratininga. Os principais afluentes da margem esquerda são: Ribeirão dos Dourados, Ribeirão Sarandi, Ribeirão Jacupiranga, Ribeirão Caxangá e Ribeirão do Vagalume (MARTINEZ, 2005).

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema III é formada pela drenagem direta de 12 tributários que desaguam no curso principal do rio Paranapanema, entre a foz do rio

Tibagi, próxima a represa da Usina Hidrelétrica de Capivara, passando pela represa da Usina Hidrelétrica de Taquaruçu, até a foz do rio Pirapó. A bacia hidrográfica do rio Paranapanema IV, localiza-se a leste do rio Pirapó e sua área de drenagem corresponde à área de 15 tributários que vão desde a foz do Ribeirão Francisco, passando pela represa da Usina Hidrelétrica de Rosana, até o limite da foz do Paranapanema e seu desague no curso principal do rio Paraná, nas proximidades da foz do Ribeirão do Tigre (ITCG, 2013).

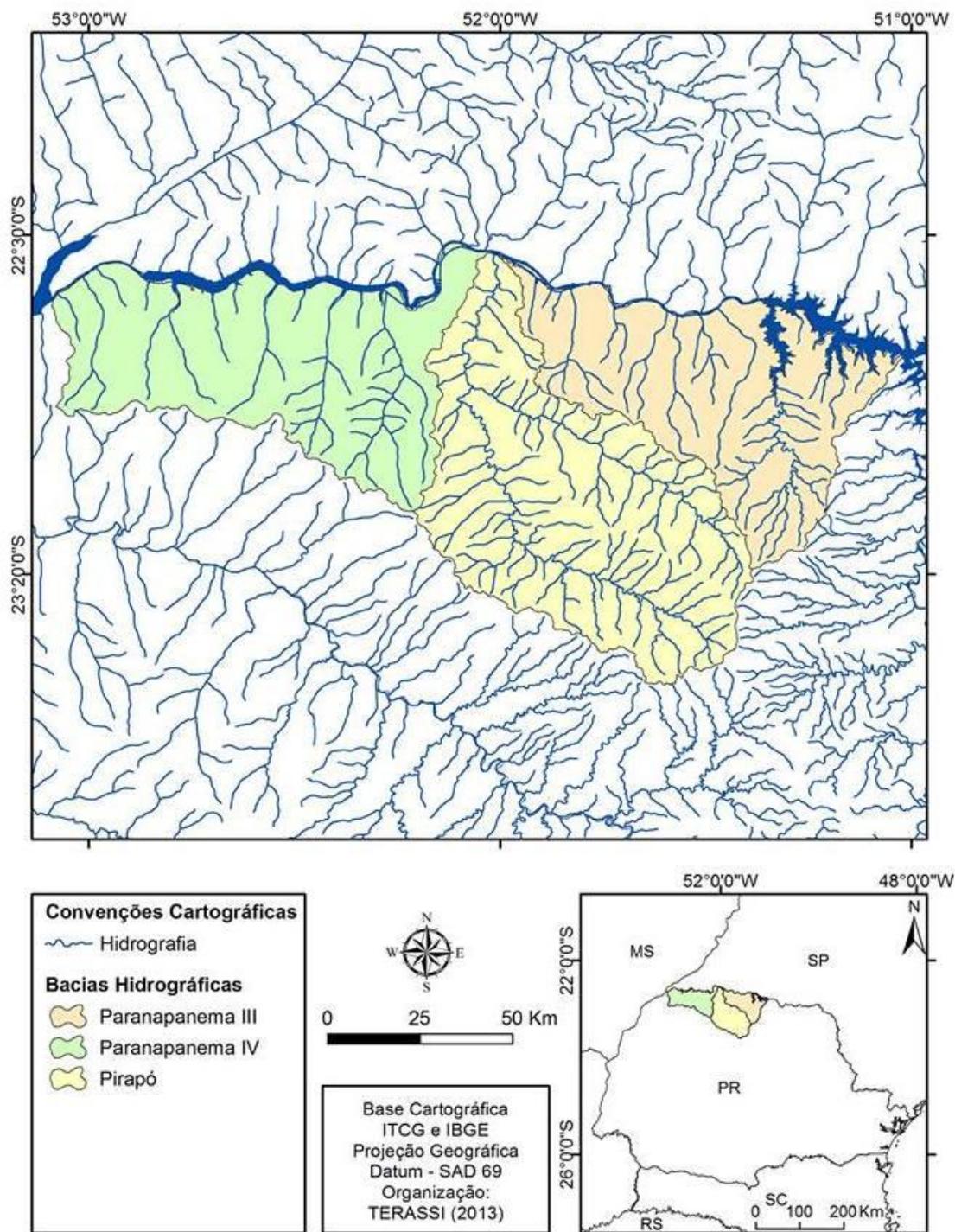


Figura 1 - Localização da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

2.2 Aspectos físicos

As bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV estão situadas nas seguintes unidades litológicas: o basalto originado pelos derrames de lava da Formação Serra Geral, correspondente ao grande derrame jurássico - triássico da era mesozóica de rochas eruptivas básicas do Grupo São Bento, e que recobrem significativas porções das bacias hidrográficas do Pirapó e Paranapanema III; as rochas areníticas do Grupo Bauru, formadas no período cretáceo da era mesozóica: as Formações Adamantina e Santo Anastácio, que estão situadas predominantemente em porções da bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema III, enquanto as rochas da Formação Caiuá, também pertencente a esse mesmo grupo, recobrem a porção média e inferior da bacia hidrográfica do Pirapó, a porção nordeste da bacia hidrográfica do Paranapanema III e próximo à totalidade da bacia hidrográfica do Paranapanema IV. Verificam-se também alguns setores com coluviões derivados das formações Caiuá e Santo Anastácio e de depósitos aluviais (aluviões em terraços e aluviões atuais) da era cenozoica e do período quaternário (THOMAZ, 1981; MINEROPAR, 2001), conforme mostra a **Figura 2**.

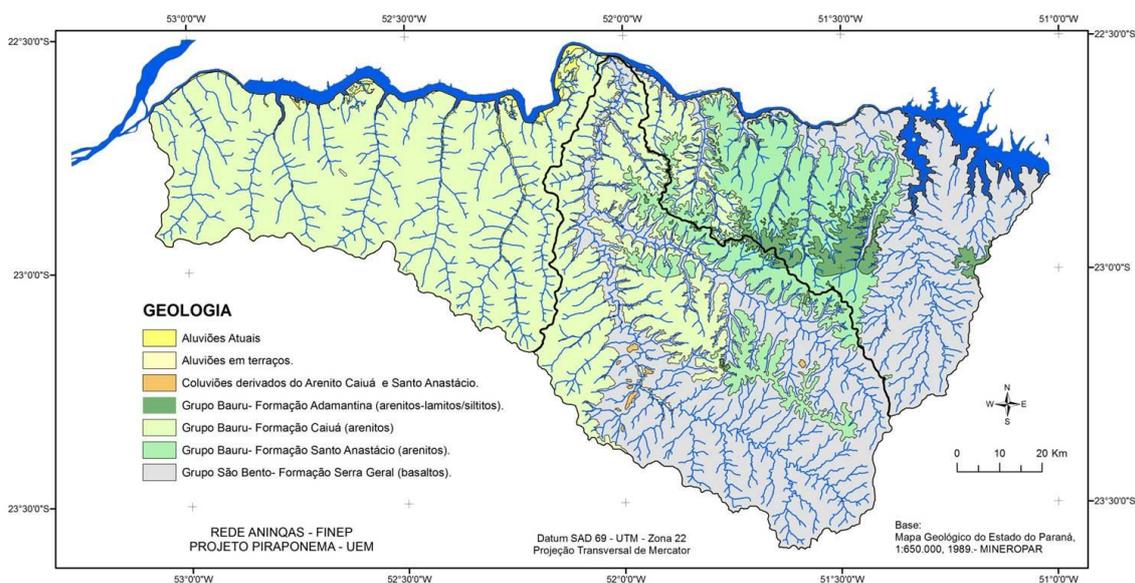


Figura 2 - Unidades litológicas da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Quanto às cotas altimétricas e a declividade do relevo, as bacias hidrográficas possuem diferentes características. A bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta em sua porção montante cotas altimétricas que variam entre 800 a 900 metros e as maiores classes de declividade (superiores a 20%), ao passo que a porção média e inferior tem uma hipsometria que varia de 200 a 300 metros e declividades inferiores a 6 % (**Figuras 3 e 4**).

A bacia hidrográfica do Paranapanema III tem seus maiores valores hipsométricos, entre 600 a 700 metros, no seu divisor de águas com a bacia hidrográfica do rio Pirapó, e as maiores declividades (20 a 30%) a nordeste no seu divisor de águas com o rio Tibagi e, em contraponto, verifica-se que ocorrem menores cotas altimétricas (entre 300 a 400 metros) e menores declividades (0 a 6%) nas proximidades do curso principal do rio Paranapanema (**Figuras 3 e 4**).

A bacia hidrográfica Paranapanema IV é a porção da área de estudo com as menores cotas altimétricas, com seus valores máximos entre 500 a 600 metros e, predomínio de cotas altimétricas entre 300 a 400 metros e declividade predominantes entre 0 a 6% (**Figuras 3 e 4**).

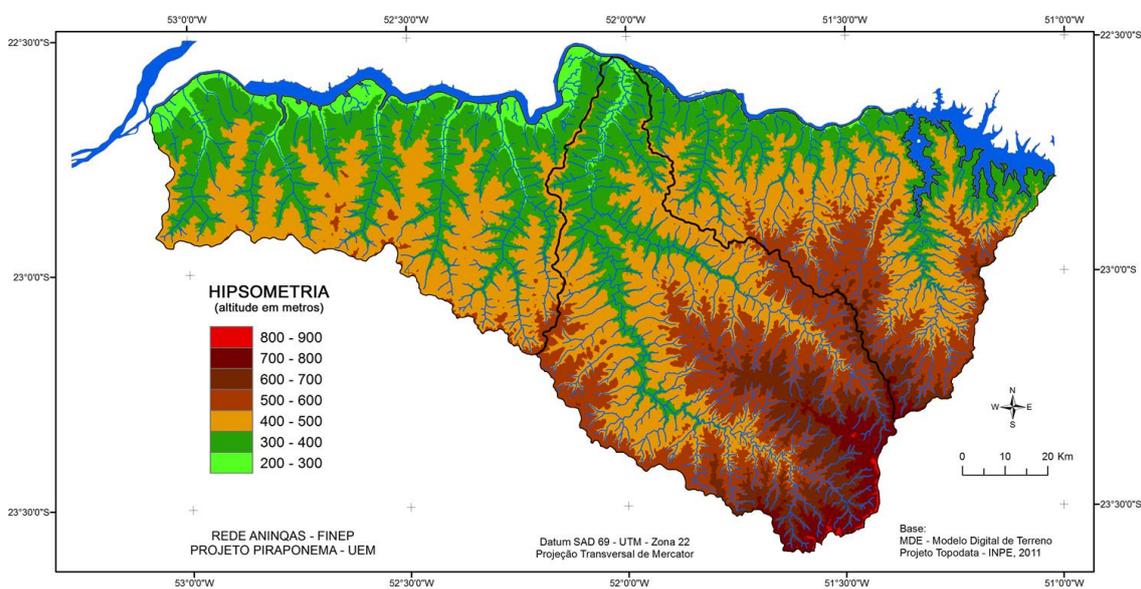


Figura 3 - Hipsometria da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

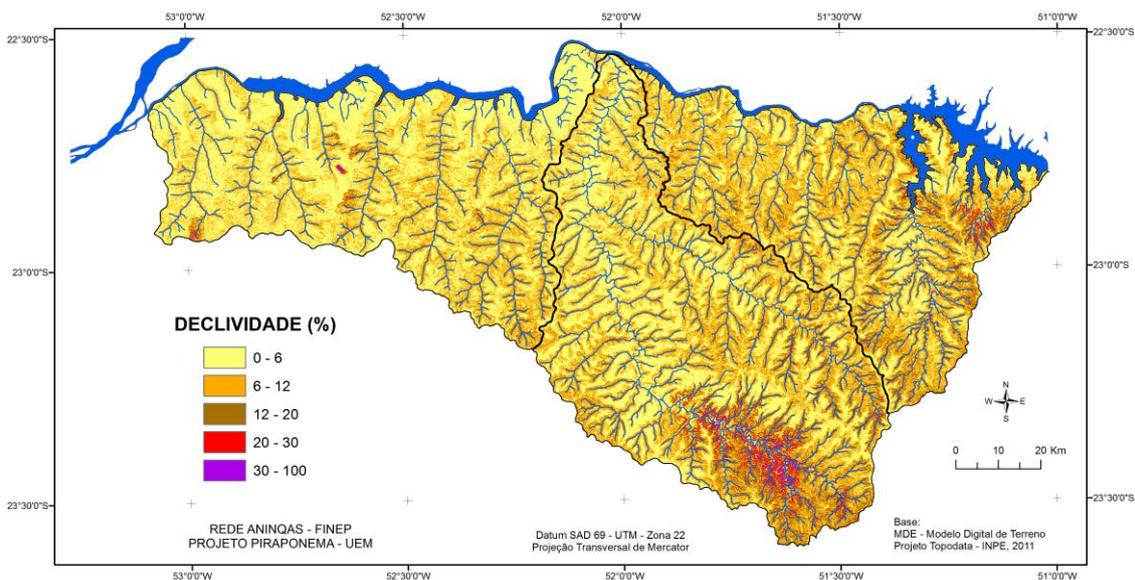


Figura 4 - Declividade da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

As diferentes características de formações litológicas e relevo são condições predominantes para a diversidade da cobertura pedológica nas bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV. Nos setores onde os solos são oriundos da alteração de rochas básicas (basalto) da Formação Serra Geral são encontrados os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho textura argilosa, em áreas com declividade predominante de 0 a 6%; o Latossolo Vermelho férrico textura argilosa em áreas de declive entre 6 a 12%; Nitossolo Vermelho férrico textura argilosa em declives que vão de 6 a 20%; e o Neossolos Litólicos e/ou Regolítico em áreas com maior declividade (acima de 20%), na porção montante da bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema III. Na região das formações areníticas, os solos derivados dessas rochas são predominantemente os Latossolos Vermelhos de textura média, em áreas de relevos planos a suaves ondulados (0 a 6%), e os Argissolos Vermelho de textura arenosa/média, em porções com maiores declividades (acima de 6%). Alguns setores estão recobertos pelo Gleissolo, associados a relevos planos a suaves ondulados, de declividade entre 0 a 6%, e condições de hidromorfia (**Figura 5**) (EMBRAPA, 2007).

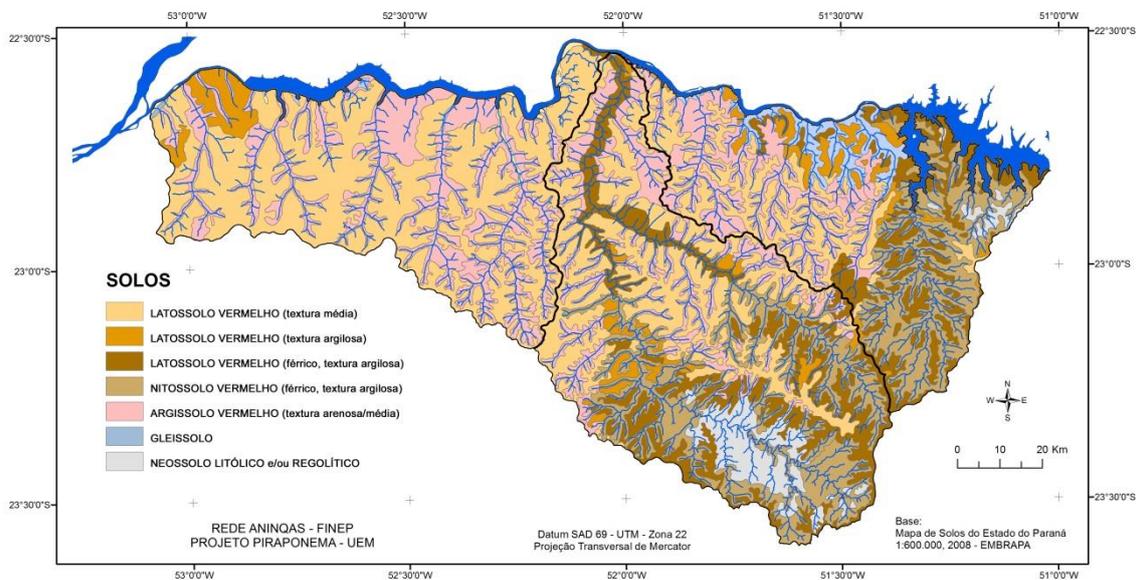


Figura 5 - Distribuição dos tipos de solos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O Instituto Agrônomo do Paraná (CAVAGLIONE et al., 2000), utilizando-se do método de Köppen (1918), definiu a tipologia climática das regiões Norte e Noroeste do Estado, nas quais estão situadas as bacias hidrográficas em estudo, como de clima Cfa (Subtropical quente), por apresentarem temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C. Apresentam-se verões

quentes com tendência de concentração das chuvas, invernos com geadas pouco frequentes, e sem estação seca definida (**Figura 6**).

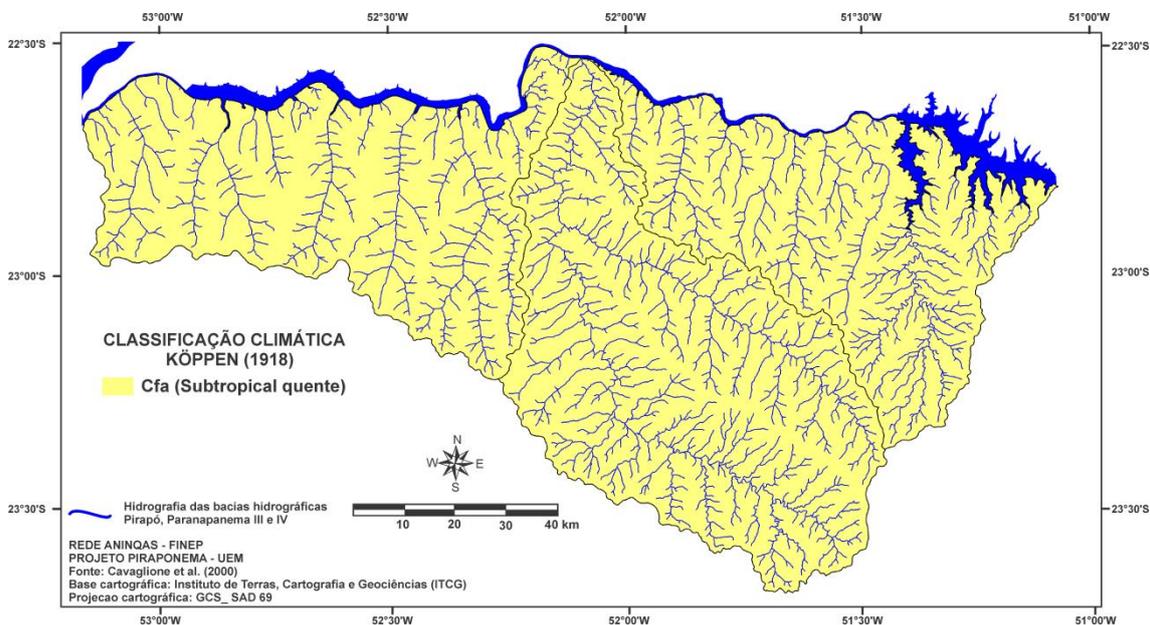


Figura 6 - Classificação Climática de Köppen (1918) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Contudo, os estudos de Terassi e Silveira (2013) identificaram para a bacia hidrográfica do rio Pirapó as tipologias Cfa (Subtropical quente) nos setores acima de 650 metros e Ama (Tropical com inverno seco) nas porções de menores cotas altimétricas, nas quais a temperatura do mês mais frio encontra-se entre 18°C e 22°C e a do mês mais quente acima dos 22°C, com precipitação pluviométrica concentrada nos meses de verão e significativa redução nos meses de inverno. A obtenção de tais tipologias climáticas demonstra nitidamente um quadro de transição climática (do subtropical para o tropical) existente na área de estudo, fator que regula a dinâmica atmosférica, inclusive, das demais bacias hidrográficas, Paranapanema III e IV.

As características de solos, relevo e clima estão refletidas nas formações fitogeográficas. A vegetação natural predominante nas bacias hidrográficas do rio Pirapó, Paranapanema III e IV é classificada como remanescente da Floresta Estacional Semidecidual (Montana, Submontana e Aluvial), também conhecida como Mata Atlântica de interior. A Floresta Estacional Semidecidual caracteriza-se por estar em um clima com duas estações definidas, uma chuvosa e outra seca, fator determinante de uma forte estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, como resposta ao período de deficiência hídrica (TROPMAIR, 1990; RODERJAN et al., 2002).

Verifica-se em uma porção de menor ocorrência, a presença de savana arborizada (cerrado) situada no setor leste da bacia hidrográfica do rio Pirapó, em uma área acima de 650 metros de altitude, e que conforme descrito por Paula (2008) são cerrados relictuais que estão no interflúvio Pirapó/Bandeirantes. Ainda, existem porções classificadas como de Formações pioneiras com influências fluviais, também conhecidas como vegetações de várzeas, que estão situadas na bacia hidrográfica Paranapanema IV, e que estão associadas à saturação hídrica sazonal (KOZERA et al., 2009) (**Figura 7**).

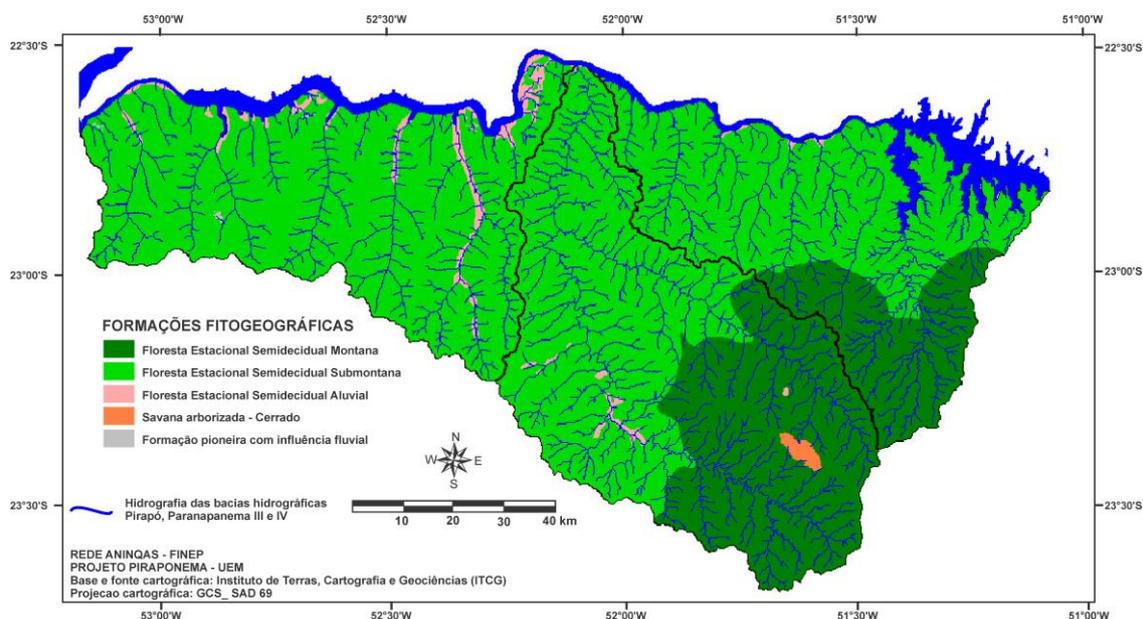


Figura 7 - Formações fitogeográficas da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

2.3 Aspectos humanos

As bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV estão inseridas totalmente ou parcialmente em 58 municípios situados nas mesorregiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná (**Figura 8**). Neste item serão apresentados os aspectos humanos com a caracterização da colonização regional, as relações entre o uso e ocupação do solo, o contexto histórico e as potencialidades naturais, e por fim, serão revelados aspectos demográficos e econômicos atuais. Esse conhecimento das características humanas da área de estudo visa também oferecer subsídio para o planejamento ambiental e territorial, através da prospecção da ocorrência de eventos extremos de pluviosidade e erosividade das chuvas e, por conseguinte, a minimização de perdas econômicas e ambientais.

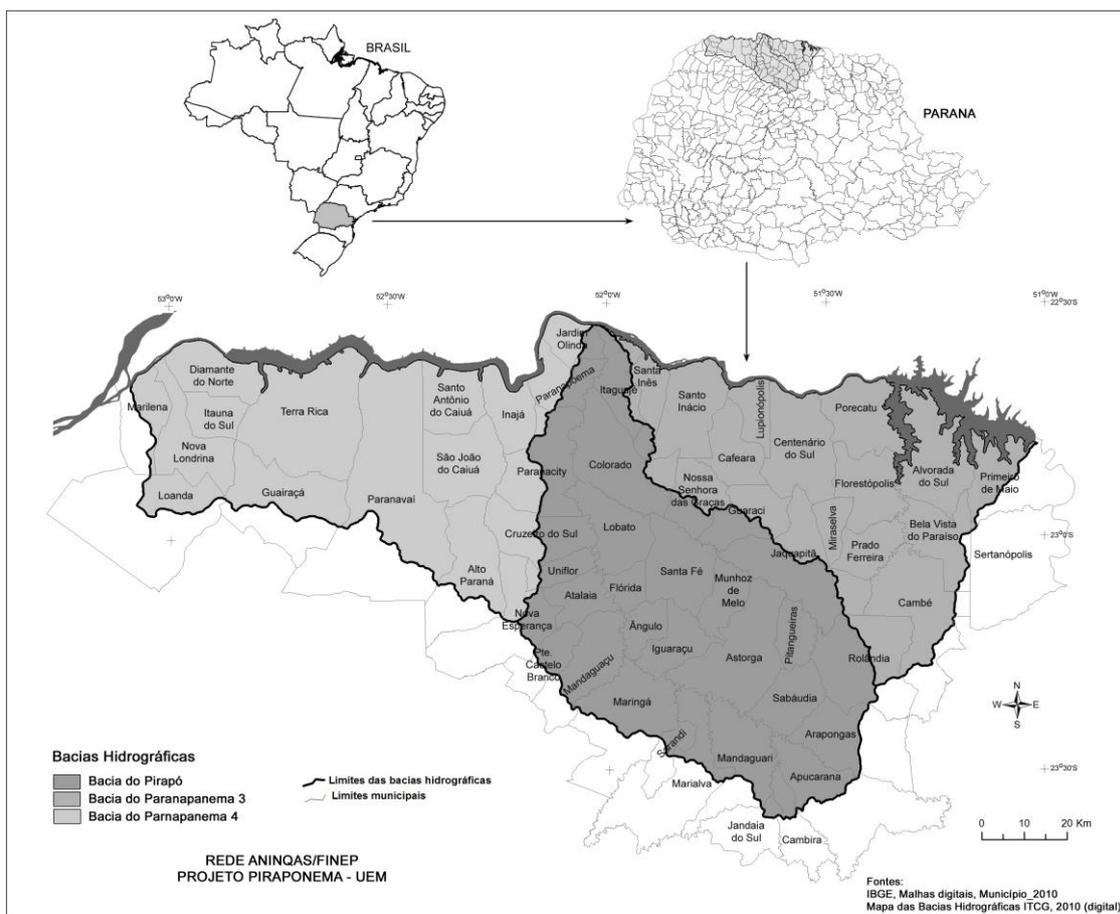


Figura 8 - Divisão administrativa dos municípios inseridos na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Para a compreensão do processo de colonização dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Pirapó é necessário entender o histórico das mesorregiões Norte Central e Noroeste, nas quais tais unidades administrativas estão inseridas. Segundo Moro (2003), a ocupação das terras do Norte Central e Noroeste do Paraná foi norteada por diretrizes básicas definidas pelo Estado. Dentre as empresas colonizadoras que atuaram no parcelamento do solo norte paranaense, a Companhia de Terras Norte do Paraná, que após a década de 1940 passaria a se chamar Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, que teve destaque e foi a principal propulsora do processo de ocupação das terras do Norte paranaense.

Padis (1981) indica que junto aos fatores físicos e econômicos foram significantes para o processo de Colonização: a qualidade das terras (Terra Roxa, hoje o Nitossolo), clima favorável ao plantio de café, a situação da economia internacional (crise de 1929), a crise na cafeicultura paulista nesse período e o conseqüente surto industrial de São Paulo. As regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná tiveram a produção de café como elemento catalisador da ocupação, pois o café foi o principal

produto da economia brasileira nas primeiras décadas do século XX, sendo que a mesorregião Norte Central era a principal área produtora (CANCIAN, 1981).

Como aponta Arias Neto (1998), a produção de café deu significado para a região Norte do Paraná de “Eldorado Cafeeiro”, por conta da riqueza que representava sua produção e dos baixos preços a que essas terras eram vendidas, principalmente pelo padrão de loteamento em pequenas propriedades. A idéia da “terra ao alcance de todos” mobilizou grande contingente de migrantes “nacionais” para o Norte do Paraná, repercutindo em um significativo aumento demográfico regional. Por sua vez, a mesorregião Noroeste foi à última fronteira de expansão da cafeicultura no Paraná, sendo que o café demarcou a ocupação produtiva e dinamizou a economia da região e, conseqüentemente, a população cresceu e vários municípios foram surgindo e marcando a trajetória do avanço das lavouras de café nestas áreas (ENDLICH, 2006).

Após sucessivos eventos climáticos desfavoráveis, como a seca ocorrida em meados da década de 1960 e a ocorrência da geada “negra” em 1975, e com os incentivos fiscais do governo para erradicação dos cafezais, houve o declínio do ciclo econômico do café e o avanço da modernização da agricultura em todo o norte e noroeste do Paraná. A modernização agrícola gradativamente se faz presente, trazendo o modelo de desenvolvimento conduzido pelo complexo industrial, no qual a atuação das cooperativas agropecuárias foram fatores decisivos para o progresso econômico do território (SERRA, 2009).

As mudanças técnicas agrícolas ocorridas diante do acelerado processo de substituição das culturas desencadearam uma série de transformações na estrutura agrária e, conseqüentemente, nos aspectos socioeconômicos da organização do espaço rural. O padrão de pequenas propriedades deu espaço à concentração de terras (latifúndios) justamente porque os proprietários dos minifúndios não estavam equipados para se adequarem à inserção das novas culturas (FAJARDO, 2008).

Moro (1991) coloca que no Norte paranaense a cafeicultura foi abruptamente substituída pelo plantio de soja, milho e trigo. Sobre a Mesorregião Noroeste, Nóbrega e Serra (2009) e Serra, Nóbrega e Andrade (2012) fazem referência às limitações dos solos derivados do arenito Caiuá como empecilhos para a exploração dos cultivos de lavouras anuais levando a pecuária de corte e a cana-de-açúcar a se constituir como atividade agropecuária predominante. A **figura 9** revela as atuais características predominantes do uso da terra para as bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV e comprovam as afirmações de Moro (1991), Nóbrega e Serra (2009) e Serra,

Nóbrega e Andrade (2012). Identificou-se o padrão predominante do uso por pastagens nas regiões onde predominam os solos provenientes de formações compostas por arenitos, sobretudo na bacia hidrográfica Paranapanema IV, mesorregião Noroeste. A utilização da terra por culturas (soja, milho e trigo) predomina nas porções das bacias hidrográficas onde ocorre a cobertura pedológica dos solos argilosos originados da Formação Serra Geral.

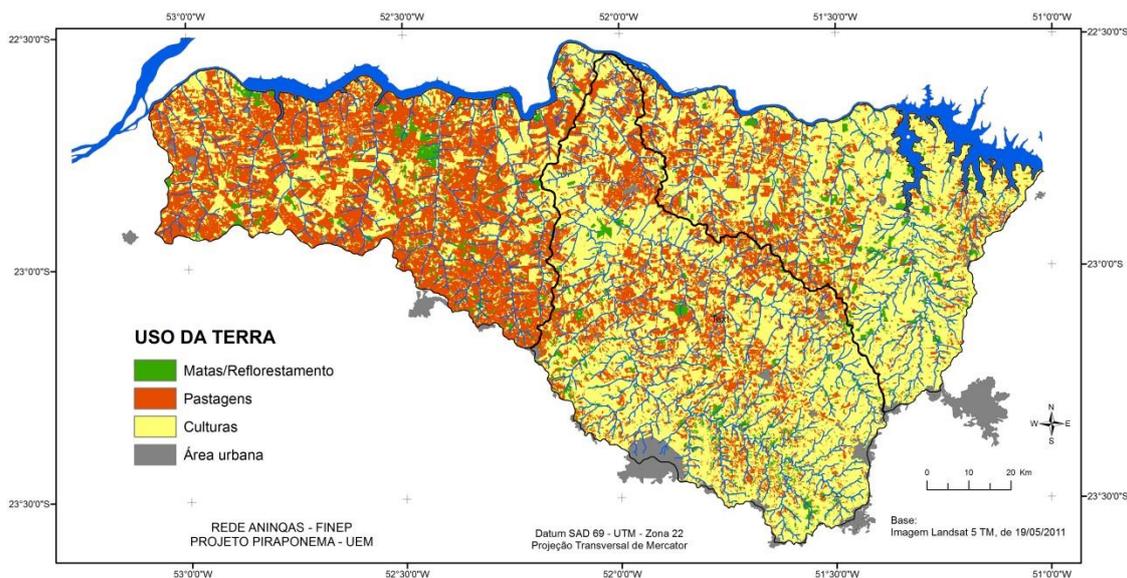


Figura 9 - Uso da terra na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Com a mecanização agrícola ocorreu uma diminuição da oferta de trabalho no campo e redução da necessidade de mão-de-obra. Como resultado desse novo processo de produção mais avançado, as famílias que viviam nas zonas rurais se viram obrigadas a buscar trabalho nas cidades (êxodo rural). Atualmente, o padrão predominante das municipalidades inseridas na bacia hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV é de uma economia composta basicamente por municípios de pequeno porte que têm alta parcela dependente do setor primário (agropecuária), enquanto a economia dos municípios médios está baseada no setor terciário (prestação de serviços). Eventualmente, com casos de indústrias especializadas, alguns municípios apresentaram uma representativa parcela da economia controlada ou tendo como bastante influente o setor secundário, como se observa em Apucarana, Araongas, Colorado, Jaguapitã, Rolândia, Santo Inácio, entre outros (**Tabela 1**).

Os dados do Censo do IBGE (2010) indicaram que a população total dos 58 municípios inseridos parcialmente ou totalmente nas bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV é de 1.389.750 habitantes, sendo que 93% desse total ou

1.293.258 habitantes residem na área urbana. Os municípios mais populosos são Maringá (357.077), Apucarana (120.919), Arapongas (104.150), Cambé (96.733), Sarandi (82.847), Paranavaí (81.590) e Rolândia (57.862), e a grande parcela das municipalidades apresentam a maioria absoluta vivendo em áreas urbanas, conforme indica a **Tabela 1**.

Tabela 1 - População residente e participação setorial na economia dos municípios inseridos na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Município	Demografia			Economia*		
	População total	População urbana	População rural	Setor Primário	Setor Secundário	Setor Terciário
Alto Paraná	13.663	11.221	2.442	41.865	15.634	77.542
Alvorada do Sul	10.283	7.338	2.945	35.939	8.492	81.278
Ângulo	2.859	2.253	606	19.354	2.537	25.255
Apucarana	120.919	114.098	6.821	66.043	402.632	1.088.190
Arapongas	104.150	101.851	2.299	83.716	872.698	1.117.709
Astorga	24.698	22.559	2.139	63.985	59.079	213.824
Atalaia	3.913	3.347	566	19.413	6.562	34.613
Bela Vista do Paraíso	15.079	14.196	883	26.307	20.557	175.985
Cafeara	2.695	2.195	500	20.154	2.128	16.221
Cambé	96.733	92.952	3.781	59.147	426.549	902.795
Cambira	7.236	5.475	1.761	21.056	31.537	55.098
Centenário do Sul	4.563	3.404	1.159	43.675	3.962	27.589
Colorado	22.345	21.005	1.340	41.177	144.703	189.609
Cruzeiro do Sul	11.190	9.334	1.856	31.759	8.338	62.190
Diamante do Norte	5.516	4.551	965	12.454	4.217	28.607
Florestópolis	5.931	5.470	461	23.061	8.921	43.814
Flórida	2.543	2.322	221	8.144	3.698	17.503
Guairaçá	6.197	4.959	1.238	46.979	7.205	36.156
Guaraci	5.227	4.200	1.027	25.395	6.461	29.907
Iguaraçu	3.982	3.559	423	26.914	8.583	32.194
Inajá	2.988	2.761	227	13.317	3.238	16.354
Itaguajé	4.568	3.636	932	17.379	3.493	25.603
Itaúna do Sul	3.583	2.549	1.034	7.921	2.843	23.795
Jaguapitã	12.225	10.380	1.845	54.586	146.649	120.153
Jandaia do Sul	20.269	18.331	1.938	18.766	65.673	183.441
Jardim Olinda	12.324	7.171	5.153	23.168	10.781	85.561
Loanda	21.201	19.274	1.927	29.339	54.009	168.275
Lobato	4.401	4.105	296	24.694	50.445	44.438
Lupionópolis	4.592	4.079	513	14.611	6.686	38.315
Mandaguaçu	19.781	17.585	2.196	50.926	35.765	164.379
Mandaguari	32.658	30.934	1.724	37.328	144.369	276.551
Marialva	31.959	25.792	6.167	74.779	153.189	348.339
Marilena	6.858	4.984	1.874	15.782	5.411	34.311
Maringá	357.077	350.653	6.424	55.771	1.747.303	6.549.106
Miraselva	1.862	1.430	432	6.777	1.478	12.521
Munhoz de Melo	3.672	2.974	698	22.147	3.086	21.234
N. Senhora das Graças	26.615	24.323	2.292	52.821	59.545	235.806
Nova Esperança	3.836	3.182	654	21.429	2.641	20.431
Nova Londrina	13.067	12.014	1.053	16.243	50.831	99.728
Paranacity	10.250	9.469	781	34.135	71.125	80.162
Paranapoema	2.791	2.500	291	11.749	2.725	17.123
Paranavaí	81.590	77.728	3.862	85.631	245.781	737.076
Pitangueiras	2.814	2.040	774	22.000	3.072	20.321

Porecatu	14.189	11.442	2.747	15.216	37.753	111.305
Prado Ferreira	3.434	3.015	419	14.895	14.059	28.222
Pres. Castelo Branco	4.784	4.197	587	21.620	6.581	32.591
Primeiro de Maio	10.832	10.083	749	36.456	10.552	105.673
Rolândia	57.862	54.749	3.113	67.563	481.480	670.867
Sabáudia	6.096	5.097	999	41.489	29.465	63.108
Santa Fé	10.432	9.232	1.200	34.024	31.000	87.220
Santa Inês	1.818	1.192	626	13.370	1.466	13.062
Santo Antônio do Caiuá	2.727	2.123	604	9.742	2.054	15.046
Santo Inácio	5.269	4.200	1.069	30.021	77.281	75.328
São João do Caiuá	5.911	5.039	872	22.431	4.585	32.606
Sarandi	82.847	82.146	701	15.465	160.398	501.230
Sertanópolis	15.638	13.711	1.927	46.249	75.568	183.987
Terra Rica	15.221	12.370	2.851	46.601	62.826	100.124
Uniflor	1.987	479	2.466	9.378	2.185	16.744
Total	1.389.750	1.293.258	97.450	1.852.356	5.911.884	15.616.215

Fonte: IBGE (2010) e IPARDES (2013).

* Valores em R\$1.000,00.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A **Figura 10** representa o fluxograma teórico-metodológico que mostra a estrutura da pesquisa e a sequência adotada. Este esboço metodológico apresenta, portanto, a forma em que a pesquisa está disposta e como as temáticas tratadas e etapas se relacionam. A elaboração das etapas visou integrar as questões levantadas nesta pesquisa e as técnicas adotadas para a obtenção de resultados capazes de indicar as características da pluviosidade e da erosividade na área de estudo, tendo em vista o planejamento territorial e ambiental, pautando-se da relação entre clima, dinâmica ambiental e organização do espaço, e do desempenho do clima enquanto fenômeno geográfico, conforme aponta Sant'Anna Neto (1998, 2008).

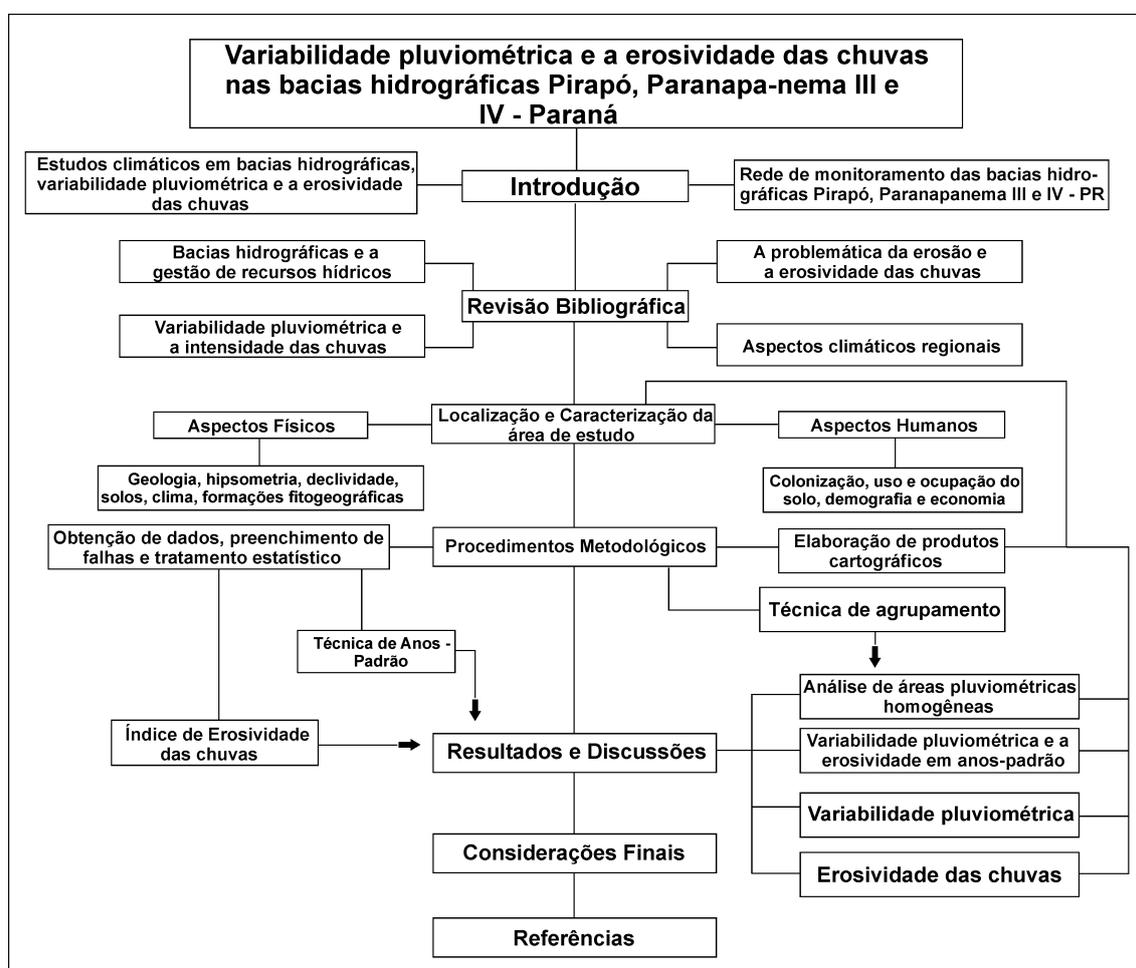


Figura 10 - Fluxograma teórico-metodológico de apresentação da dissertação.

3.1 Obtenção de dados, preenchimento de falhas e tratamento estatístico

Foram obtidos os dados de chuva de trinta e cinco postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e de cinco estações meteorológicas, sendo três da rede do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) em Bela Vista do Paraíso, Londrina e Paranavaí, uma da rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), em Maringá, e uma da rede do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), em Apucarana, trabalhados com segmento temporal de 1976 a 2012. Os dados dos postos e estações meteorológicas que estão ao entorno das bacias hidrográficas foram utilizados na busca de uma melhor distribuição espacial da precipitação pluviométrica e da erosividade das chuvas e, também, considerando a importância destes para o preenchimento de falhas. Os postos pluviométricos e estações meteorológicas foram escolhidos a partir de uma análise preliminar que considerou a qualidade dos dados disponibilizados (sequência contínua) e as semelhanças entre as características climáticas e a hipsometria (**Tabela 2 e Figura 11**).

Para a realização do tratamento estatístico das séries históricas de precipitação dos postos pluviométricos procedeu-se o preenchimento das falhas existentes para a escala mensal através da utilização da planilha eletrônica Excel 2010. 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, segundo Oliveira et al. (2010), é amplamente utilizado para fazer esta estimativa e tem como base o registro pluviométrico de três postos localizados o mais próximo possível do posto em que se verifica a falta de dados. Ainda, conforme ressaltam Leivas, Berlato e Fontana (2006), para o preenchimento de falhas houve a preocupação em selecionar postos com características pluviométricas (distribuição mensal e os totais anuais) e altitudes semelhantes.

A precipitação estimada é então determinada 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**). Os postos vizinhos foram selecionados em conformidade com a altitude aproximada e menor distância em relação ao posto pluviométrico com dados faltantes.

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

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.

Após o preenchimento de falhas, foi aplicada a estatística descritiva para todos os dados obtidos nos postos utilizando os respectivos parâmetros: média aritmética, máxima e mínima absoluta, desvio padrão e coeficiente de variação para a escala diária, mensal, sazonal e anual. O desvio padrão e o coeficiente de variação são índices que mostram a variabilidade dos dados analisados. O desvio padrão é uma medida de dispersão dos valores individuais em relação à média, quanto maior esse índice tanto maior será a variabilidade. O coeficiente de variação é a medida que vale o resultado da divisão do desvio padrão pela média aritmética, cujo resultado mostra o quão maior ou menor o desvio padrão é da média e, portanto, permite comparar os desvios-padrão de regiões com chuvas de diferentes magnitudes (ANDRIOTTI, 2003).

Para a escala anual, verificaram-se as relações entre elementos (pluviosidade), fenômenos (erosividade) e fatores (altimetria) climáticos e foram elaborados gráficos de dispersão e correlação linear gráfica. O coeficiente de determinação (r^2) indicado em todos os gráficos fornece uma informação auxiliar ao resultado da variância da regressão apresentada pela correlação linear gráfica, pois se trata de uma maneira de identificar a validade comparativa entre os componentes avaliados. O valor de r^2 varia no intervalo de 0 a 1, sendo que os valores mais próximos de 1 indicam que ocorre uma adequada relação na descrição do conjunto em análise.

Para determinar o período sazonal utilizou-se o ano civil, tendo assim determinado que a soma dos valores referentes a janeiro, fevereiro e março são os meses de verão, abril, maio e junho correspondem ao outono, julho, agosto e setembro compreendem o período de inverno e outubro, novembro e dezembro enquadram-se na primavera. Estes cálculos, procedimentos estatísticos e gráficos foram executados por meio da planilha eletrônica Microsoft Excel versão 2013, um produto registrado pela Microsoft Corporation.

Tabela 2 - Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações meteorológicas* na bacia hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná.

Número no mapa de localização	Código ANEEL	Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
1	02251038	Alvorada do Sul	22°46'00''	51°13'59''	373
2	02351008*	Apucarana	23°30'00''	51° 32'00''	746
3	02351048	Arapongas	23°24'00''	51°25'59''	793
4	02351051	Astorga	23°14'14''	51°39'41''	572
5	02251027*	Bela Vista do Paraíso	22°57'00''	51°12'00''	600
6	02251037	Cafeara	22°47'16''	51°42'41''	377
7	02351031	Cambé (Prata)	23°03'58''	51°15'40''	438
8	02351043	Cambira (Cruzeiro)	23°39'46''	51°36'09''	601
9	02251069	Centenário do Sul	22°49'22''	51°35'44''	500
10	02251033	Colorado (Alto Alegre)	22°53'53''	51°53'17''	487
11	02252015	Diamante do Norte	22°39'15''	52°51'38''	329
12	02252025	Guairaçá (Fazenda Novo Matão)	22°57'00''	52°47'59''	460
13	02351050	Iguaraçu	23°10'59''	51°49'59''	581
14	02252013	Jardim Olinda	22°33'03''	52°02'11''	318
15	02253013	Loanda (Fazenda Erechim)	22°56'18''	53°03'03''	446
16	02351003*	Londrina	23°22'00''	51°10'00''	585
17	02251042	Lupionópolis (Maira)	22°41'59''	51°38'32''	377
18	2351029	Marialva (São Miguel do Cambuí)	23°36'35''	51°51'36''	372
19	83767*	Maringá (ECPM)	23° 25'00''	51° 57'00''	542
20	02352055	Maringá (Floriano)	23°31'35''	52°03'13''	424
21	2351045	Maringá (Guaiapó)	23°24'00''	51°52'26''	584
22	02352039	Nova Esperança (Ivaítinga)	23°13'19''	52°20'59''	497
23	02352062	Nova Esperança	23°10'59''	52°10'59''	582
24	02252020	Nova Londrina	22°46'00''	52°58'59''	414
25	02252010	Paranacity (Vila Silva Jardim)	22°49'59''	52°06'00''	250
26	02252019	Paranapoema (Fazenda Guanabara)	22°39'39''	52°07'59''	299
27	02252023	Paranavaí (Cristo Rei)	22°43'52''	52°26'47''	400
28	02352052	Paranavaí (Deputado José Afonso)	23°06'49''	52°42'45''	383
29	02252027	Paranavaí (Fazenda Aurora)	22°49'05''	52°31'00''	367
30	02252017	Paranavaí (Fazenda Santo Antônio)	22°39'10''	52°31'05''	333
31	02352017*	Paranavaí	23°05'00''	52°26'00''	480
32	02251023	Porecatu	22°45'17''	51°22'26''	425
33	02251039	Primeiro de Maio	22°51'06''	51°01'55''	370
34	02351053	Rolândia	23°12'00''	51°27'00''	653
35	02351065	Santa Fé	23°02'25''	51°48'20''	485
36	02252024	Santo Antônio do Caiuá	22°44'04''	52°20'38''	327
37	02251041	Santo Inácio	22°41'47''	51°47'23''	373
38	02253008	São Pedro do Paraná (Leoni)	22°47'42''	53°09'33''	419
39	02351032	Sertanópolis	23°03'00''	51°01'59''	380
40	02252022	Terra Rica	22°43'50''	52°36'59''	437

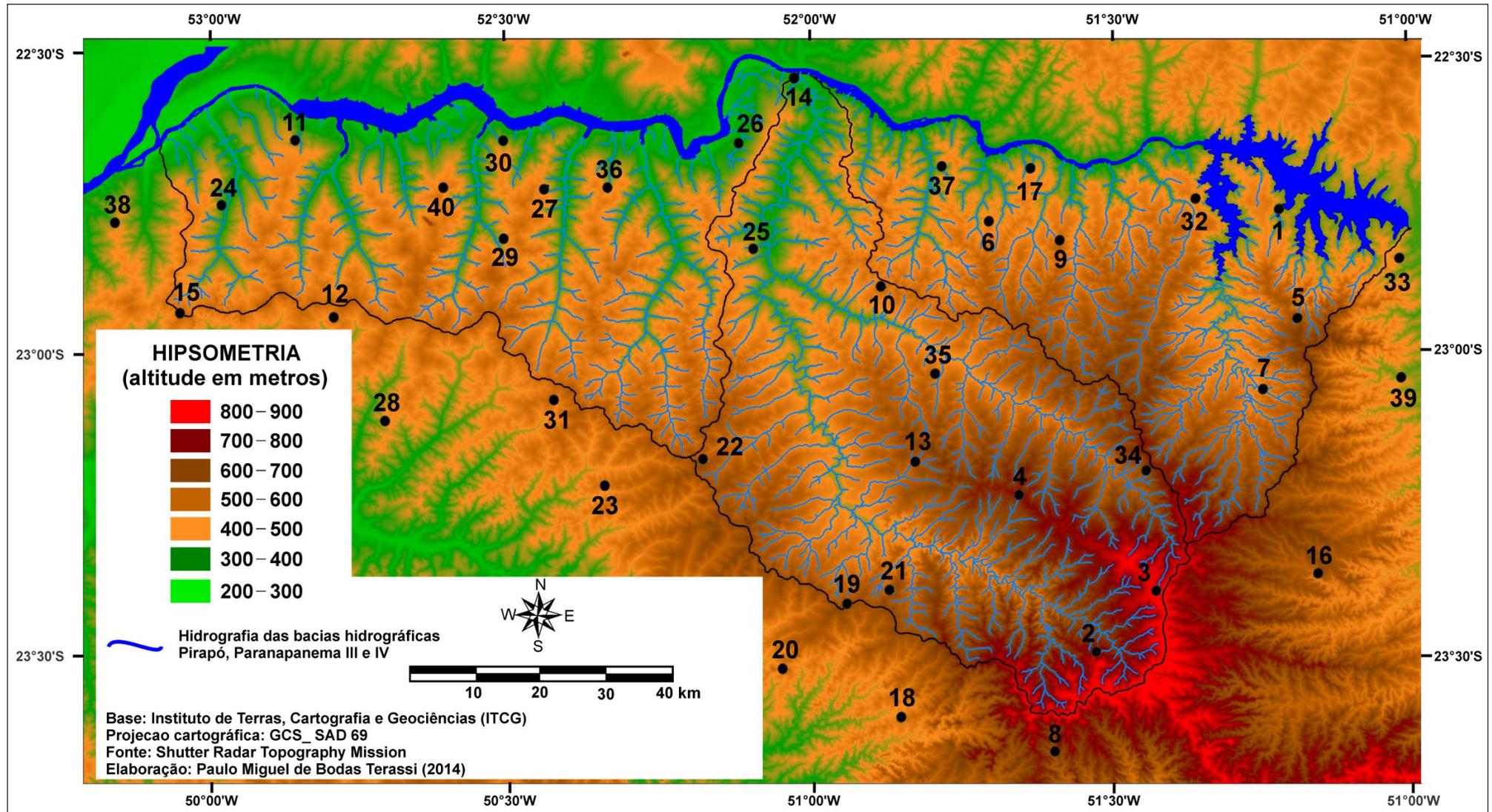


Figura 11 - Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da área de estudo.

3.2 Técnica de seleção de anos-padrão

A técnica de definir os anos de período de estudo em anos-padrão é comumente empregada com o intuito de separar anos que apresentam características semelhantes quanto a uma determinada variável, de forma que esses possam ser considerados como um grupo com características semelhantes e, posteriormente, eleja-se um ano-padrão para representar cada grupo (SILVESTRE; SANT'ANNA NETO; FLORES, 2013). Com o propósito de identificar os anos em que houve uma alteração uniforme para a maioria dos postos pluviométricos e estações meteorológicas, e não simplesmente para a alteração da média anual dos totais pluviométricos, escolheu-se a técnica de anos-padrão para a seleção de anos caracterizados como chuvosos e secos.

Portanto, para a identificação dos anos representativos para o estudo da variabilidade anual pluviométrica e da erosividade das chuvas, foi adaptada a tipologia de determinação de anos-padrão proposta por Monteiro (1976), utilizando dos valores mensais de precipitação de toda série histórica. Com base nesses valores, primeiramente, foi calculado o desvio da precipitação mensal, por meio da equação **(Equação 2)**:

$$DP_m = p - NC_m \quad (2)$$

Onde: DP_m - Desvio da precipitação mensal (mm); p - Precipitação total mensal (mm); NC_m - Normal climatológica do mês (mm).

Posteriormente, ao cálculo do desvio da precipitação, determinou-se o coeficiente de variação do índice de chuva, por meio da equação **(Equação 3)**:

$$CV_m = \frac{DP_m \times 100}{NC_m} \quad (3)$$

Onde: CV_m - Coeficiente de variação da chuva mensal (%); Dpm - Desvio da precipitação mensal (mm); 100 - índice percentual; NC_m - Normal climatológica do mês (mm).

A partir dos valores do coeficiente de variação mensal das chuvas identificou-se o coeficiente de variação anual, usando a equação **(Equação 4)**:

$$CV_a = \frac{\sum_{n=1}^n CV_m}{n} \quad (4)$$

Onde: CV_a - Coeficiente de variação da chuva anual (%); CV_m - Coeficiente de variação da chuva mensal (%); n - número de meses.

Por fim, os valores anuais do coeficiente de variação das chuvas foram submetidos às cinco categorias hierárquicas proposta por Monteiro (1976), que determinaram a classificação dos anos padrão em:

Ano normal - representado por anomalias dentro do intervalo de 15% positivo a 15% negativo;

Tendente a seco - representado por desvios negativos entre 15,1 a 30%;

Ano seco - representado por desvios negativo superiores a 30,1%;

Tendente a chuvoso - representado por desvios positivos entre 15,1 a 30%;

Ano chuvoso - representado por desvios positivo superiores a 30,1%.

3.3 Índice de erosividade das chuvas

O índice de erosividade da chuva utilizado na presente pesquisa foi calculado utilizando os dados de precipitação média mensal e média anual dos trinta e quatro postos pluviométricos e das cinco Estações Meteorológicas para a série temporal de 1976 a 2012 (**Tabela 1**). Para estabelecer os valores do índice de 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 $x = p^2/P$ (pluviosidade média mensal ao quadrado dividido pela pluviosidade média anual), apresentada por Rufino, Biscaia e Merten (1993) para o Estado do Paraná, que identificaram oito regiões isoerosivas. A adaptação não seguiu os critérios utilizados por estes autores para definirem a ocorrência específica de chuvas erosivas e não erosivas, pois se considerou relevante a importância de chuvas de menores expressões para o encharcamento, saturação do solo e, conseqüentemente colaborar, indiretamente na ocorrência da erosividade das chuvas de maiores intensidades.

Os valores determinados por Rufino, Biscaia e Merten (1993) para a área de estudo encontram-se na região isoerosiva três ($Y = 22,05 + 4,21$) para a estação pluviométrica 5 (Bela Vista do Paraíso) e para os postos pluviométricos 1 (Alvorada do

Sul), 7 (Cambé - Prata), 32 (Porecatu), 33 (Primeiro de Maio) e 39 (Sertanópolis) - (**Equação 5**), enquanto os demais trinta postos pluviométricos e quatro estações meteorológicas situam-se na região isoerosiva quatro ($Y = 16,73 + 4,02$) - (**Equação 6**). A manutenção dos respectivos valores de coeficiente linear e coeficiente angular são justificados pelos resultados prévios de densidade de fluxo radiante (**Anexo I - Tabela 10**), que foram similares aos verificados por Rufino, Biscaia e Merten (1993). Estas atribuições que dão parâmetros para as seguintes equações:

$$EI_m = 22,05 + 4,21 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{*9,80665} \quad (5)$$

$$EI_m = 16,73 + 4,02 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{*9,80665} \quad (6)$$

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

Como os valores do índice erosão encontrados para cada estação pluviométrica são expressos na escala mensal, foi necessário a soma dos índices mensais para obtenção dos valores anuais (**Equação 7**). Particularmente no caso da erosividade média sazonal, os valores obtidos para cada estação seguiram os mesmos critérios adotados para a pluviosidade, a soma de três meses do ano civil: janeiro, fevereiro e março para o verão; abril, maio e junho para o outono; julho, agosto e setembro para o inverno; e outubro, novembro e dezembro para a primavera.

$$EI = \sum_{i=1}^{12} EI_m \quad (7)$$

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

3.4 Técnica de agrupamentos

A análise de agrupamentos Cluster faz parte de um conjunto maior de técnicas estatísticas denominadas de análise multivariada e é compreendida como uma técnica utilizada para agrupar grupos homogêneos internamente e heterogêneo entre si. Para o presente trabalho, definiu-se que o método de agrupamento mais adequado para o emprego da análise de agrupamento é o método aglomerativo de Ward, chamado

também de método de inércia mínima, que é um método hierárquico e que possibilita a determinação da distância entre dois grupos a partir da soma dos desvios ao quadrado dos pontos aos centroides, sendo que a atribuição de um elemento a um grupo é feita de modo a minimizar a soma dos quadrados dentro dos grupos. Utilizou-se como medida de proximidade a distância euclidiana, pois se considera como a mais favorável para a representação da similaridade e dissimilaridade de postos pluviométricos e a mais comumente utilizada para a análise de variáveis quantitativas (JAIN; MURTY; FLYNN, 1999). A aplicação do método de agregação de Ward e da distância euclidiana enquanto medida de proximidade foi verificada em diversos autores para o agrupamento de postos pluviométricos, entre eles Baldo (2000), Nery, Martins e Baldo (2002), Andrade (2003), Sousa (2006), Azevedo (2006), entre outros.

Os dados utilizados para essa análise foram os totais anuais de pluviosidade para o período de 1976 a 2012 dos 40 postos pluviométricos e estações meteorológicas. A análise de agrupamento produz um gráfico denominado dendrograma, elaborado pelo aplicativo Statistica versão 7.0¹, e apresenta um resumo de método aplicado passo a passo, unindo os dois primeiros objetos (postos pluviométricos e totais pluviométricos), até o passo final no qual todos os elementos foram agrupados constituindo um único grupo. Após a análise de dados e do agrupamento, foi realizado um ponto de corte que definiu o número de grupos desejados e os respectivos postos pluviométricos e estações meteorológicas.

O corte em relação à distância de ligação permitiu a interpretação dos conjuntos formados pelas árvores de ligação do dendrograma e possibilitou a identificação de padrões de distribuição anual e mensal das chuvas que permitiram a formação de grupos harmônicos e coerentes. Junto ao padrão de regime das chuvas, foram utilizados como critérios as características do relevo, a proximidade espacial de postos pluviométricos e estações meteorológicas e a proximidade destes em relação às árvores de ligação, formando, desta forma, os grupos homogêneos que apresentam as características climáticas regionais. Estas escolhas de parâmetros para a formação dos grupos homogêneos é subjetiva e atendem às necessidades a serem obtidas pelos objetivos propostos para a presente pesquisa.

¹ Statistica é um produto registrado pela empresa StatSoft.

3.5 Elaboração de produtos cartográficos

Para a elaboração das cartas de distribuição da precipitação pluviométrica e da erosividade das chuvas foi utilizado o aplicativo Surfer² versão 9.0. Através do arquivo com o contorno da área de estudo digitalizado, em formato*.bln, utilizando-se dos valores de longitude e latitude, e outro arquivo com os valores calculados, em formato *grid (grade regular), tais como a média, máxima, mínima, desvio padrão e o coeficiente de variação da pluviosidade e da erosividade de cada estação meteorológica e postos pluviométricos, com suas respectivas coordenadas geográficas, foram elaborados os mapas para as diferentes escalas de análise.

O programa Surfer utiliza o método reticulado, para realizar a interpolação de dados, com os quais irá gerar 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, por permitir uma representação mais adequada da continuidade dos fenômenos geográficos e, mais especificamente, do fenômeno pluvial e a erosividade, conforme apontado por Carvalho e Assad (2005); Montebeller et al. (2007) e Silva et al. (2010).

Landim (1997) esclarece que a krigagem compreende um processo para estimar os valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma. O semivariograma infere sobre a medida do grau de dependência espacial entre amostras, expressando o comportamento espacial da variável regionalizada e mostra o tamanho da influência em torno de uma amostra. Como a presente pesquisa recorreu a um número significativo de postos pluviométricos, recorreu-se a elaboração de semivariogramas experimentais que permitiram verificar que a associação do modelo de variograma Nugget Effect com o Exponencial e/ou Esférico foi a mais adequada para as opções avançadas de krigagem, pois combinados demonstraram a menor quantidade de núcleos isolados de isoietas e isoerodentes e os intervalos gerados para estas isolinhas foram as mais próximas em relação aos valores reais dos intervalos máximos e mínimos para a pluviosidade e a erosividade das chuvas.

A carta de hipsometria e de declividade foram elaboradas utilizando-se das informações adquiridas de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission),

² Surfer é um produto registrado pela empresa Golden Software Inc.

elaboradas pela NASA (National Aeronautics and Space Administration). Essas imagens contêm dados topográficos que recobrem o mundo todo e estão disponibilizadas gratuitamente via sitio 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 das bacias hidrográficas dos rios Pirapó, Paranapanema III e IV, foi realizada a carta de hipsometria e de declividade utilizando-se do aplicativo Global Mapper versão 15³. A carta de cobertura vegetal e uso da terra foi elaborada por meio de imagens de satélite LandSat 5 sensor TM que são distribuídas gratuitamente via sitio eletrônico do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e, posteriormente foram classificados os elementos das imagens por máxima verossimilhança (MAXVER) no aplicativo ENVI versão 5.1⁴.

As informações referentes à base cartográfica e às cartas de formações geológicas, tipos de solos, formações fitogeográficas e divisões municipais, que serviram para caracterizar a área, foram acessadas gratuitamente no sitio eletrônico do Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia (ITCG, 2013), em arquivos Shapefile (*.Shp). Estes arquivos foram manipulados e, posteriormente, foram elaboradas as respectivas cartas temáticas no aplicativo ArcGis 10.2⁵. Após essa etapa, todas as cartas foram finalizadas utilizando o aplicativo Corel Draw versão X7⁶.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Variabilidade pluviométrica

Os resultados gerados a partir da descrição estatística básica foram divididos em conformidade com as escalas temporais. Foram mapeados os valores de média, máxima, mínima, desvio padrão e coeficiente de variação para as escalas anual, mensal e diária. Particularmente, a escala diária exigiu a divisão em sub-escalas para a análise detalhada da frequência do número de dias de chuva.

³ Global Mapper é um produto registrado pela empresa Global Mapper Software.

⁴ ENVI é um produto registrado pela empresa EXELIS Visual Information Solutions.

⁵ ArcGis é um produto registrado pela empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute).

⁶ Corel Draw é um produto registrado pela empresa Corel Corporation.

4.1.1 Escala anual

Os resultados da pluviosidade média anual estão representados pela **figura 12**. Observa-se uma significativa variação espacial, com os valores mais elevados das isoietas situadas no setor sul, com média superior a 1.600 mm, ao passo que as médias pluviométricas anuais reduzem-se gradativamente no sentido norte, com valores mínimos das isoietas de 1.300 mm. A distribuição espacial das médias pluviométricas anuais é concordante com as características do relevo regional, com valores mais elevados de pluviosidade nas porções de maiores cotas altimétricas, enquanto que ocorre uma redução destes mesmos valores para os setores de menores altitudes.

A relação entre as alturas pluviométricas das séries históricas utilizadas para espacialização e as altitudes referentes às estações meteorológicas e postos pluviométricos utilizados estão retratadas no gráfico de dispersão e correlação linear gráfica. Embora o valor do coeficiente de determinação (0,5032) não tenha sido satisfatório, observaram-se alguns padrões que demonstram a importância do efeito orográfico para a determinação de maiores alturas pluviométricas anuais. Notou-se que os postos pluviométricos e estações meteorológicas de menores altitudes, inferiores a 500 metros, apresentam média pluviométrica anual inferior a 1.400 mm. Em oposição, os postos pluviométricos e estações meteorológicas com altitudes superiores a 550 metros apresentaram média pluviométrica superior a 1.550 mm (**Figura 13**).

A variação espacial da pluviosidade média anual para a unidade hidrográfica está aproximada aos valores obtidos por trabalhos anteriores. Em estudo para a bacia hidrográfica do rio Pirapó, Ribeiro (1987) obteve uma média de precipitação pluviométrica superior a 1700 mm para o setor sul, de maiores cotas altimétricas, e valores inferiores a 1400 mm para o setor norte, de menores altitudes. Utilizando-se de uma maior série histórica, Terassi (2012) indicou que a bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta uma pluviosidade média anual superior a 1660 mm para o setor sul, e inferior a 1300 mm para o setor norte. Zandonadi, Braidó e Silveira (2006) mostraram que a precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica Paranapanema IV é inferior a 1290 mm para os setores norte e noroeste, onde se encontram as menores altitudes, enquanto que os maiores valores médios anuais de chuvas, superiores a 1500 mm ocorreram nas porções sul e sudeste da bacia, nas porções mais elevadas. Os resultados mais discordantes foram obtidos por Braidó, Zandonadi e Silveira (2008), pois indicaram que a bacia hidrográfica Paranapanema III apresenta uma pluviosidade média anual que

varia de 1415 mm para o setor sul e sudeste, e inferior a 1390 mm para o setor norte. Contrariamente, o mapeamento das médias pluviométricas anuais do presente trabalho apontou para a bacia hidrográfica Paranapanema III isoietas superiores a 1550 mm para os setores sul e sudeste, e inferiores a 1350 mm para o setor norte.

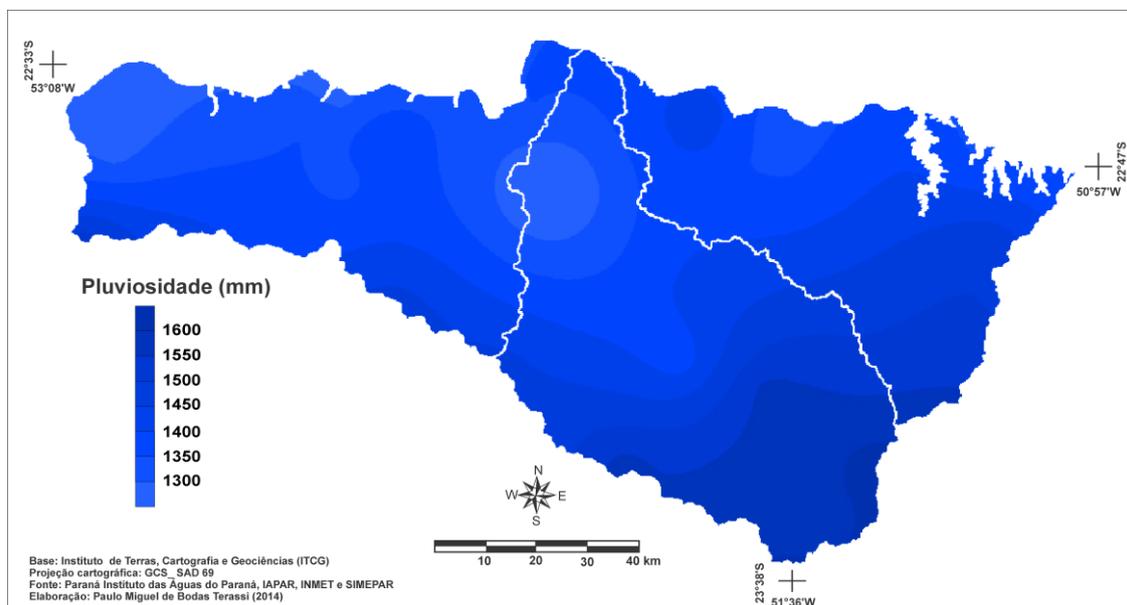


Figura 12 - Distribuição espacial da pluviosidade média anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

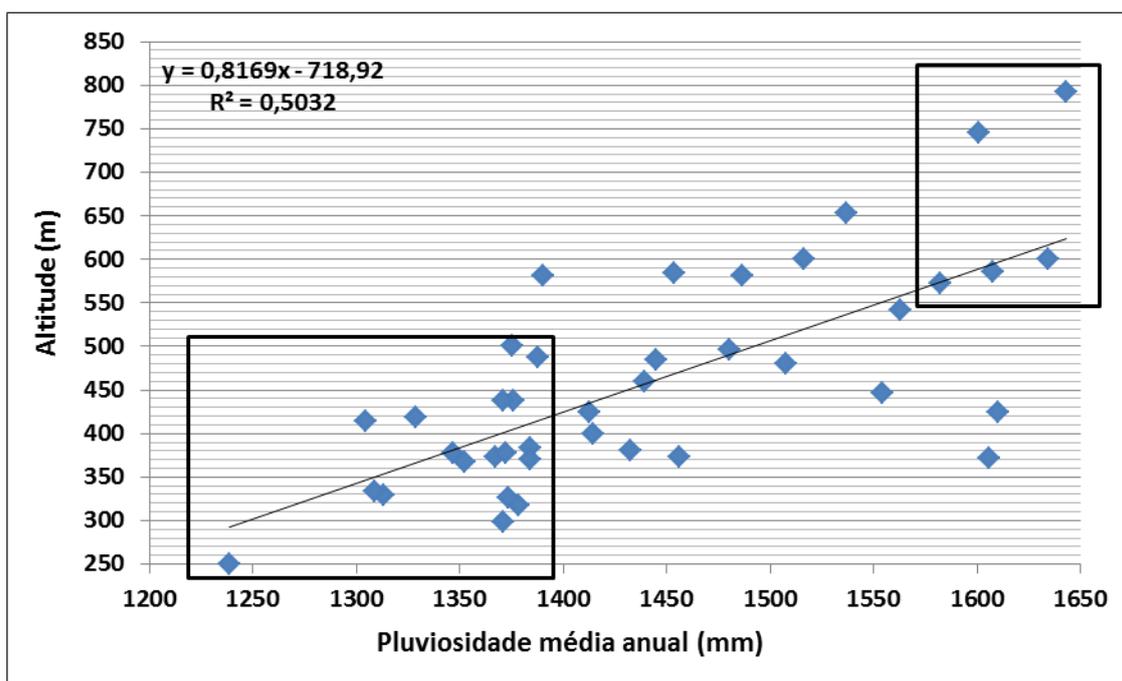


Figura 13 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação média anual e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os valores máximos de pluviosidade máxima anual estão espacializadas no mapa da **figura 14**. As maiores alturas pluviométricas foram observadas no setor sul da unidade hidrográfica, com valores superiores a 2.200 mm e núcleos isolados de pluviosidade superior a 2.300 mm, enquanto que para o setor norte a pluviosidade máxima anual se aproxima dos 1.800 mm. O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica entre a pluviosidade máxima anual e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas (**Figura 15**) indica um padrão de pluviosidade máxima superior 2.200 mm em localidades de altitude aproximada superior a 550 metros e, inversamente, as localidades inferiores a 450 metros apresentaram alturas pluviométricas anuais inferiores a aproximadamente 1.900 mm.

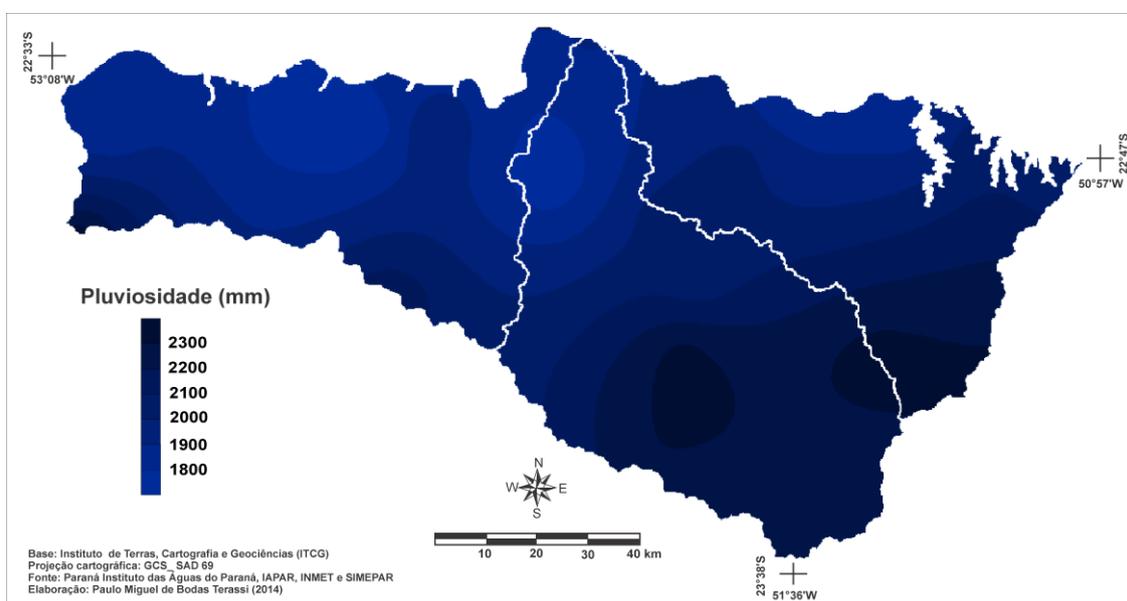


Figura 14 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima anual (mm) para a unidade hidrográfica Pira-pó, Paranapanema III e IV - PR.

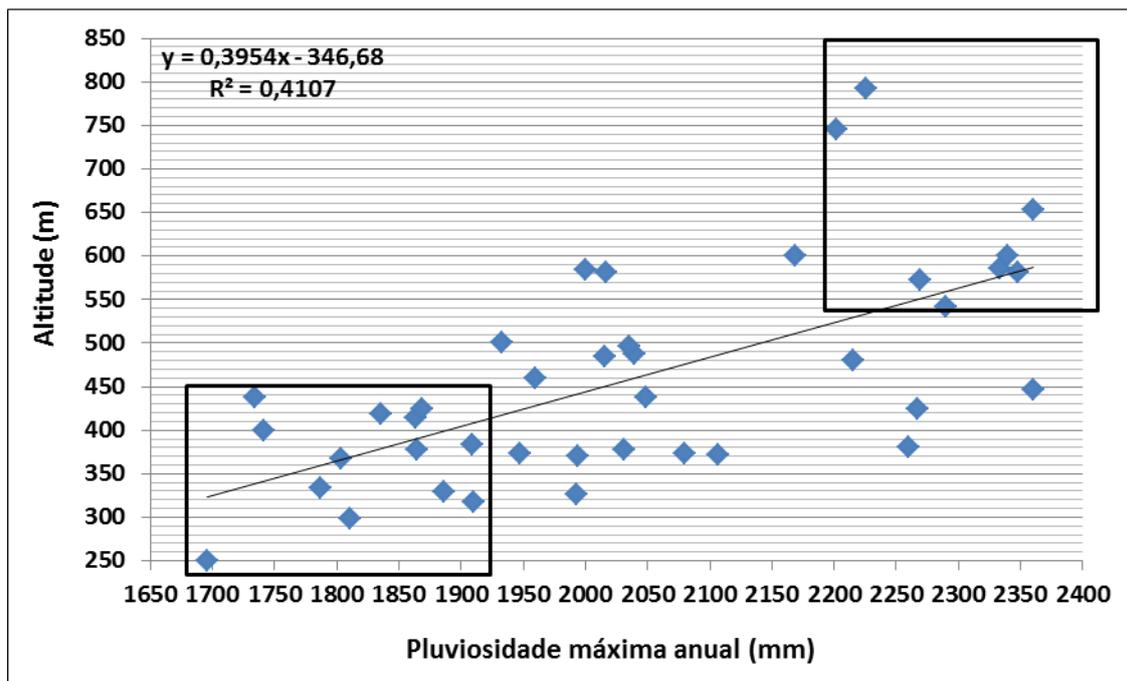


Figura 15 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação máxima anual e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

A **figura 16** indica as áreas de ocorrência dos menores valores de pluviosidade anual. Observa-se que o setor central da unidade hidrográfica apresentou registros de pluviosidade mínima anual inferiores a 900 mm, enquanto que no setor noroeste as alturas pluviométricas mínimas chegam a ser inferiores a 700 mm. As porções sul e leste, que são aquelas que apresentam as maiores médias pluviométricas anuais, mostraram uma pluviosidade mínima anual predominante superior a 1000 mm.

A condição citada acima revela a influência do relevo para a ocorrência dos valores mínimos pluviométricos anuais. O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica representa os registros de pluviosidade mínima anual inferior a 850 mm para os postos pluviométricos e estações meteorológicas com altitude inferior a 450 metros. Diferentemente, as localidades situadas em altimetria superior a 500 metros apresentaram, de modo geral, pluviosidade mínima anual superior a 1100 mm (**Figura 17**).

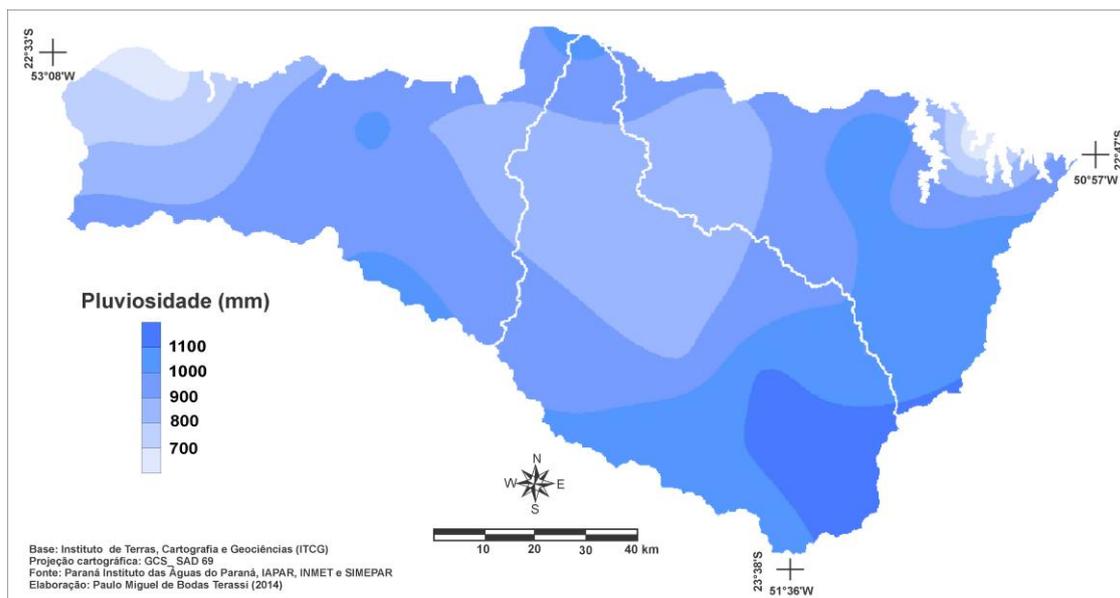


Figura 16 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

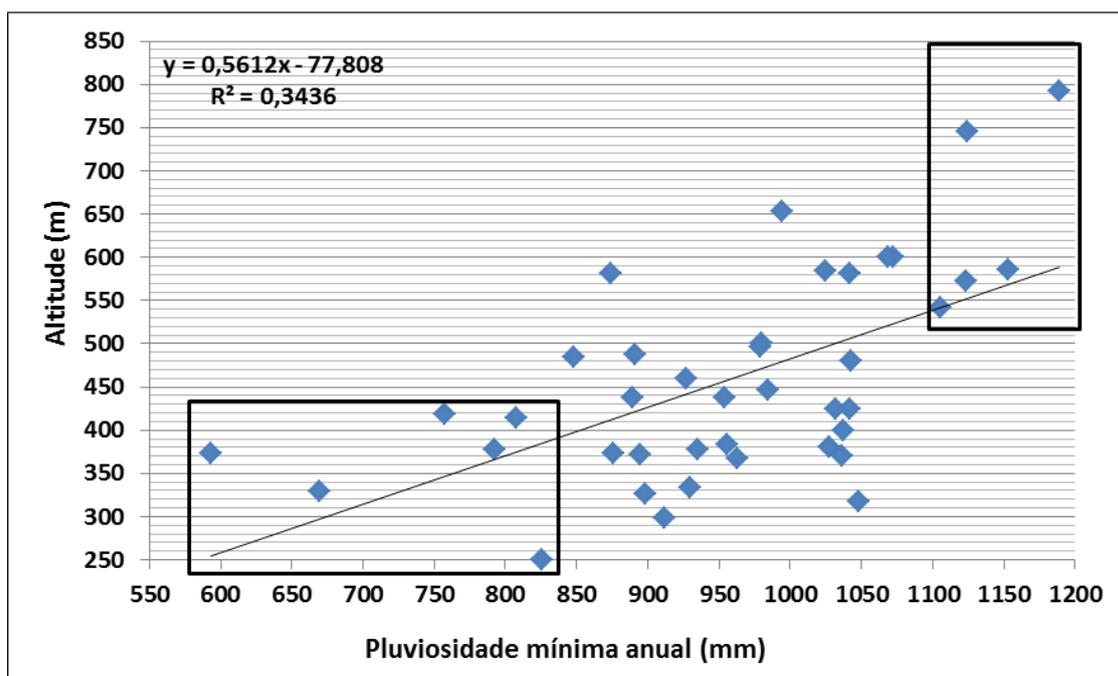


Figura 17 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação mínima anual e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

As **figuras 18 e 19** apresentam a distribuição espacial dos resultados de desvio padrão e coeficiente de variação da pluviosidade anual para a unidade hidrográfica em estudo. Observa-se que os maiores valores de desvio padrão estão situados na porção centro-leste das bacias hidrográficas Paranapanema III e Pirapó, com um número superior a 275, enquanto que o setor central da bacia Paranapanema IV apresenta valores inferiores a 225. Nota-se que os maiores valores de coeficiente de variação da

pluviosidade anual estão aproximadamente nas porções de maiores desvios padrões, com valores superiores a 18% no setor centro-leste da bacia hidrográfica Pirapó, nos setores oeste, sul e nordeste da bacia hidrográfica Paranapanema III e na porção oeste da bacia hidrográfica Paranapanema IV. Estes parâmetros estatísticos indicaram que, embora algumas áreas apresentem os maiores valores de pluviosidade média anual, verifica-se uma elevada variação dos volumes anuais de pluviosidade, sobretudo aquelas em que se verificam conjugadamente os maiores valores de desvio padrão e coeficiente de variação.

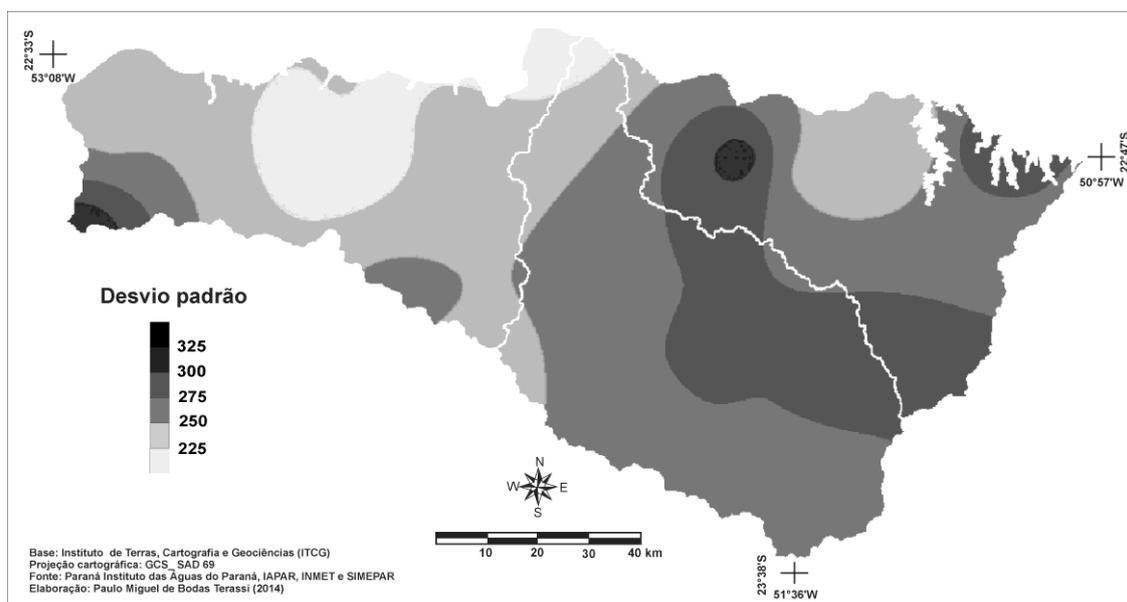


Figura 18 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

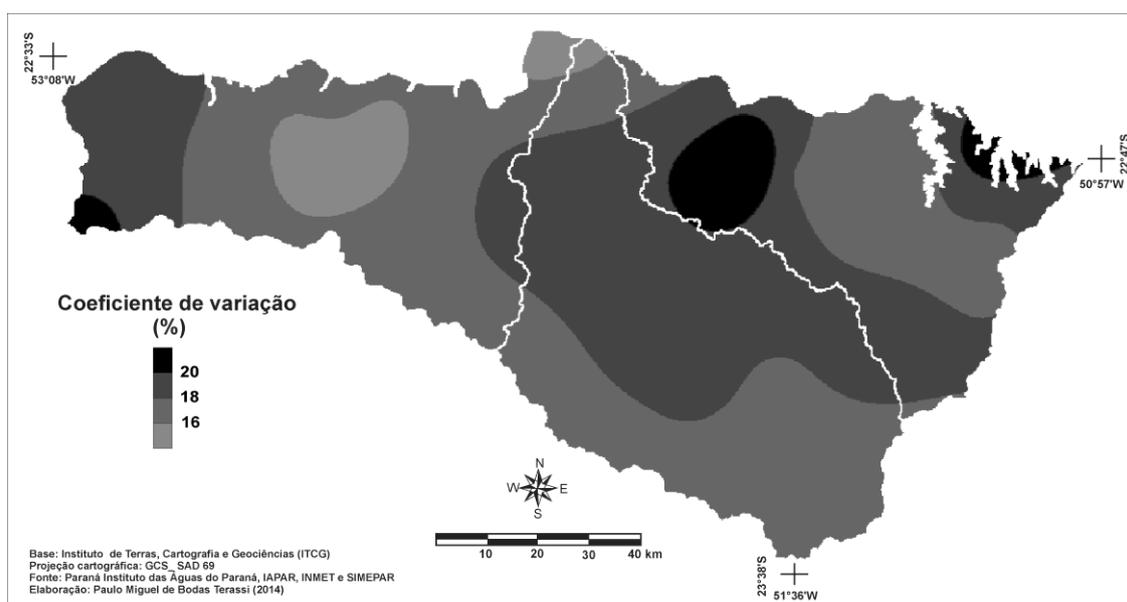


Figura 19 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.1.2 Escala sazonal

A **figura 20** representa a distribuição espacial da pluviosidade média sazonal e demonstra que o verão e a primavera são as estações que apresentam a maior concentração da pluviosidade média anual, pois compreendem o período que ocorre 64% do volume médio total anual. Verificou que o verão é a estação com os maiores valores de pluviosidade para toda unidade hidrográfica, com média de 478,1 mm e 33% da média anual, sendo que as maiores isoietas estão localizadas no setor sudeste, superiores a 550 mm, com uma redução nos setores noroeste e central, inferiores a 400 mm (**Figura 20 A**). A primavera apresentou valores de pluviosidade aproximados ao do verão, com média de 447,1 mm e 31% da média anual, e uma distribuição de médias mais elevadas para o setor sudeste, com isoietas superiores a 500 mm, e menores pluviosidades para os setores norte e central da unidade hidrográfica, com isoietas inferiores a 425 mm (**Figura 20 C**).

O período referente ao inverno e outono apresentaram os menores valores da pluviosidade média sazonal, uma vez que os resultados indicaram que as duas estações somadas apresentaram 36% da pluviosidade média anual. As menores isolinhas de pluviosidade foram obtidas para o inverno, com média de 225,8 mm e 16% do volume médio anual, e que obteve a maior pluviosidade média no setor sul, superior a 350 mm, e menor pluviosidade média no setor norte, inferior a 200 mm (**Figura 20 B**). Com uma pluviosidade média mais elevada em relação ao inverno, o outono apresenta média de pluviosidade de 291,9 mm e 20% da média anual, sendo que as maiores isoietas foram obtidas no setor sul, maiores que 350 mm, e as menores médias pluviométricas no setor norte, inferiores a 275 mm (**Figura 20 D**).

Essa variação sazonal na distribuição das chuvas é um comportamento comum para as regiões Norte e Noroeste do Paraná, porções do Estado onde a dinâmica atmosférica apresenta características de zona de transição do clima subtropical para o tropical (NIMER, 1989), com habitual concentração das chuvas nos períodos de verão e primavera e redução significativa no outono e inverno. Simões (1954) e Troppmair (1990) destacam que no Estado do Paraná as massas polares são predominantes nos meses de outono e inverno quando são registradas as mais baixas temperaturas e umidades. As massas tropicais e equatoriais atuam no verão, formando as correntes de norte e nordeste, com sucessivos avanços e recuos acompanhados da instabilidade dos

sistemas frontais polares, originando elevados valores de pluviosidade. Ainda, destaca-se que estudos mais atuais revelaram que a região Sul do Brasil apresenta a influência de mecanismos atmosféricos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (QUADROS et al., 2012), das Linhas de Instabilidade Tropicais (BEREZUK; SANTA'ANNA NETO, 2006), que são mais atuantes no período do verão e primavera, e aos Complexos Convectivos de Mesoescala (FEDOROVA; KHAN,1999), mais constantes nos meses de outono e primavera, e que em fluxos conjugados ao sistema frontal polar e aos sistemas tropicais respondem pelos maiores valores de pluviosidade na região.

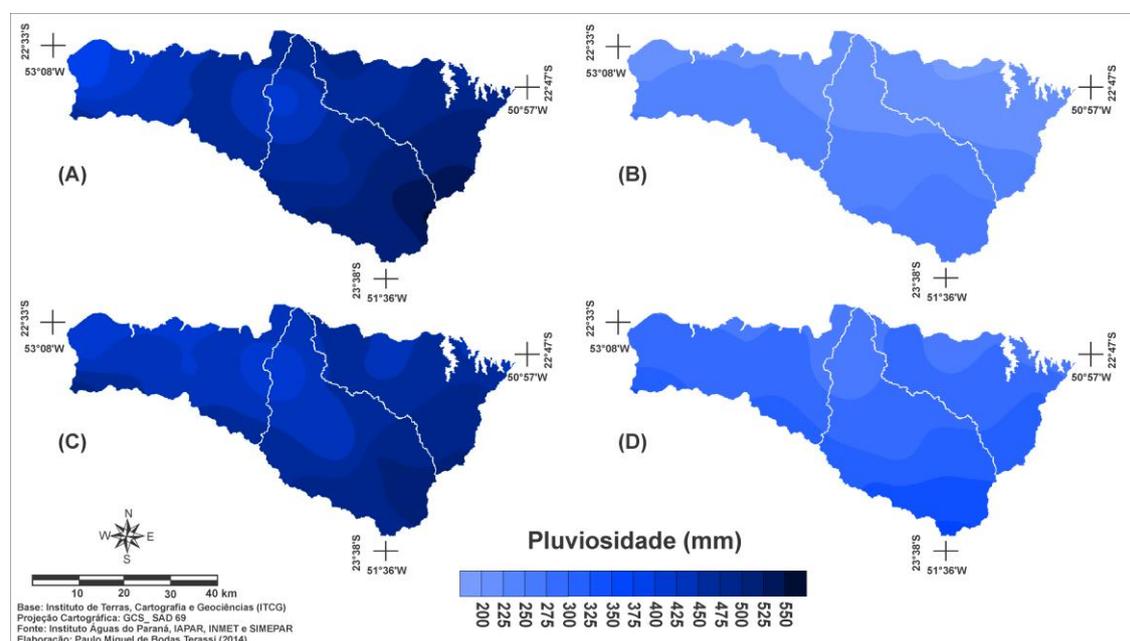


Figura 20 - Distribuição espacial da pluviosidade média (mm) no verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.1.3 Escala mensal

Com a finalidade comparativa, os mapas da distribuição mensal da pluviosidade estão dispostos em uma sequência que demonstra os parâmetros estatísticos básicos: as **figuras 21, 22 e 23** representam as médias mensais da pluviosidade; as **figuras 24, 25 e 26** representam os valores máximos absolutos da pluviosidade mensal; as **figuras 27, 28 e 29** demonstram os valores mínimos absolutos da pluviosidade mensal; as **figuras 30, 31 e 32** representam os valores identificados de desvios padrões para a pluviosidade mensal; as **figuras 33, 34 e 35** mostram os valores do coeficiente de variação da pluviosidade mensal.

O mês de janeiro é o mais chuvoso do ano para toda a unidade hidrográfica e apresenta uma média de 196,5 mm, com valores médios superiores a 210 mm para o setor leste e inferiores a 180 mm para o setor noroeste (**Figura 21 A**). Evidenciando uma redução significativa das médias pluviométricas, verifica-se no mês de fevereiro uma média de 157,9 mm e uma variação espacial de 190 mm, para o setor sudeste, a 130 mm, para o setor noroeste (**Figura 21 B**). O mês de março, demarcado como o fim da estação chuvosa, tem uma média de 123,7 mm, com valores médios superiores a 150 mm para o setor sudeste e inferiores a 110 mm para os setores noroeste e central (**Figura 21 C**). Com uma média de 100,1 mm, o mês de abril apresenta uma pluviosidade média superior a 120 mm para o setor oeste e inferior a 100 mm para os setores nordeste e central (**Figura 21 D**).

O mês de maio apresenta um acréscimo de pluviosidade média em relação ao mês de abril, com média de 107,2 mm para toda unidade hidrográfica, com valores médios superiores a 130 mm para o sul e inferior a 100 mm para os setores nordeste e central. A condição que explica esse acréscimo na pluviosidade média do mês de maio é a frequente entrada das massas de ar polar para o interior da região Sul do Brasil com moderada intensidade, que ao se chocarem com massas mais aquecidas (tropical atlântica ou tropical continental), ocasionam zonas de instabilidade e elevam os valores de chuva, conforme apontam Tommaselli, Baldo e Silveira (2004) (**Figura 22 A**). Observa-se no mês de junho uma média de 84,6 mm, e valores superiores a 110 mm no setor sul e inferiores a 80 mm no setor norte (**Figura 22 B**). O mês de julho é o segundo mês mais seco do ano, apresenta uma média de 58,3 mm e isoietas superiores a 70 mm no setor sul e inferiores a 50 mm no setor norte (**Figura 22 C**). O mês mais seco do ano para a unidade hidrográfica é agosto, com média de 50,1 mm, com valores superiores a 60 mm no setor sul e inferior a 50 mm no setor nordeste (**Figura 22 D**).

O início da estação chuvosa se dá no mês de setembro, que apresenta uma pluviosidade média de 117,3 mm e isoietas superiores a 130 mm para os setores oeste e sul e inferiores a 110 mm para o setor nordeste (**Figura 23 A**). O mês de outubro apresenta uma pluviosidade média de 138,1 mm, com valores médios superiores a 160 mm para o setor sul e inferiores a 130 mm para o setor nordeste. O aumento de pluviosidade de outubro em relação a setembro e a novembro é justificado por Tommaselli, Baldo e Silveira (2004) por ser um período transicional, no qual se verifica a ocorrência de frequentes choques de massas de ar tropical atlântica ou continental com massas de ar polar atlântica (**Figura 23 B**). Com uma pequena redução da pluviosidade

média em relação a outubro, o mês de novembro apresenta uma média de 133,5 mm, com isoietas superiores a 150 mm para os setores sudeste e leste e inferiores a 110 mm para o setor noroeste (**Figura 23 C**). O segundo mês mais chuvoso para a unidade hidrográfica é dezembro, com média de 175,5 mm, com valores médios superiores a 190 mm para o setor leste e inferiores a 160 mm para o setor noroeste (**Figura 23 D**).

Em síntese, observou-se que para a maioria dos meses os setores sul e leste apresentaram as maiores médias de pluviosidade, enquanto que os setores norte e central obtiveram as menores médias pluviométricas mensais, variação espacial que está alinhada aos resultados anteriores obtidos por Ribeiro (1987) e Terassi (2012) para a bacia hidrográfica do rio Pirapó, por Zandonadi, Braido e Silveira (2006) para a bacia hidrográfica Paranapanema IV, e por Braido, Zandonadi e Silveira (2008) para a bacia hidrográfica Paranapanema III. Esta distribuição espacial demonstra o controle orográfico na distribuição das chuvas na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, com valores mais elevados de pluviosidade mensal em setores de maiores cotas altimétricas e, inversamente, uma redução das alturas pluviométricas mensais nos setores de menores elevações. Conjugadamente, as porções de menores altitudes estão mais aproximadas ao Brasil Central, que conforme aponta Nimer (1989), apresentam características climáticas de maior redução de pluviosidade nos meses de inverno, ao passo que os setores mais elevados estão mais aproximados do Brasil Meridional, região descrita por este mesmo autor como de maior regularidade pluviométrica mensal.

Verificou-se que a dinâmica atmosférica regional impõe condições de significativa variabilidade pluviométrica mensal e justificam os resultados apresentados anteriormente. Os totais pluviométricos mais elevados ocorrem no período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro, período que concentra 72,3% do volume total médio de pluviosidade, sobretudo com um aumento significativo nos setores sul e leste. Em oposição, as médias pluviométricas são menores no período de abril a agosto apresenta 27,7% da pluviosidade média anual, especialmente com a redução nos setores norte e central. Este quadro de concentração ou redução pluviométrica mensal é resultante da atuação dos sistemas atmosféricos, uma vez que especificamente a região Norte do Paraná apresenta para os meses mais chuvosos uma maior interação entre os sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais, que de acordo com Baldo (2006), em fluxos alternados são os responsáveis pelo aumento do volume de pluviosidade. Ao contrário, os meses de menores médias pluviométricas apresentam uma redução da atuação sistemas atmosféricos intertropicais.

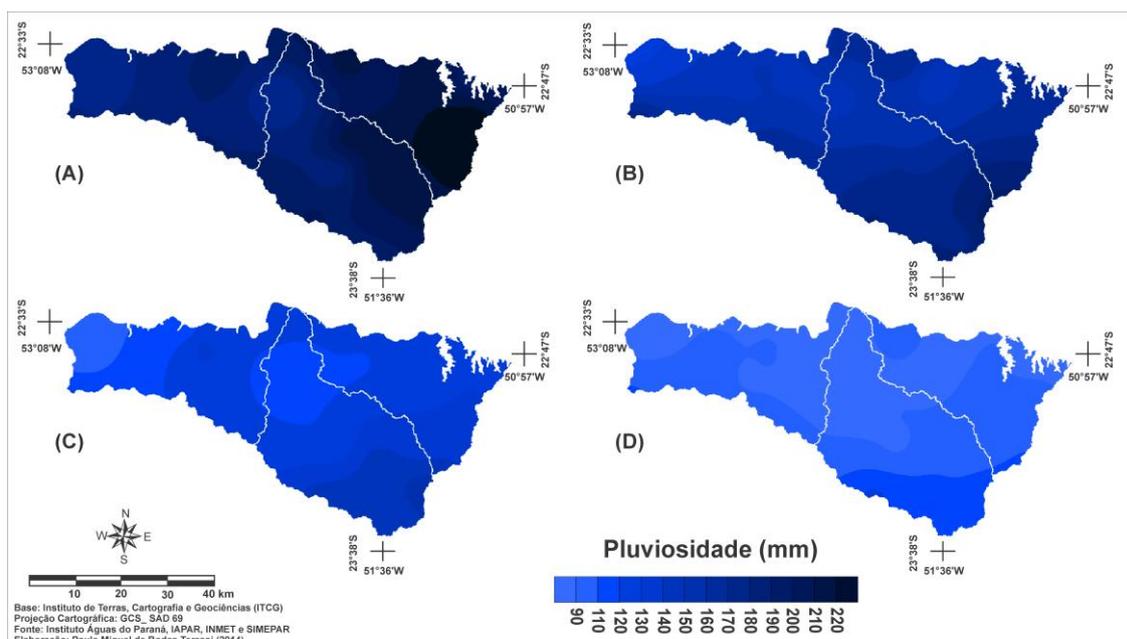


Figura 21 - Distribuição espacial da pluviosidade média (mm) no verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

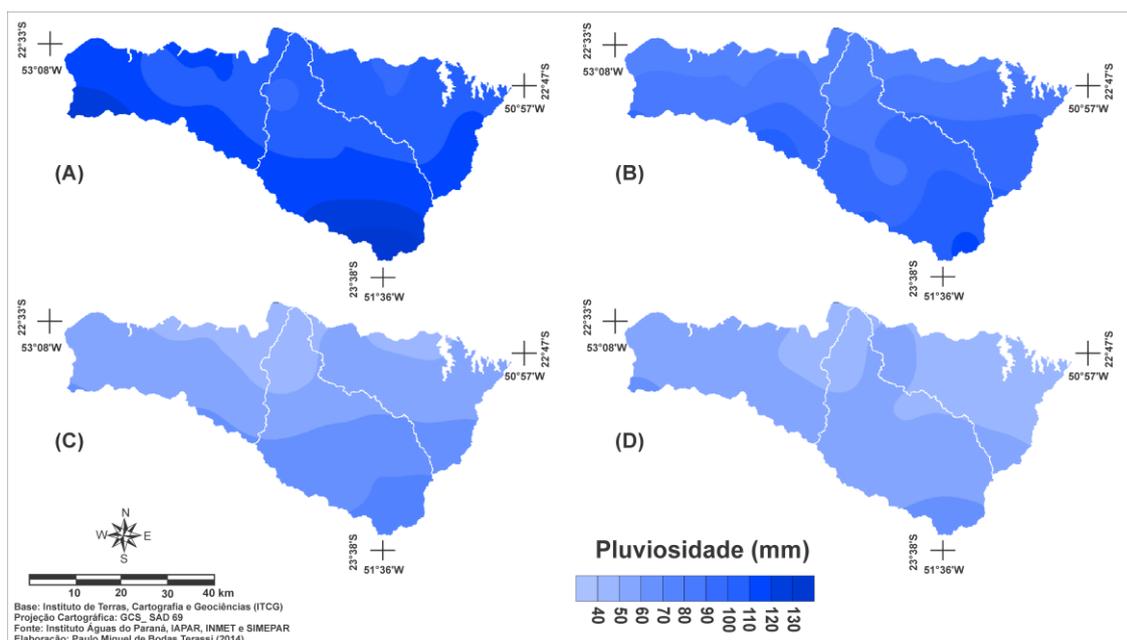


Figura 22 - Distribuição espacial da pluviosidade média mensal (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

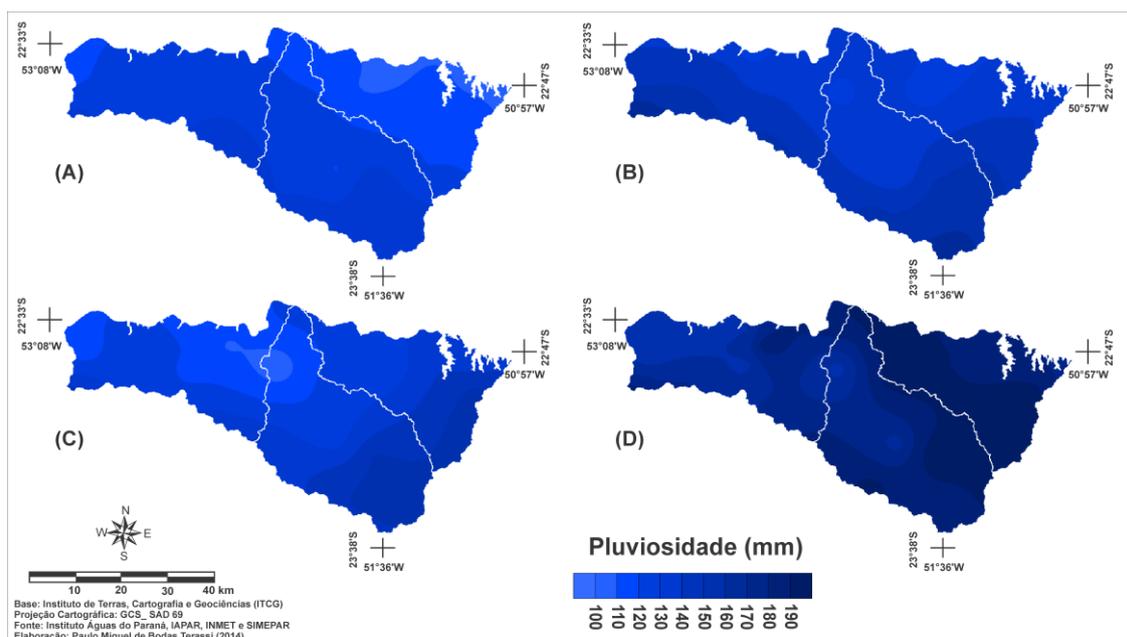


Figura 23 - Distribuição espacial da pluviosidade média mensal (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – PR.

A pluviosidade máxima mensal apresentou resultados bastante variáveis. Com uma média de 450,7 mm para toda unidade hidrográfica, no mês de janeiro registrou-se uma pluviosidade máxima mensal superior a 500 mm para os setores sul, centro e nordeste, com as menores alturas máximas verificadas em setores isolados e com valores inferiores a 350 mm (**Figura 24 A**). O mês de fevereiro apresentou uma média de alturas pluviométricas máximas de 366,5 mm, com valores superiores a 500 mm para o setor extremo leste, ao passo que os menores registros foram identificados no setor central, com valores inferiores a 250 mm (**Figura 24 B**). Apresentando uma média de 298,6 mm da pluviosidade máxima absoluta, observou-se que em março os valores máximos mensais foram registrados no setor nordeste, com valores superiores a 400 mm, e os menores valores máximos identificados no setor central, com valores inferiores a 200 mm (**Figura 24 C**). Com a redução da pluviosidade média, o mês de abril também apresenta uma redução dos valores máximos pluviométricos, com uma média de 264,3 mm e com valores superiores a 300 mm para o setor sudoeste e inferiores a 200 mm nos setores leste, nordeste e central (**Figura 24 D**).

O período que vai de maio a agosto representa, de modo geral, o período de redução da pluviosidade média mensal, o que não necessariamente ocorreu para as máximas de pluviosidade nos meses de maio e junho. Com um aumento de pluviosidade média em relação ao mês de abril, maio apresenta pluviosidade máxima média de 348,5 mm e valores superiores a 400 mm para o setor sudoeste da unidade hidrográfica,

enquanto que os setores norte, central e leste apresentam pluviosidade máxima inferior a 250 mm (**Figura 25 A**). O mês de junho apresenta um comportamento semelhante da pluviosidade máxima observada no mês de maio, com uma média de 345,5 mm, valores superiores aos obtidos para os meses de março e abril, que apresentam pluviosidade média superior. Verificou-se que em núcleos isolados nos setores nordeste e sudeste registrou-se pluviosidade máxima superior a 400 mm e inferiores a 250 mm para os setores norte e noroeste (**Figura 25 B**). Os meses de julho e agosto, os dois de menor pluviosidade média mensal, apresentaram os menores valores de pluviosidade máxima para toda unidade hidrográfica. Mostrou-se que julho apresenta pluviosidade máxima superior a 250 mm para os setores sul e sudoeste e inferior a 200 mm para os setores oeste e central, sendo que a média para toda unidade hidrográfica é de 225,8 mm (**Figura 25 C**). O mês de agosto apresentou média da pluviosidade máxima mensal de 213,0 mm, com valores mais elevados, superiores a 250 mm, para os setores sul e central, e as menores máximas pluviométricas para o setor noroeste, inferiores a 200 mm (**Figura 25 D**).

O quadrimestre de setembro a dezembro apresenta um aumento da pluviosidade máxima mensal. O mês de setembro apresenta uma média de 314,0 mm da pluviosidade máxima, com valores máximos absolutos verificados em núcleos isolados dos setores norte e central, superiores a 350 mm, e valores mínimos verificados no setor leste, inferiores a 250 mm (**Figura 26 A**). Em outubro verificou-se valores máximos de pluviosidade superiores aos registrados para setembro e novembro, com uma média de 342,2 mm para toda unidade hidrográfica. Os valores máximos obtidos foram superiores a 450 mm em núcleos isolados dos setores noroeste, central e nordeste, e inferiores a 300 nos setores oeste e sul (**Figura 26 B**). Para o mês de novembro, com a redução da pluviosidade máxima mensal, obteve-se uma média de pluviosidade máxima de 309,0 mm para toda unidade hidrográfica. Identificou-se que os valores mais elevados de pluviosidade ocorreram nos setores oeste, sul, noroeste e nordeste, superiores a 350 mm, e que os menores valores máximos de pluviosidade se deram no setor central, com registros inferiores a 250 mm (**Figura 26 C**). O mês de dezembro é o que apresenta a segunda maior pluviosidade máxima mensal para a unidade hidrográfica, com uma média de 398,2 mm. Os valores máximos de pluviosidade em dezembro foram observados nos setores norte e central, com alturas superiores a 450 mm, ao passo que as alturas máximas mínimas, abaixo dos 300 mm, foram registradas nos setores oeste, noroeste, sul, sudeste e nordeste (**Figura 26 D**).

Constatou-se, portanto, que as alturas máximas pluviométricas são mais elevadas nos meses de janeiro e dezembro e menos elevadas em julho e agosto para todos os setores da unidade hidrográfica. Destaca-se que os meses de maio, junho e outubro apresentaram uma elevação das máximas pluviométricas mensais em relação aos meses que os antecedem ou sucedem. Quanto à distribuição espacial das máximas pluviométricas mensais não foram verificados padrões espaciais, mostrando que existem significativos núcleos isolados.

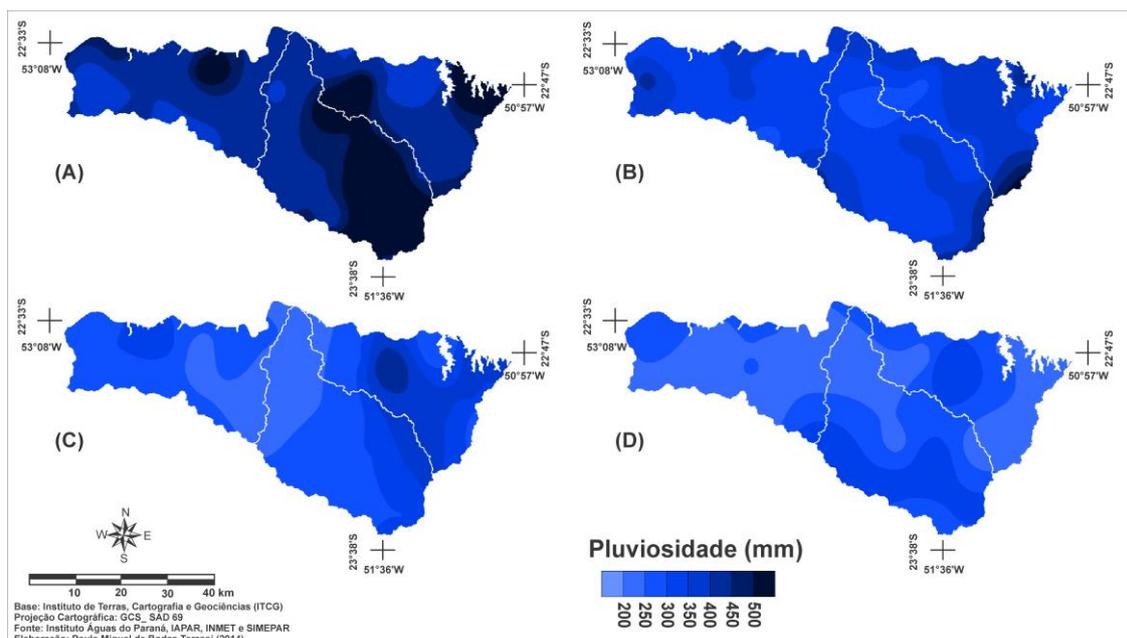


Figura 24 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima mensal (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

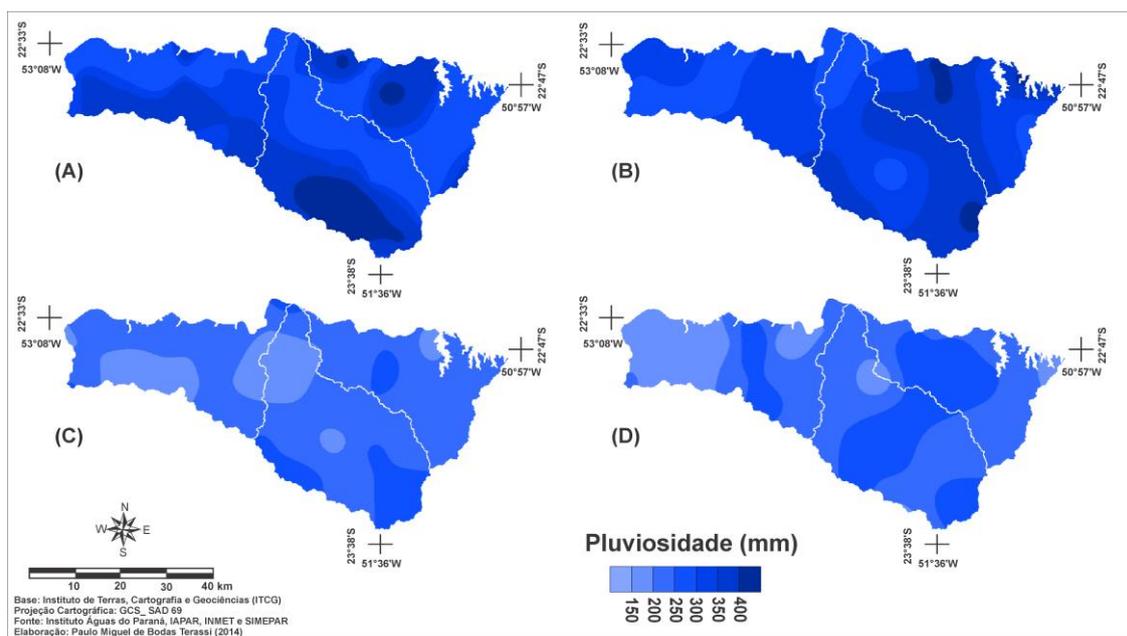


Figura 25 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima mensal (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

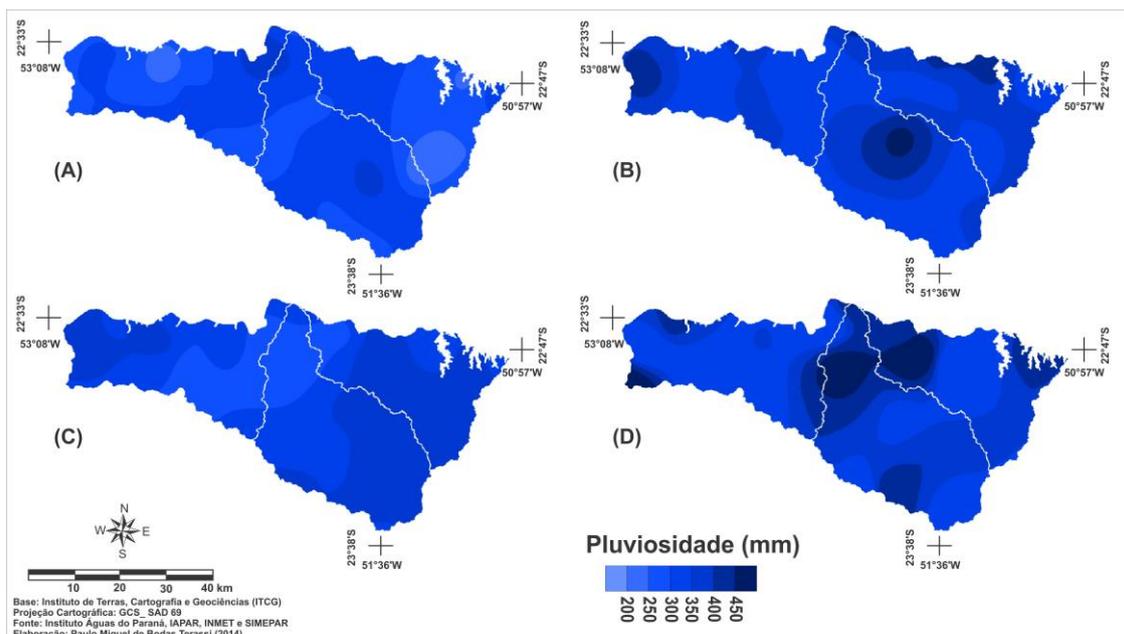


Figura 26 - Distribuição espacial da pluviosidade máxima mensal (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O mapeamento das menores alturas pluviométricas mensais permitiu identificar quais áreas apresentam tendencialmente as maiores reduções pluviométricas. O quadrimestre de janeiro a abril mostrou claramente a gradativa redução pluviométrica que ocorre do verão para o outono. O mês de janeiro apresentou uma média da pluviosidade mínima de 34,2 mm, com valores superiores a 40 mm para os setores noroeste, nordeste e central e inferiores a 20 mm para o setor oeste (**Figura 27 A**). O mês de fevereiro apresentou uma redução da pluviosidade mínima mensal em relação a janeiro e março, com uma média de 11,0 mm. Os valores mais elevados da pluviosidade mínima de fevereiro, superiores a 15 mm, foram identificados nos setores sudeste e nordeste, ao passo que os setores norte e central apresentaram os menores valores, inferiores a 10 mm (**Figura 27 B**). O mês de março apresentou um acréscimo da pluviosidade mínima mensal, com uma média de 24,7 mm. Os setores sul apresentou a maior isoietas da pluviosidade mínima de março, superior a 40 mm, enquanto que os setores oeste, noroeste, central e nordeste apresentam valores absolutos inferiores a 20 mm (**Figura 27 C**). Com uma média de pluviosidade mínima de 3,2 mm, o mês de abril apresentou o predomínio de pluviosidade mínima inferior a 10 mm para uma grande parte da unidade hidrográfica, sendo que foram verificadas porções com pluviosidade superior a 10 mm nos setores oeste, noroeste, central e nordeste (**Figura 27 D**).

Os resultados da pluviosidade mínima absoluta para a unidade hidrográfica mostraram que há uma redução significativa da pluviosidade para o quadrimestre de maio a agosto. O mês de maio apresenta uma média de pluviosidade mínima de 3,2 mm, com valores superiores a 10 mm nos setores sul e oeste e inferiores a este valor nos demais setores da unidade hidrográfica (**Figura 28 A**). Os meses de junho, julho e agosto apresentaram uma pluviosidade mínima média inferior a 0,3 mm, com valores absolutos próximos a 0 mm para a totalidade da unidade hidrográfica. Especificamente, o mês de agosto, o mais seco da série histórica, apresentou pluviosidade mínima de 0 mm para todas as estações e postos pluviométricos selecionados para este estudo (**Figuras 28 B, 28 C, 28 D**).

O quadrimestre que vai de setembro a outubro apresentou uma menor redução da pluviosidade mínima mensal em relação à média mensal, o que representa uma tendência de menores reduções do volume de chuva para o período. O mês de setembro apresenta uma média da pluviosidade mínima de 5,6 mm, com os valores mais elevados em núcleos isolados dos setores nordeste e oeste, superiores a 20 mm, e os menores registros, inferiores a 10 mm nos demais setores da unidade hidrográfica (**Figura 29 A**). O aumento da pluviosidade média mensal em outubro é concordante com o aumento da pluviosidade mínima, que apresentou uma média de 25,6 mm. Os setores noroeste, sul e nordeste obtiveram isoietas superiores a 40 mm, enquanto que o setor norte registrou pluviosidade mensal mínima inferior a 20 mm (**Figura 29 B**). Mostrou-se que novembro, com uma pluviosidade mínima média de 27,9 mm, tem nos setores oeste, noroeste, central e nordeste registros superiores a 30 mm, sendo que se verificou no setor norte pluviosidade mínima inferior a 10 mm (**Figura 29 C**). Obteve-se em dezembro uma média de pluviosidade mínima de 38,7 mm, o que indica que dezembro apresenta a menor redução de pluviosidade. Os maiores valores verificados estão localizados em núcleos isolados dos setores sudoeste e nordeste da unidade hidrográfica, superiores a 50 mm, e os menores valores registrados estão localizados nos setores oeste e norte, inferiores a 30 mm (**Figura 29 D**).

Demonstrou-se que os meses com a menor redução do volume total de pluviosidade são janeiro, março, outubro, novembro e dezembro. Observou-se que em fevereiro, um dos meses com a maior pluviosidade média e máxima mensal, apresenta uma significativa redução da pluviosidade. Constatou-se que os meses de junho, julho e agosto registraram os menores valores de pluviosidade mínima absoluta, indicando que estes são períodos com os maiores riscos de redução de precipitação para toda a unidade

hidrográfica. Embora não se tenha verificado um padrão espacial da pluviosidade mínima, identificou-se que o setor nordeste apresenta a menor redução da pluviosidade média mensal e que o setor norte apresentou as menores alturas pluviométricas mínimas.

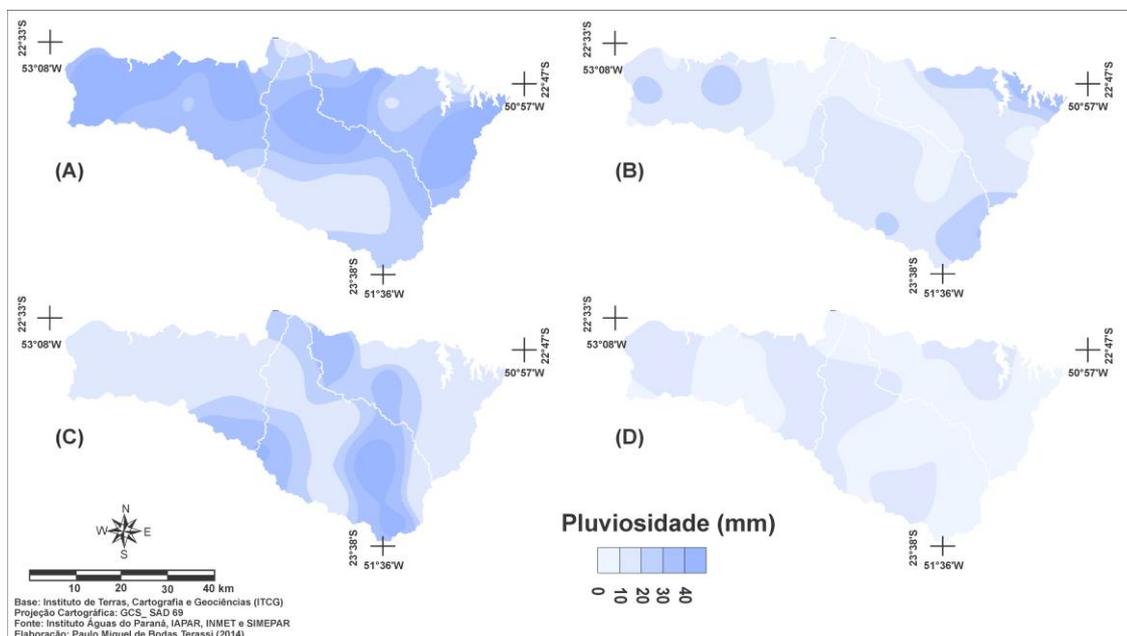


Figura 27 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima mensal (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

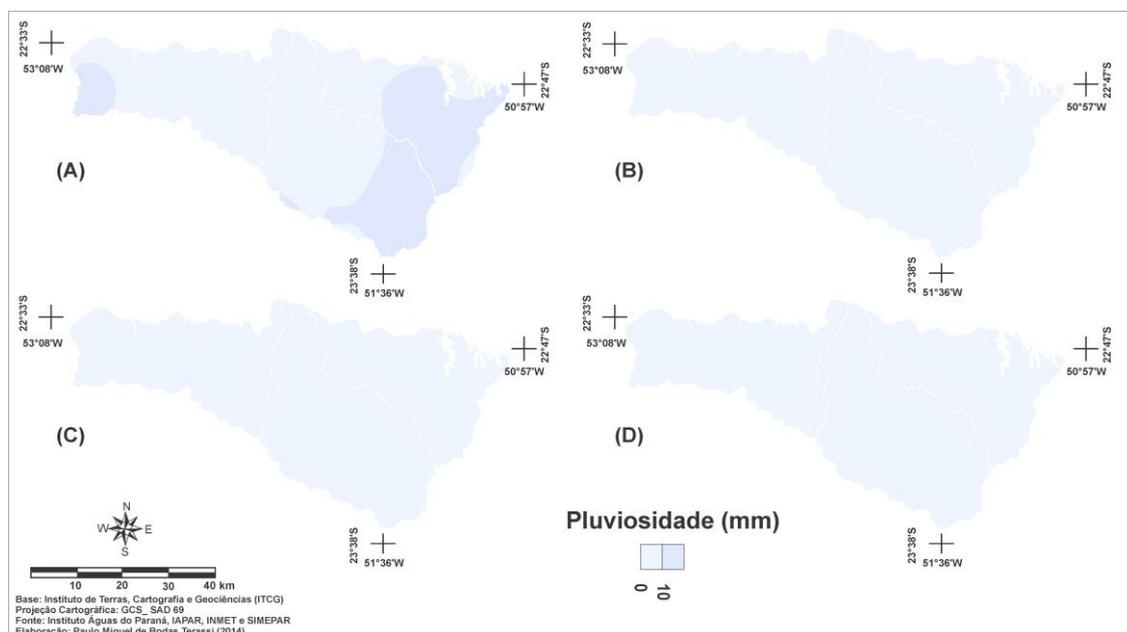


Figura 28 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima mensal (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

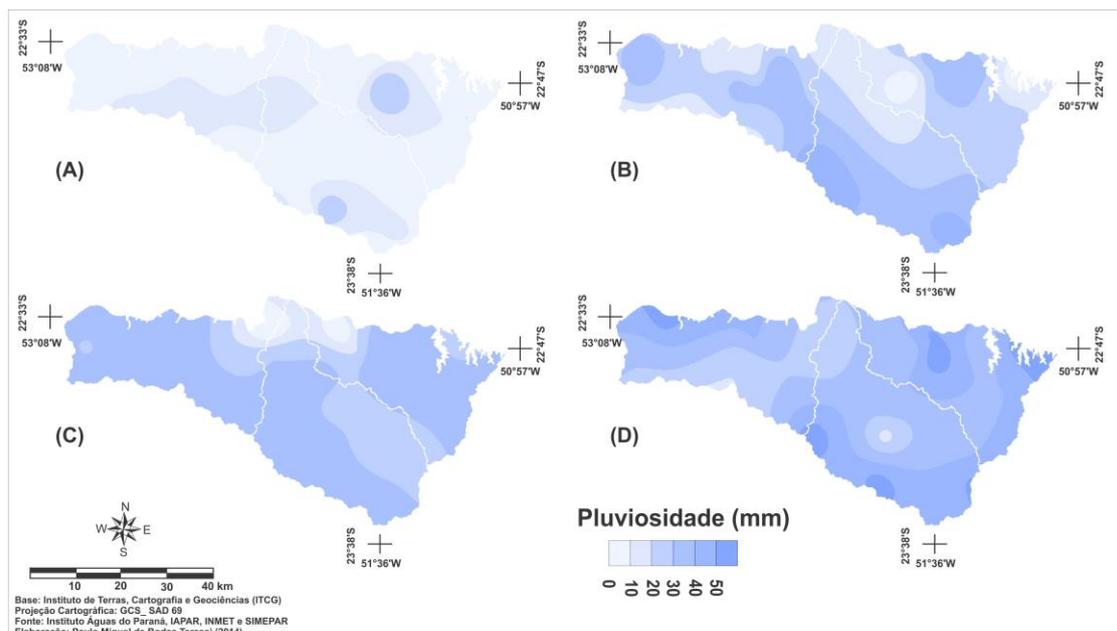


Figura 29 - Distribuição espacial da pluviosidade mínima mensal (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – PR.

Os resultados de desvio padrão indicaram a amplitude do conjunto de dados da pluviosidade mensais em relação à média. Os meses de janeiro apresentou o maior desvio padrão médio mensal correspondente a 100,7, e com valores superiores a 110 nos setores sudeste, leste, nordeste e noroeste, e inferiores a 90 para o setor oeste (**Figura 30 A**). Com uma média do desvio padrão de 83,8, o mês de fevereiro obteve seus maiores valores nos setores sudeste, superiores a 100, e os menores resultados foram obtidos para o setor oeste, inferiores a 80 (**Figura 30 B**). O mês de março apresentou uma média de desvio padrão de 63,9, com valores superiores a 70 para os setores sudeste e nordeste, e inferiores a 60 para o setor norte (**Figura 30 C**). Com um desvio padrão médio de 58,8, mostrou-se que em abril os maiores desvios padrões foram obtidos para os setores sudoeste, central e parte da porção nordeste, com valores superiores a 60, enquanto que foram verificados valores inferiores a 50 em um núcleo no extremo nordeste da unidade hidrográfica (**Figura 30 D**).

O mês de maio, que habitualmente apresenta um aumento da pluviosidade média em relação a abril e junho, obteve uma média de desvio padrão de 86,6, com valores mais elevados para o setor oeste, com números superiores a 100, que compreende a porção da unidade hidrográfica que possui o maior aumento de pluviosidade para este mês. Contrariamente, os menores valores de desvio padrão para o mês de maio foram identificados nos setores norte, noroeste e nordeste, inferiores a 80, que compreendem os setores que menos apresentam aumento de pluviosidade em relação aos meses que o

antecedem ou sucedem (**Figura 31 A**). Para o mês de junho, que apresenta um desvio padrão médio de 80,1, notou-se que valores superiores a 100 para o setor sul e inferiores a 80 para uma significativa porção da unidade hidrográfica situada nos setores oeste, noroeste, norte, nordeste, leste e central (**Figura 31 B**). Verificou-se no mês de julho a menor média de desvio padrão da pluviosidade mensal, referente a 52,8, com valores superiores a 60 para os setores sul, sudoeste e norte, e inferiores a 40 nos setores oeste, central e sudeste (**Figura 31 C**). O mês de agosto caracteriza-se por um desvio padrão médio da pluviosidade de 79,6, com valores superiores a 90 para o setor central e com o predomínio de setores que apresentaram números inferiores a 80 (**Figura 31 D**).

Notou-se em setembro, que obteve média de desvio padrão de 75,1, um núcleo isolado no setor norte com números superiores a 90 e o predomínio da isolinha de números inferiores a 80 (**Figura 32 A**). O mês de outubro apresentou maior média de desvio padrão em relação a setembro e novembro, equivalente a 80,6, e que está concordante com o padrão de resultado obtido para a pluviosidade mensal. Constatou-se que em outubro os maiores valores de desvio padrão situam-se nos setores noroeste, central e extremo leste e que chegam a ser superiores a 90, e os menores resultados localizam-se nos setores oeste, norte e nordeste (**Figura 32 B**). Em novembro a média de desvio padrão obtida foi 67,3, com valores superiores a 70 para os setores noroeste, sudoeste, leste, central e nordeste, e inferiores a 60 no setor norte (**Figura 32 C**). Indica-se que o mês de dezembro detém de uma média de desvio padrão da pluviosidade de 84,5, com valores superiores a 90 para os setores oeste, leste e central, e inferiores a 80 para o setor nordeste (**Figura 32 D**).

Os resultados de desvio padrão da pluviosidade mensal indicaram que os meses de janeiro, fevereiro, maio, outubro e dezembro apresentam a maior dispersão do conjunto dos volumes de pluviosidade registrada, sendo que os menores valores foram obtidos para março, abril, julho e novembro. Não é possível afirmar um padrão de distribuição espacial dos valores mensais de desvio padrão.

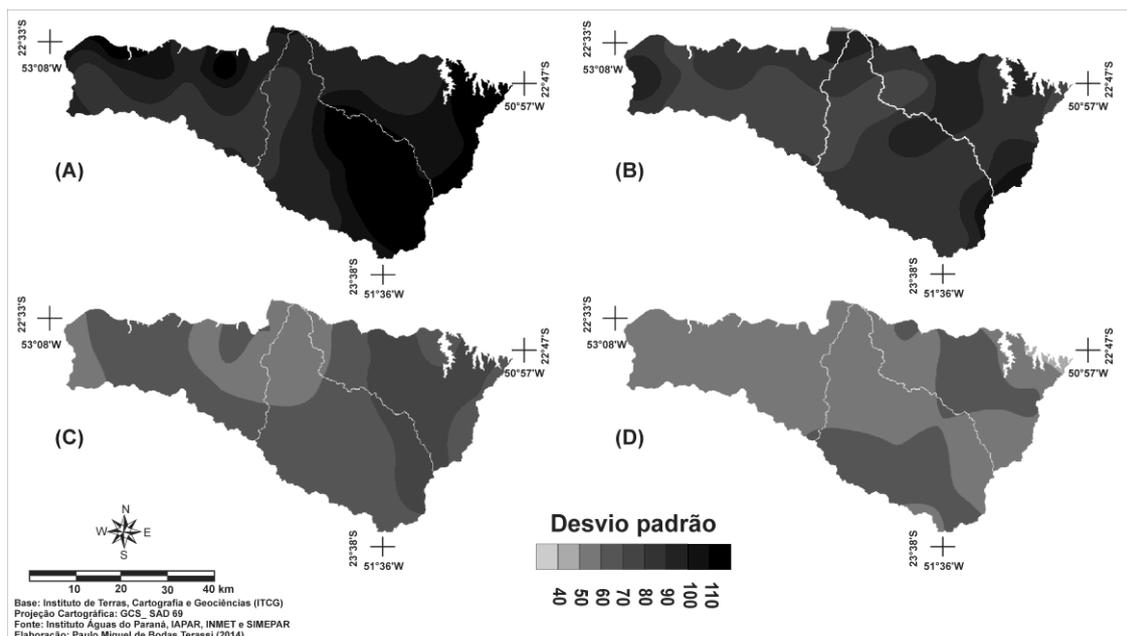


Figura 30 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

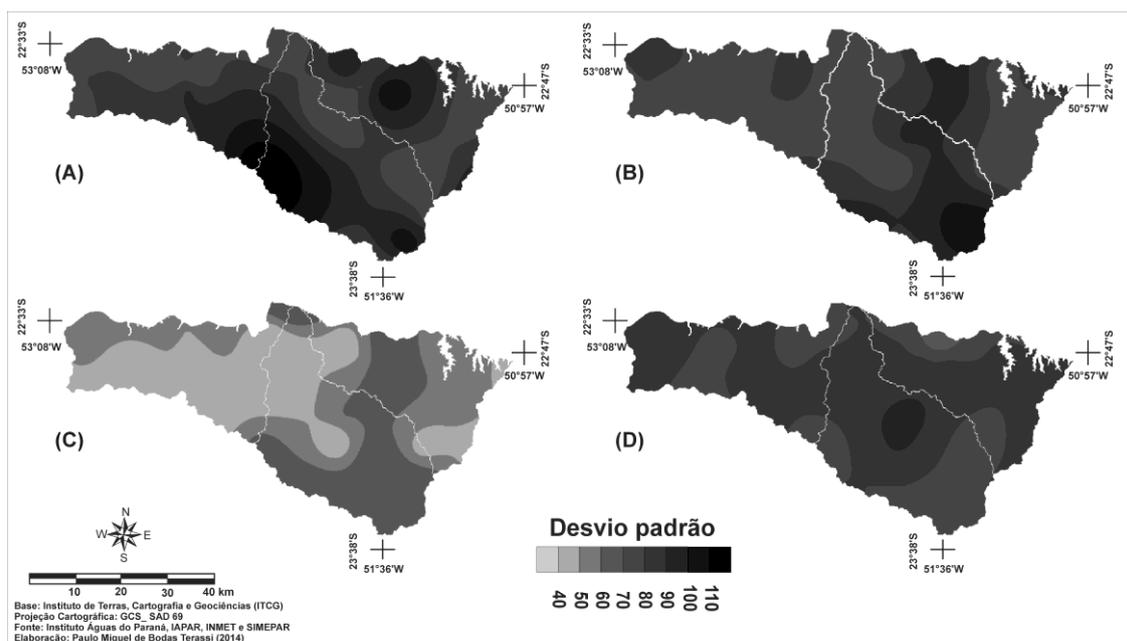


Figura 31 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

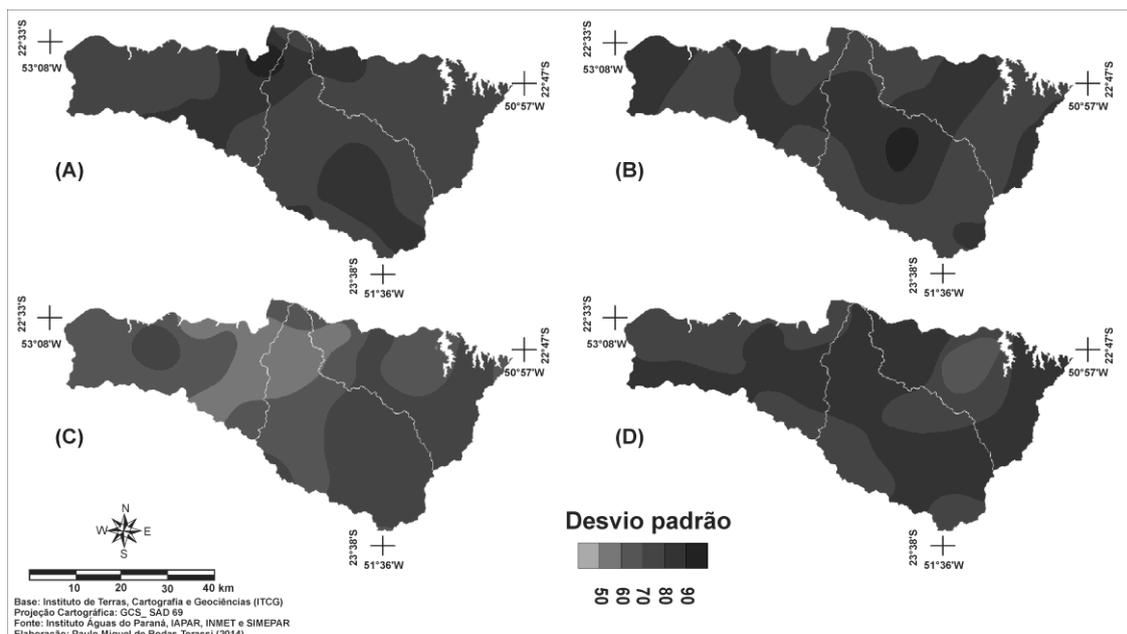


Figura 32 - Distribuição espacial do desvio padrão da pluviosidade (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os resultados do coeficiente de variação da pluviosidade mensal indicaram os meses e os setores da unidade hidrográfica com a maior variação do conjunto de dados registrados em relação à média. O mês de janeiro apresentou uma média do coeficiente de variação da pluviosidade de 51,3%, sendo que os maiores valores do coeficiente de variação, superiores a 55%, localizam-se em núcleos situados nos setores norte, nordeste e central, e os menores valores situam-se nos setores em núcleos isolados do setor oeste, inferiores a 45% (**Figura 33 A**). Com uma média de coeficiente de variação de 53,2 %, o mês de fevereiro apresenta valores superiores a 60% nos setores extremo norte e extremo leste e inferiores a 50% para grande porção da unidade hidrográfica (**Figura 33 B**). Verificou-se em março uma média do coeficiente de variação de 51,2%, com valores superiores a 60% nos setores nordeste e noroeste e inferiores a 45% nos setores oeste e extremo norte (**Figura 33 C**). O mês de abril obteve uma média do coeficiente de variação de 58,8%, e notaram-se valores mais elevados, superiores a 60% nos setores norte, central e oeste, e inferiores a 50% nos setor extremo nordeste (**Figura 33 D**).

O quadrimestre que vai de maio a agosto apresentou os maiores valores do coeficiente de variação da chuva, indicando que este período é o que apresenta as maiores variações dos registros das alturas pluviométricas. O mês de maio apresentou uma média do coeficiente de variação de 80,5%, com valores superiores a 100% para o

setor oeste e inferiores a 80% para os setores noroeste, central, leste e nordeste (**Figura 34 A**). Os resultados indicaram uma média do coeficiente de variação de 95,2% para o mês de junho, com valores superiores a 95% nos setores norte, sul e extremo nordeste, e inferiores a 90% em núcleos isolados dos setores noroeste, oeste e nordeste (**Figura 34 B**). O mês de julho apresentou uma média de 91,0% do coeficiente de variação da pluviosidade, com valores superiores a 100% nos setores norte, nordeste e sul, e inferiores a 85% nos setores oeste, central e leste (**Figura 34 C**). O mês de agosto apresentou os maiores valores do coeficiente de variação, com uma média de 150,2%, e valores superiores a 160% nos setores noroeste, central e leste, e inferiores a 130% nos setores sul e norte (**Figura 34 D**).

O período que vai de setembro a dezembro, de regularização das ocorrências da pluviosidade, apresentou os menores valores do coeficiente de variação da pluviosidade. O mês de setembro apresentou uma média do coeficiente de variação de 64,2%, com isolinhas superiores a 70% nos setores norte e central, e inferiores a 60% nos setores nordeste, oeste e sudeste da unidade hidrográfica (**Figura 35 A**). Com uma média do coeficiente de variação de 58,6%, verificaram-se em outubro valores superiores a 60% para os setores noroeste, norte e extremo nordeste, e valores inferiores a 50% no setor oeste (**Figura 35 B**). Obteve-se uma média de 50,5% do coeficiente de variação da pluviosidade no mês de novembro, com resultados superiores a 55% em núcleos dos setores noroeste, central, sudoeste e nordeste, e inferiores a 45% em núcleos isolados dos setores norte, central e nordeste (**Figura 35 C**). O mês de dezembro apresentou o menor coeficiente de variação da pluviosidade, com uma média de 48,3%, sendo que para os setores oeste e central obtiveram-se valores superiores a 60%, enquanto que para o setor nordeste observaram-se valores inferiores a 45% (**Figura 35 D**).

Demonstrou-se que os maiores coeficiente de variação foram obtidos para os meses de maio, junho, julho e agosto, ao passo que os períodos que vão de janeiro a abril e de setembro a dezembro apresentaram os menores valores deste parâmetro estatístico. Com relação ao padrão espacial, observou-se que, embora ocorra uma significativa variação espacial, o setor norte da unidade hidrográfica apresentou os maiores valores do coeficiente de variação da pluviosidade mensal, mostrando que esta porção é a que apresenta as maiores oscilações do volume de pluviosidade.

Conjugadamente, os resultados de desvio padrão e coeficiente de variação indicaram que os meses de maio, junho e agosto apresenta os maiores desníveis dos registros de pluviosidade, uma vez que ocorre um aumento significativo destes dois

parâmetros estatísticos. Destaca-se que os meses de janeiro, fevereiro, outubro e dezembro apresentaram os maiores resultados de desvio padrão e, simultaneamente, os menores percentuais do coeficiente de variação, atestando que esses meses apresentam um elevado conjunto de dados registrados e com os menores desníveis de pluviosidade.

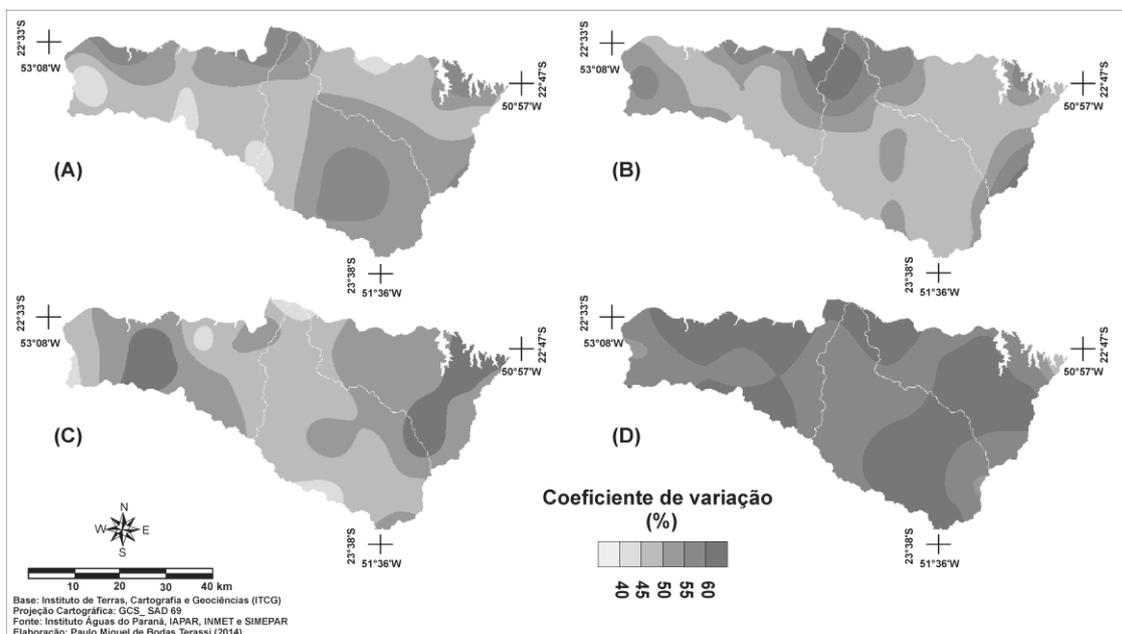


Figura 33 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade mensal (mm) dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

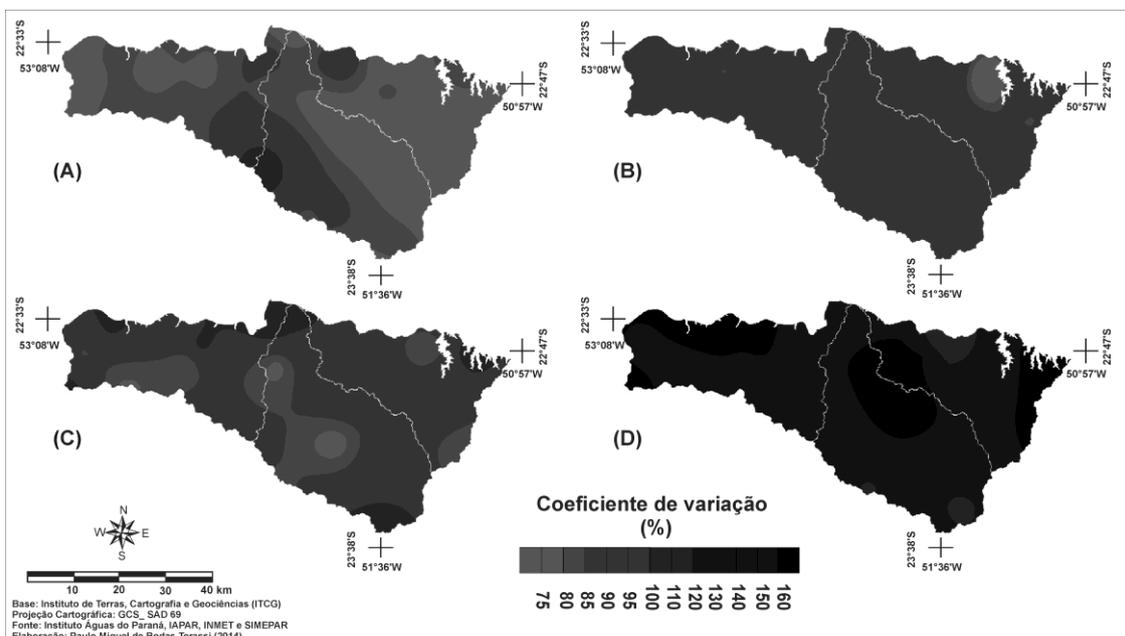


Figura 34 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade (mm) dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

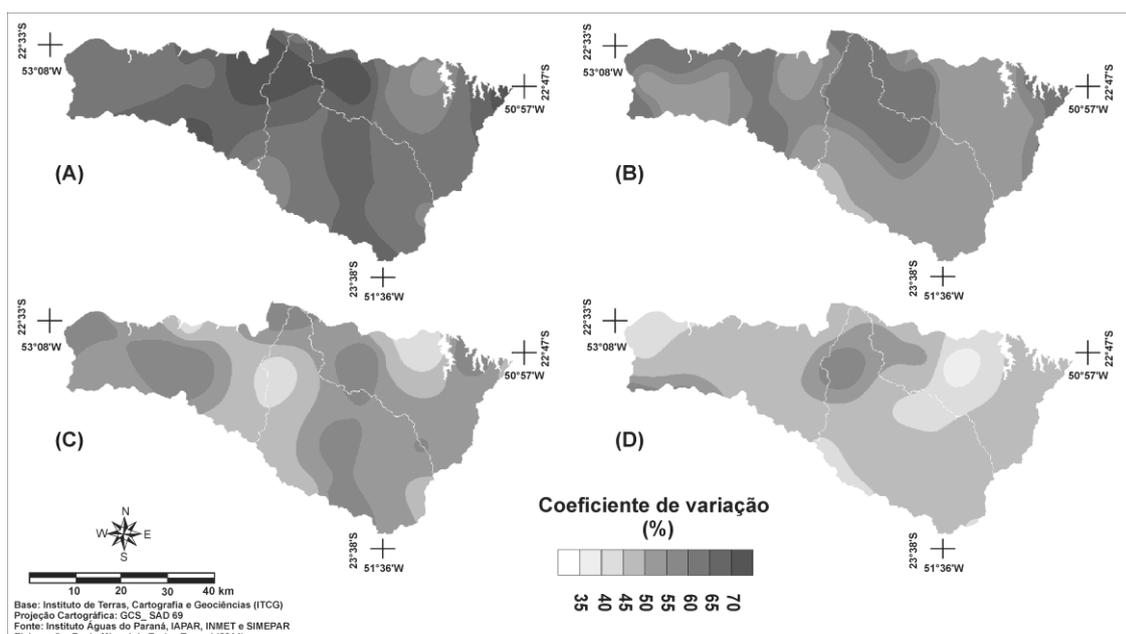


Figura 35 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da pluviosidade (mm) dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.1.4 Escala diária

Com a finalidade de adequar a análise da frequência da pluviosidade e evitar generalizações, esta escala foi subdividida em número de dias de chuva anual, sazonal e mensal. A organização dos mapas seguem a estrutura anterior, com a sequência de valores médios, máximos, mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação.

4.1.4.1 Número anual de dias de chuva

Os resultados indicaram um número anual médio de dias de chuva superior a 110 para os setores nordeste e sul e inferior a 80 para os setores central, norte e noroeste. Os dados das estações meteorológicas e postos pluviométricos mostraram um padrão de número médio superior a 115 para localidades acima de 550 metros e inferior a 80 dias para localidades com altimetria inferior a 450 metros. A distribuição das isolinhas do número médio de dias de chuva e o gráfico de dispersão e correlação linear gráfica demonstraram de forma relativa à influência do relevo para a maior ocorrência de número de dias de chuva (**Figuras 36 e 37**). Ainda, como fator altamente relevante e associada a orografia, a dinâmica atmosférica regional explica a variação espacial das isolinhas do número médio anual de dias de chuva, uma vez que os setores de menores cotas altimétricas e de menor média de dias de chuva estão localizados no setor norte,

localização de evidente maior efeito da tropicalização mencionada por Nimer (1989), que por esta singularidade apresenta a maior concentração dos totais pluviométricos em um menor número de dias. Os setores meridionais apresentam a atuação mais incisiva de sistemas atmosféricos extratropicais (mPa) combinados aos sistemas atmosféricos intertropicais (mTa, mTc e mEc), que além de favorecer a ocorrência de maiores alturas pluviométricas, possibilitam as maiores frequências do registro de dias de chuva.

A **figura 38** representa o gráfico de dispersão e correlação linear gráfica entre o número médio anual de dias de chuva e as médias pluviométricas anuais (mm) para os postos pluviométricos e estações meteorológicas. Observou-se que as localidades com número médio anual de dias de chuva superiores a 105 apresentam uma pluviosidade média anual superior a 1500 mm. Verificou-se, em número menor, que os postos pluviométricos ou estações meteorológicas com média anual inferior a 80 dias de chuva obtiveram pluviosidade média anual a 1350 mm. Ainda que se verifique este padrão de relação entre o número médio anual de dias de chuva e a pluviosidade média anual (mm), uma parte considerável dos postos pluviométricos e estações meteorológicas não necessariamente acompanharam esta semelhança.

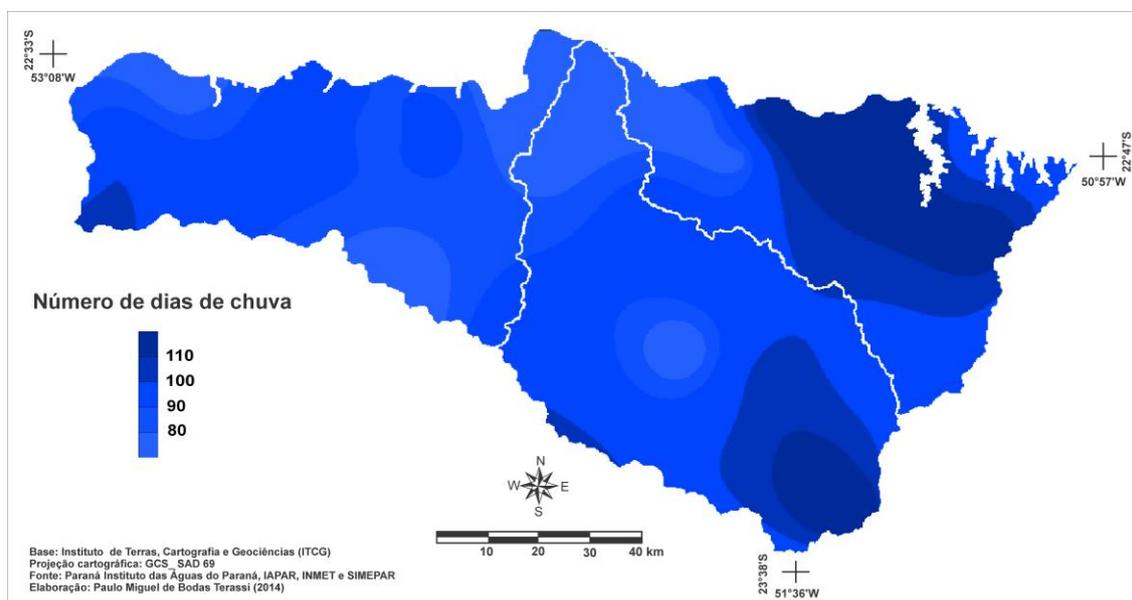


Figura 36 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

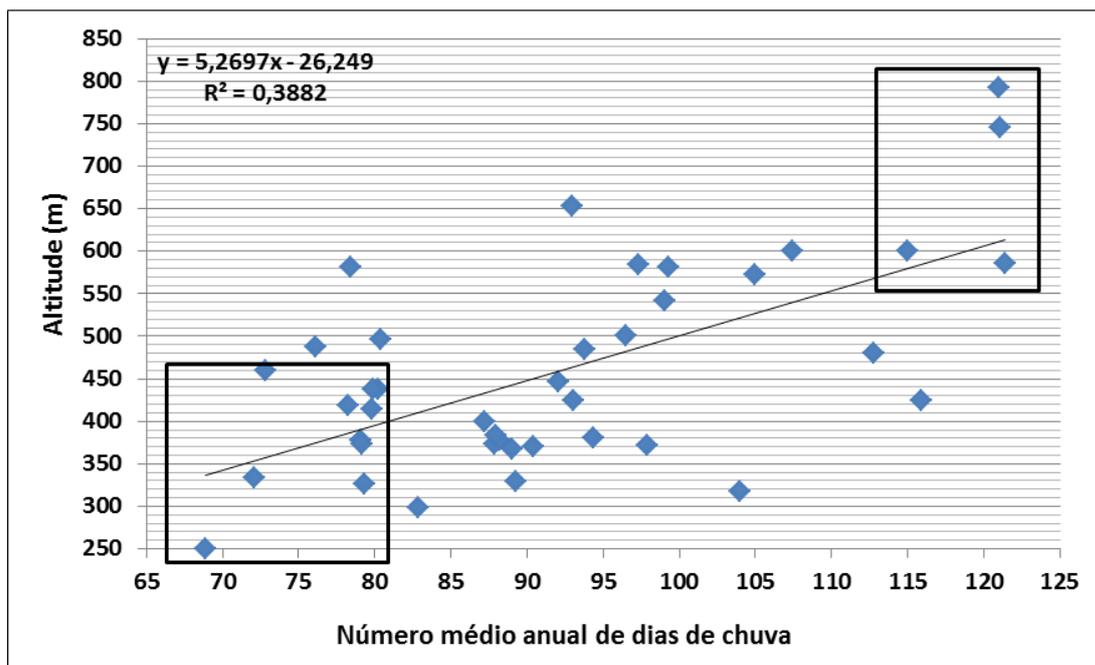


Figura 37 - Dispersão e correlação linear gráfica do número médio anual de dias de chuva e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

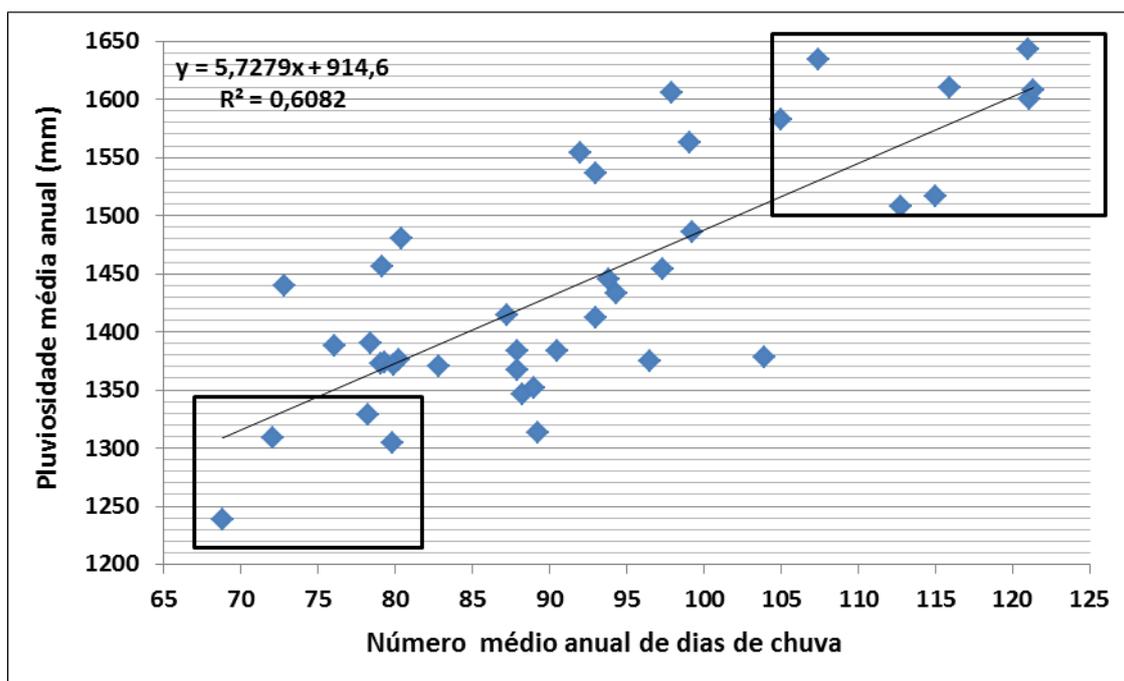


Figura 38 - Dispersão e correlação linear gráfica do número médio anual de dias de chuva e pluviosidade média anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno das bacias hidrográficas do rio Pirapó, Paranapanema III e IV.

O número máximo anual de dias de chuva apresentou uma distribuição espacial semelhante à apresentada pela média anual. Foi registrado um número superior a 140 dias de chuva para os setores sul e nordeste, enquanto que os setores centro e noroeste estes valores foram inferiores a 110 dias (**Figura 39**). Observou-se um padrão de

número máximo de dias de chuva inferior a 110 para os postos pluviométricos e estações meteorológicas com altitude inferior a 500 metros e superiores a 140 dias para as localidades acima dos 550 metros, condição que revela uma tendência de maiores número de dias de chuva para as porções mais elevadas da área de estudo (**Figura 40**).

Ainda, verificou-se que há uma tendência da ocorrência de maiores números de dias de chuva para os postos pluviométricos com as maiores máximas de pluviosidade anual, uma vez que, predominantemente, as localidades com número absoluto de dias de chuva superior a 135 apresentaram pluviosidade máxima superior a 2150 mm. Inversamente, os postos pluviométricos ou estações meteorológicas que, de modo geral, registraram número máximo absoluto de dias de chuva inferior a 120 e pluviosidade máxima inferior a 1950 mm. Ressalta-se que esta análise comparativa mostra uma predisposição das localidades com maior número de dias de chuva a terem os maiores volumes anuais de pluviosidade, pois existe uma quantidade significativa de postos pluviométricos ou estações meteorológicas que não necessariamente apresentaram esta mesma relação, o que é evidente pelo baixo valor (0,3333) do coeficiente de determinação (**Figura 40**).

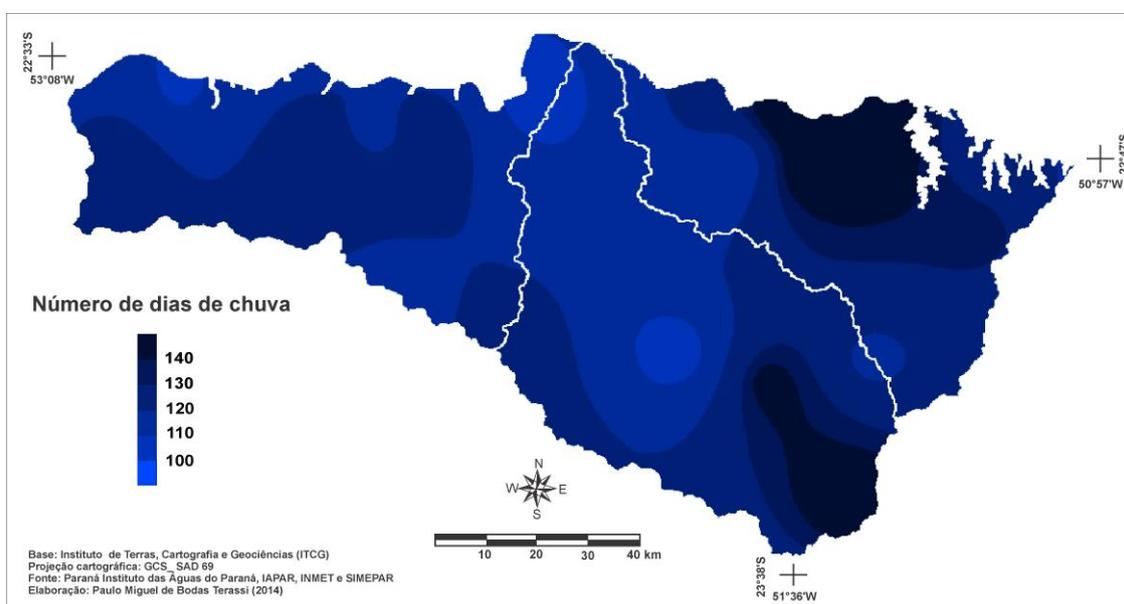


Figura 39 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

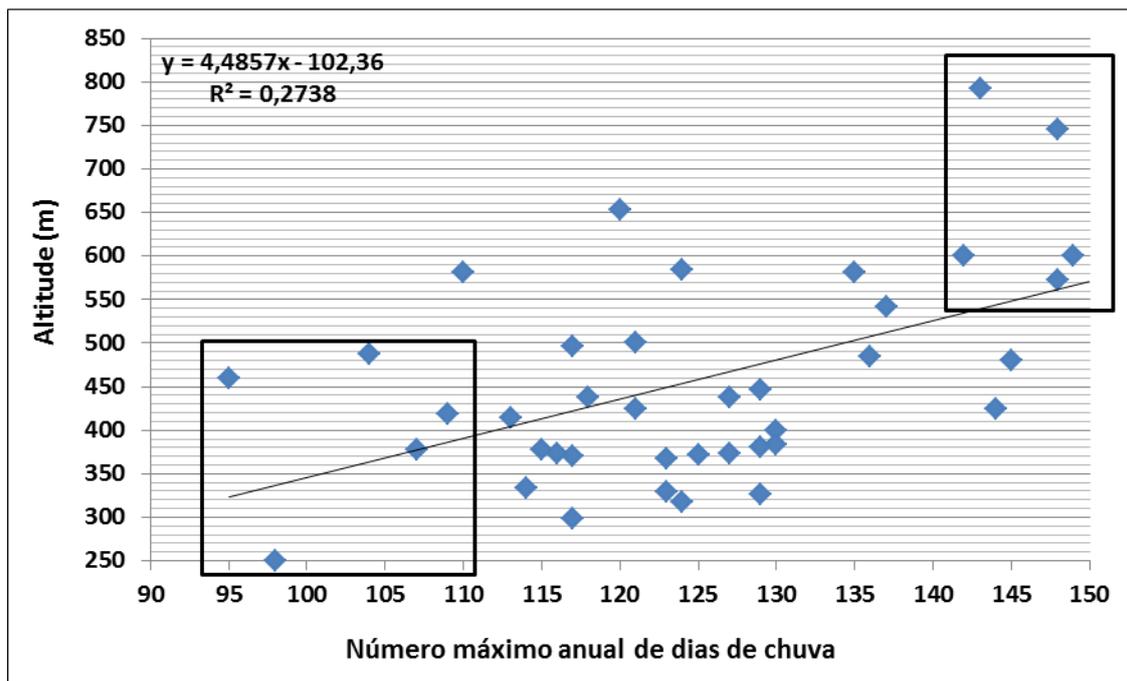


Figura 40 - Dispersão e correlação linear gráfica do número máximo anual de dias de chuva e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

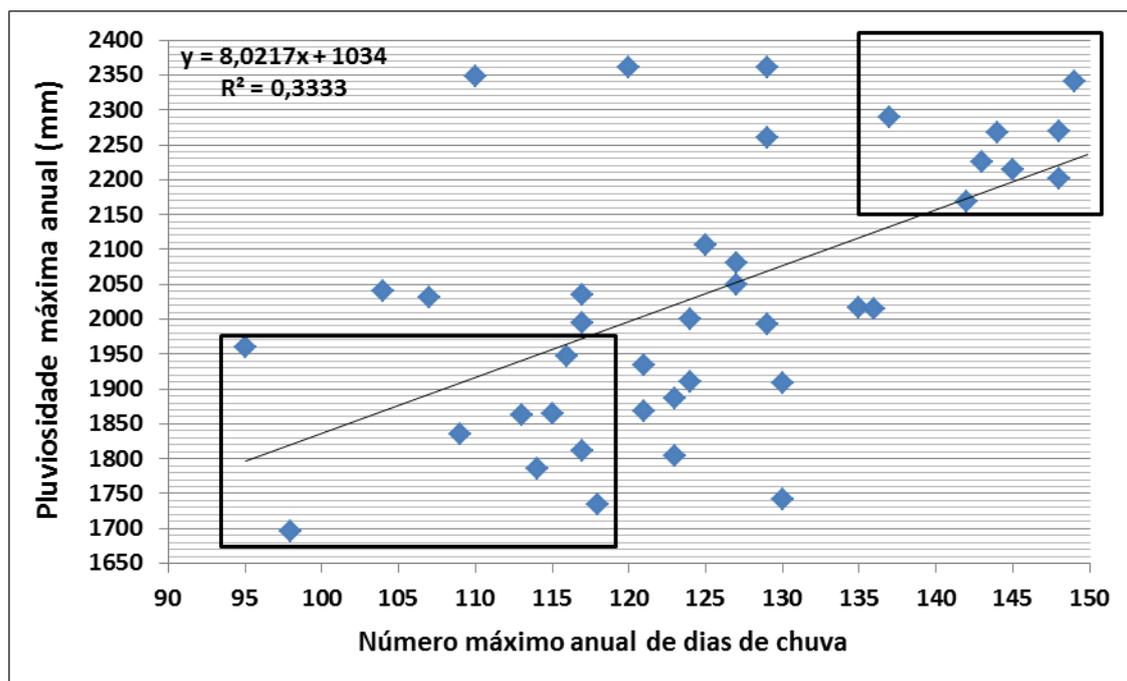


Figura 41 - Dispersão e correlação linear gráfica do número máximo anual de dias de chuva e pluviosidade máxima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica do rio Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

A distribuição dos dados do número mínimo anual de dias de chuva evidenciou que os setores norte e central apresentam os menores valores, com registros inferiores a 60 dias, enquanto que os setores sul e nordeste obtiveram os maiores valores, com

número de dias de chuva superiores a 80 (**Figura 42**). O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica demonstrou que há um padrão de postos pluviométricos ou estações meteorológicas com altitude superior a 540 metros e registro mínimo anual de dias de chuva superior a 70, e, em contraponto, localidades com cotas altimétricas inferiores a 450 e número mínimo absoluto de dias de chuva inferior a 50 (**Figura 43**).

Constatou-se que os postos pluviométricos e estações meteorológicas com número mínimo anual de dias de chuva superior a 80 apresentaram pluviosidade mínima superior a 1040 mm. De outro modo, as localidades com número mínimo de dias de chuva inferiores a 55 apresentaram, preponderantemente, pluviosidade mínima anual menor que 900 mm. Pondera-se que, embora o gráfico de dispersão e correlação linear gráfica apresente um número significativo dos postos pluviométricos e estações meteorológicas com proximidade a linha de tendência, verificou-se um baixo coeficiente de determinação (0,292). Portanto, a análise da relação entre o número mínimo de dias de chuva e o volume mínimo de pluviosidade a partir dos padrões citados acima é uma generalização (**Figura 44**).

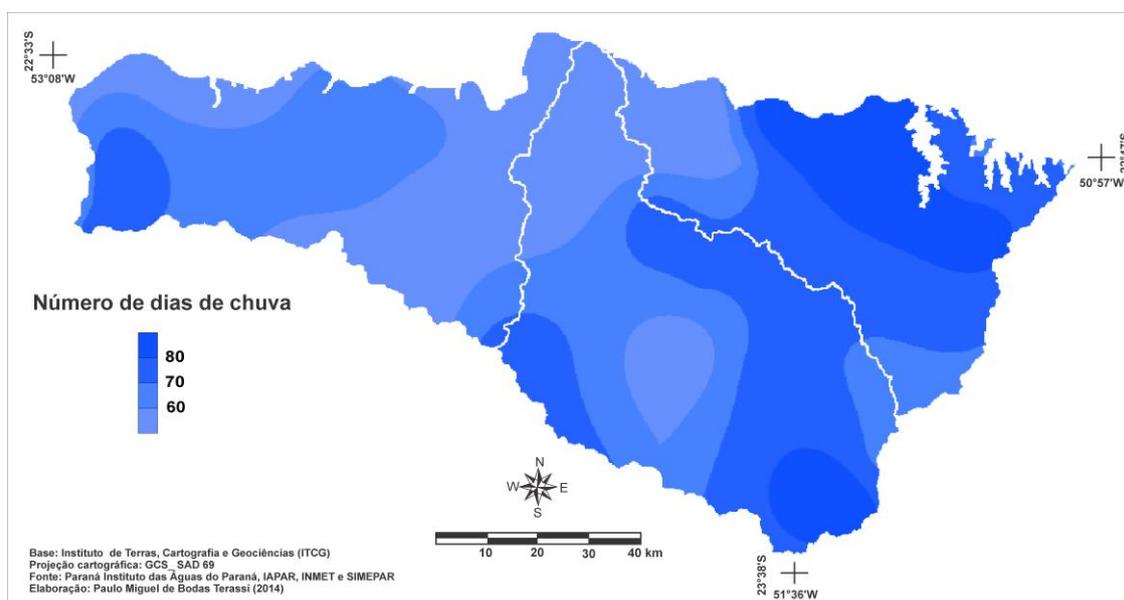


Figura 42 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

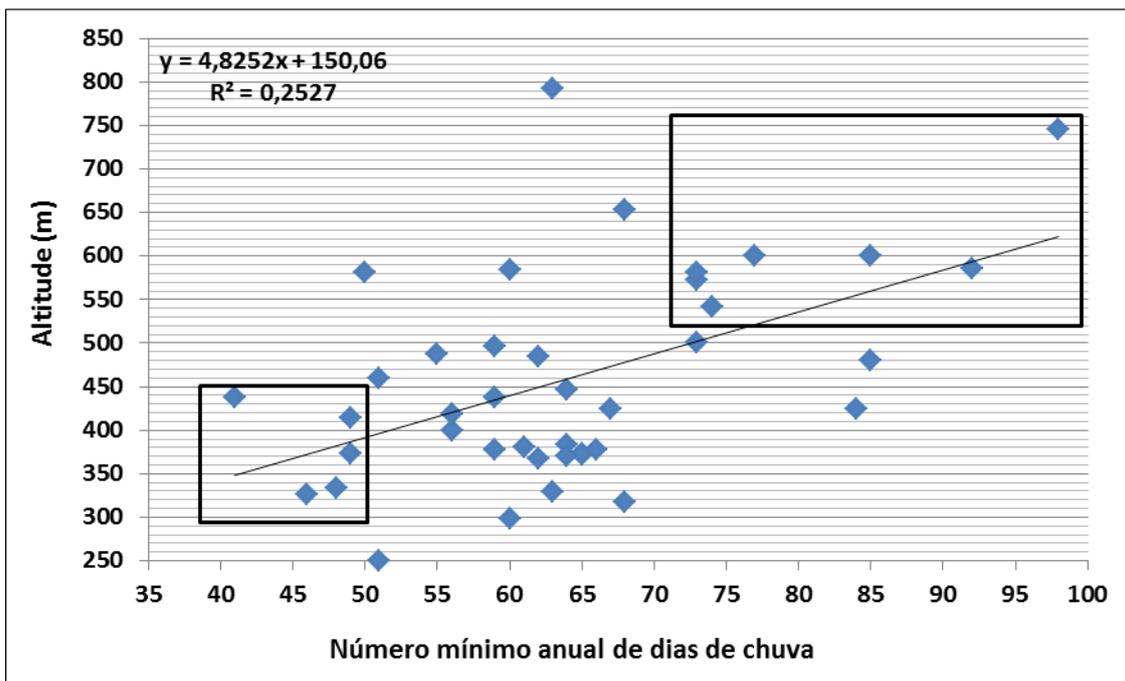


Figura 43 - Dispersão e correlação linear gráfica do número mínimo anual de dias de chuva e as altitudes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

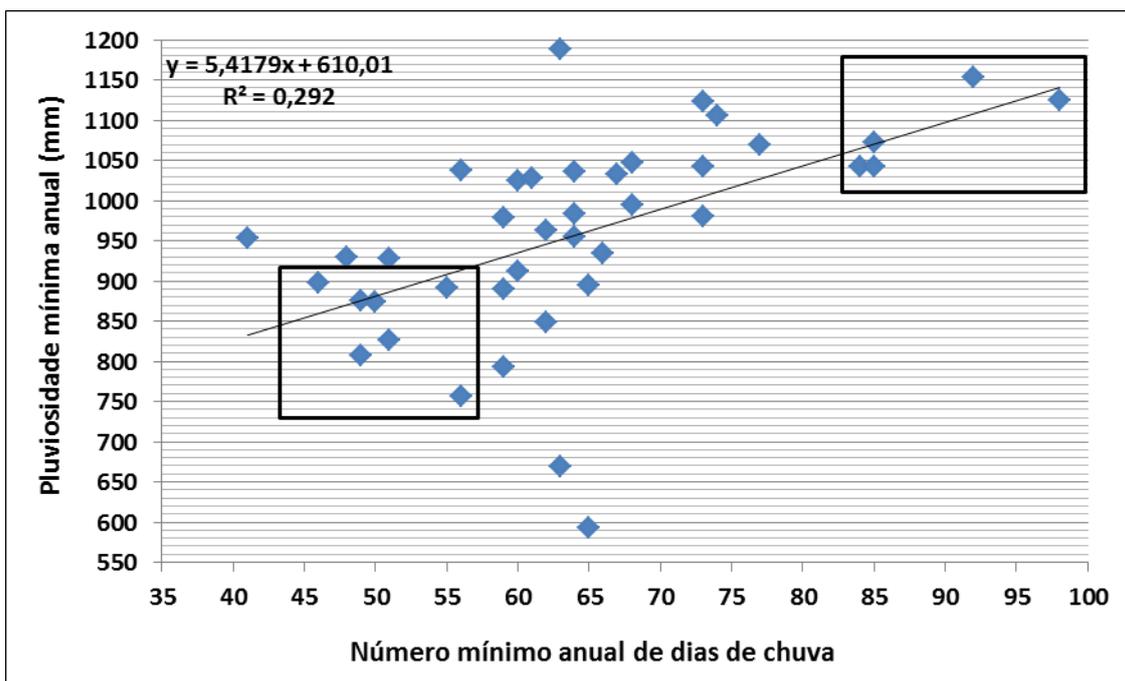


Figura 44 - Dispersão e correlação linear gráfica do número mínimo anual de dias de chuva e pluviosidade mínima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O cálculo dos parâmetros estatísticos básicos desvio padrão e coeficiente de variação demonstraram alguns padrões espaciais. Os setores nordeste, central e oeste apresentaram valores inferiores a 12, enquanto que núcleos isolados no setor norte e

sudeste obtiveram valores superiores a 16 (**Figura 45**). O coeficiente de variação da pluviosidade diária anual mostrou menores valores para os setores sul, oeste e nordeste apresentaram os menores valores, menores que 14%, sendo que a porção norte apresenta valores superiores a 18% (**Figura 46**). Predominantemente, as porções norte e central obtiveram os maiores valores de desvio padrão e, simultaneamente, do coeficiente de variação são aquelas que apresentam a maior variabilidade anual do número de dias de chuva. De modo contrário, as porções sul e nordeste apresentaram os menores valores de coeficiente de variação e, portanto, a menor variação anual de dias de chuva.

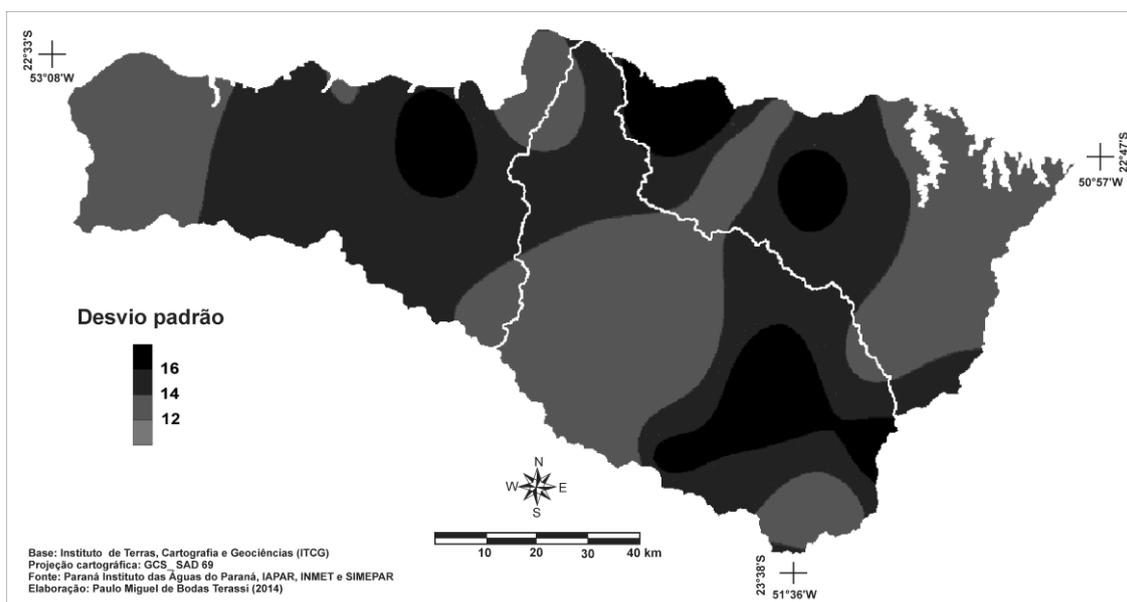


Figura 45 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

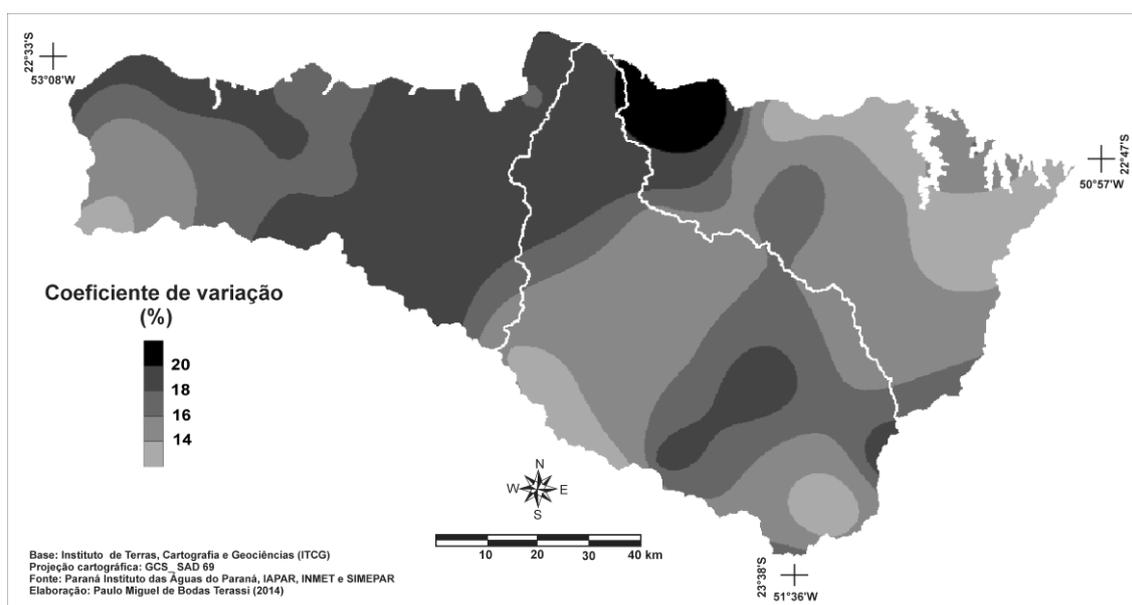


Figura 46 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.1.4.2 Número sazonal de dias de chuva

O número médio de dias de chuva para a escala sazonal está representado pela **figura 47**, que releva que o verão e a primavera concentram o período do ano em que mais ocorrem dias de chuva, com uma média de 63% do total anual. O verão é a estação que apresenta a maior média de dias de chuva, que corresponde a 31 dias de chuva e 34% da média anual, com médias superiores a 36 dias nos setores sul e nordeste e inferiores a 24 nos setores norte e central (**Figura 47 A**). A primavera apresenta uma média de 27 dias de chuva e 29% da média anual, com valores mais elevados de pluviosidade nos setores sul e nordeste, com isolinhas superiores a 30, enquanto que o setor norte e central apresenta isolinhas inferiores a 24 (**Figura 47 C**).

As duas estações que apresentaram as menores médias de dias de chuva foram o inverno e o outono, que concentram 37% do número médio anual de dias de chuva. Obteve-se uma média de 16 dias de chuva para o inverno, que se refere a 17% da média anual, com valores superiores a 18 nos setores sul e nordeste e inferiores a 12 dias no setor norte (**Figura 47 B**). O período de outono apresenta uma média de 18 dias, que representa 20% da média anual, com maiores valores de dias de chuva nos setores sul e nordeste, superiores a 22 dias, e menores isoietas nos setores norte e noroeste, inferiores a 18 dias (**Figura 47 D**).

A distribuição espacial da pluviosidade diária sazonal esteve altamente associada com as características do relevo regional, uma vez que o setor sul, de maiores cotas altimétricas, obteve as maiores médias de dias de chuva para todas as estações, enquanto que o setor norte e central, de menores elevações, apresentaram as menores médias de dias de chuva. Entretanto, o setor nordeste, que não apresenta uma maior hipsometria em relação às demais porções da unidade hidrográfica, mostrou também os maiores resultados de pluviosidade diária sazonal, o que acusa a necessidade de um estudo detalhado acerca das características climáticas regionais. Quanto à distribuição temporal do número de dias de chuva, a concentração de maiores números de dias de chuva para o verão e primavera está de acordo com a tendência obtida para as alturas pluviométricas sazonais, com uma atuação mais incisiva dos sistemas atmosféricos intertropicais conjugada aos sistemas extratropicais, condição responsável pela maior frequência de número de dias de chuva. A redução do número de dias de chuva no período de outono e inverno é atribuída a menor participação dos sistemas atmosféricos

intertropicais e a participação majoritária dos sistemas atmosféricos frontais na formação de eventos de pluviosidade.

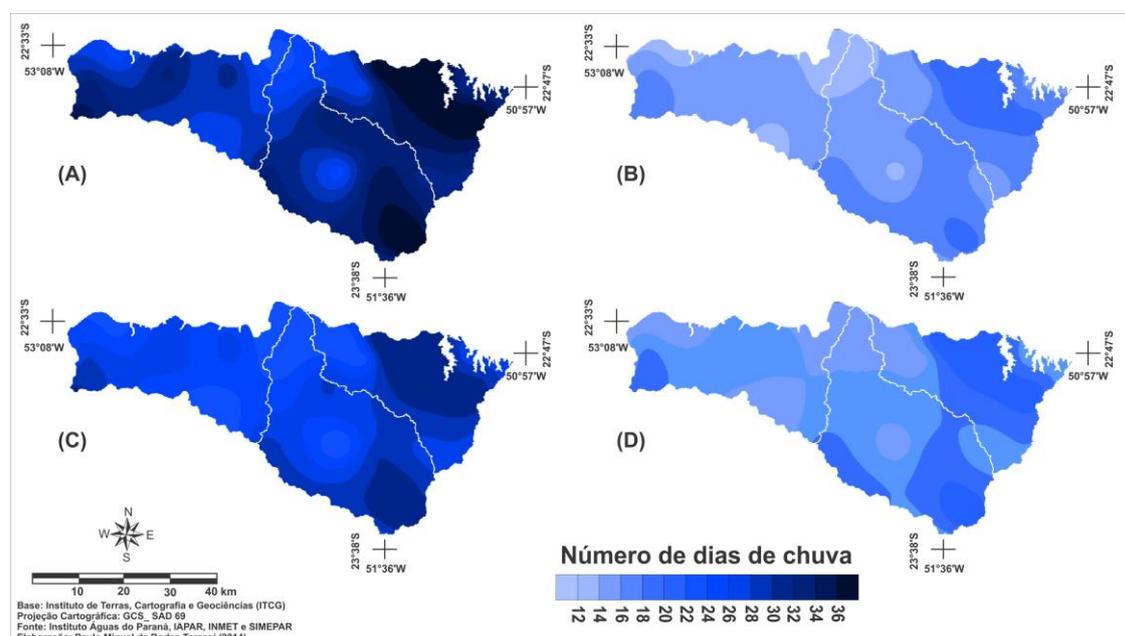


Figura 47 - Distribuição espacial do número médio de dias chuvos para o verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.1.4.3 Número mensal de dias de chuva

O número médio de dias de chuva para a escala mensal está demonstrado pelas **figuras 48, 49 e 50**. Os valores máximos absolutos mensais de dias de chuva estão representados pelas **figuras 51, 52 e 53** enquanto que os valores mínimos absolutos mensais de dias de chuva estão representados pelas **figuras 54, 55 e 56**. Os resultados de desvio padrão estão demonstrados pelas **figuras 57, 58 e 59** e os coeficientes de variação da pluviosidade diária mensal estão plotados nos mapas referentes às **figuras 60, 61 e 62**.

O mês de janeiro apresenta uma média de 12,1 dias de chuva para toda unidade hidrográfica e é, portanto, o mês com a maior ocorrência da pluviosidade diária mensal, com valores superiores a 14 dias para o setor sul e nordeste e inferiores a 10 dias no setor norte (**Figura 48 A**). Com uma pluviosidade média de 10,5 dias, verifica-se no mês de fevereiro uma pluviosidade superior a 12 dias para os setores sul e nordeste e inferiores a 10 dias para o setor norte (**Figura 48 B**). A pluviosidade média diária para toda unidade hidrográfica no mês de março é 8,4, com isolinhas superiores a 10 dias para o setor sul e nordeste e inferiores a 8 dias no setor norte (**Figura 48 C**). O mês de

abril apresenta uma média de 6,5 dias de chuva, sendo que os valores mais elevados para o setor sul e nordeste, superior a 8 dias, e menores para o setor norte e central, inferior a 6 dias (**Figura 48 D**).

O mês de abril apresenta uma pluviosidade média de 6,5 dias, com isolinhas superiores a 8 dias nos setores sul e nordeste e inferiores a 6 dias no setor extremo norte (**Figura 49 A**). Verifica-se no mês de junho uma média de 5,5 dias de chuva, sendo que os valores mais elevados, superiores a 6 dias, ocorrem nos setores sul e nordeste, e as menores médias são verificadas nos setores norte, central e sudeste, inferiores a 4 dias (**Figura 49 B**). O mês de julho obteve uma pluviosidade média de 4,4 dias de chuva, com uma grande porção apresentando um número médio de dias de chuva inferior a 4 dias e, em menor área, para os setores oeste, sul e nordeste observou-se uma média superior a 6 dias (**Figura 49 C**). Com a menor média da pluviosidade diária, aferiu-se que o mês de agosto apresenta 4,2 dias de chuva, que a maioria das áreas da unidade hidrográfica apresenta um número médio de dias de chuva inferior a 2 dias, e que os setores sul e nordeste apresentou uma média superior a 4 dias de pluviosidade (**Figura 49 D**).

O início da estação chuvosa é evidente com o aumento do número médio de dias de chuva no mês de setembro, que apresenta uma média de 7,2 dias, com pluviosidade diária superior a 8 dias para os setores sul, oeste, leste e nordeste e inferior a 6 dias nos setores noroeste e central (**Figura 50 A**). Em outubro verifica-se uma pluviosidade diária média de 8,0 dias, com valores superiores a 10 dias nos setores sul e nordeste e inferiores a 6 dias nos setores norte e central (**Figura 50 B**). O mês de novembro apresenta uma média de 8,3 dias de chuva, sendo que os setores sul e nordeste apresentaram média superior a 10 dias e inferiores a 8 dias nos setor norte (**Figura 50 C**). O mês de dezembro apresenta uma pluviosidade diária média de 10,5 dias, com as maiores isolinhas nos setores sul e nordeste, superiores a 12 dias, e as menores isolinhas nos setores norte e central, inferiores a 10 dias (**Figura 50 D**).

A espacialização do número médio mensal de dias de chuva indicou que os setores sul e nordeste da unidade hidrográfica apresentaram predominantemente as maiores médias de dias de chuva e, inversamente, os setores norte e central obtiveram as menores médias de pluviosidade diária mensal. O período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro concentraram 63,7% do número médio anual de dias de chuva, com um aumento mais significativo do número médio de dias de chuva nos setores sul e nordeste. Por sua vez, o período que vai de abril a agosto apresenta 36,3% do número

médio anual de dias de chuva, com uma redução mais significativa nos setores norte e central da unidade hidrográfica.

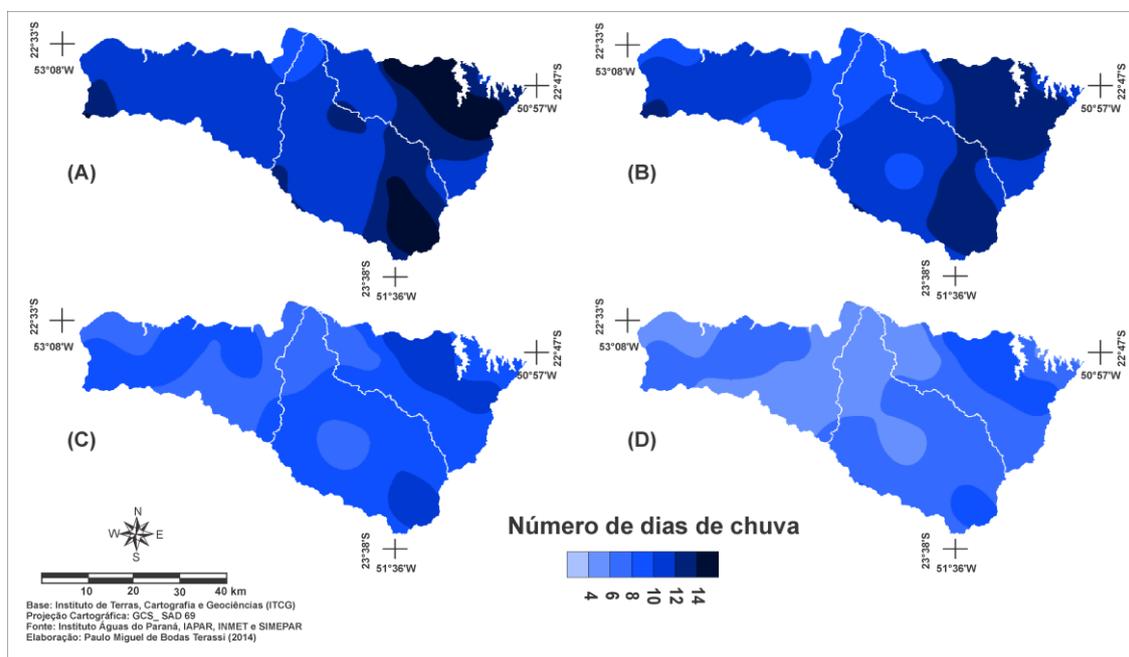


Figura 48 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

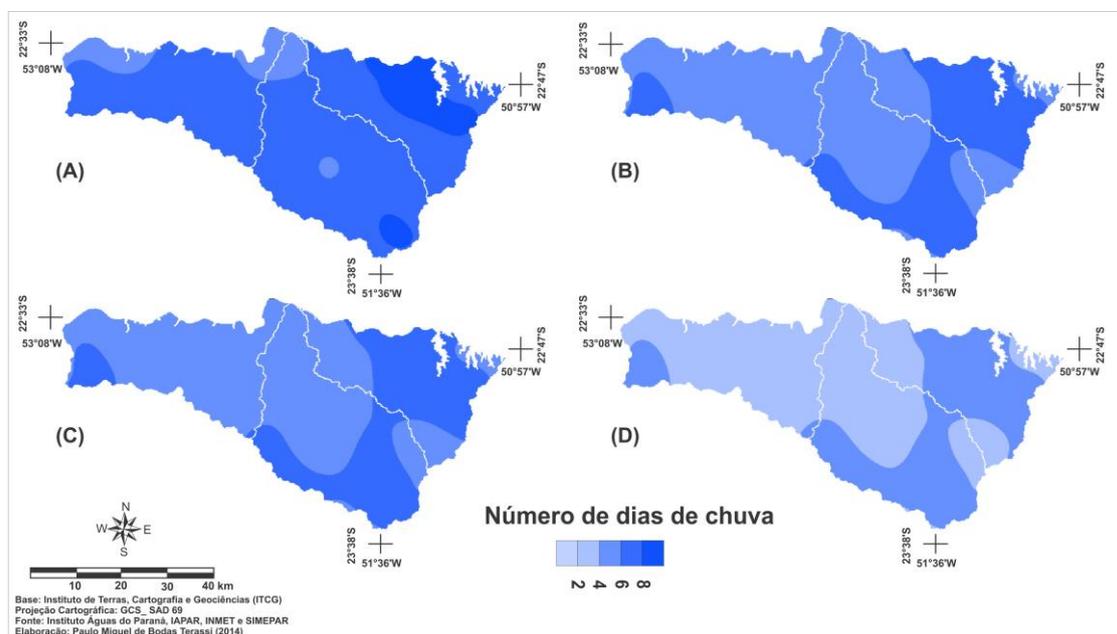


Figura 49 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva nos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

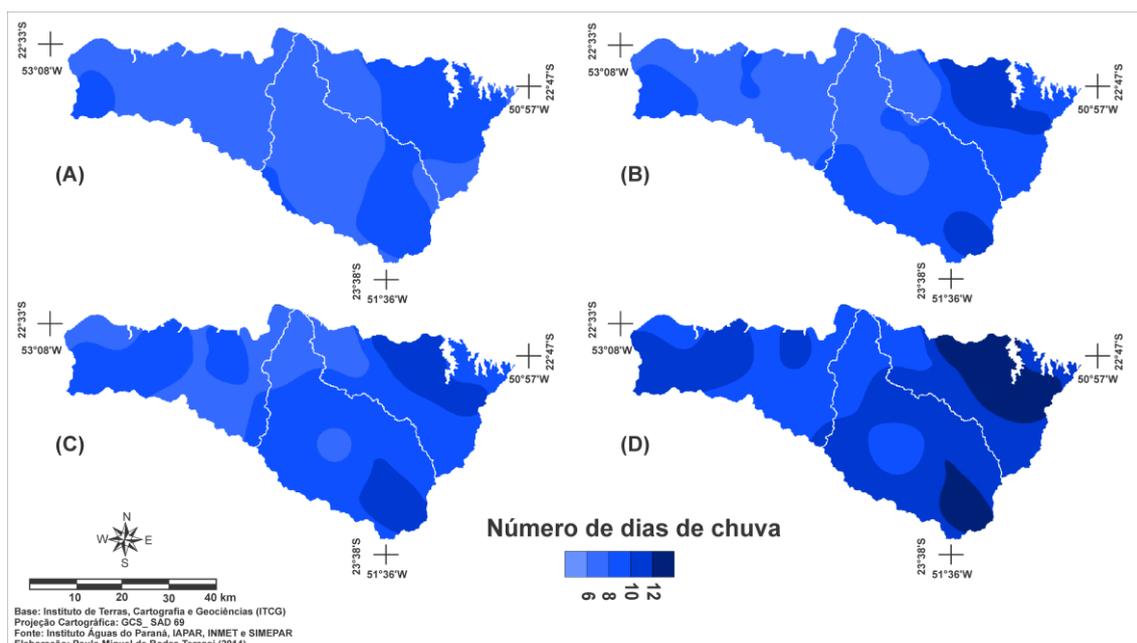


Figura 50 - Distribuição espacial do número médio de dias de chuva nos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os registros da pluviosidade máxima diária mensal indicaram os meses e os setores da unidade hidrográfica que apresentam a maior ocorrência de eventos da pluviosidade. O mês de janeiro apresentou uma média máxima de 21,9 dias de chuva, com valores máximos verificados nos setores sul e nordeste, superiores a 26 dias, e valores mínimos no setor norte, inferiores a 16 dias (**Figura 51 A**). Em fevereiro verificou-se que a média de número máximo de dias de chuva é 17,5, com valores superiores a 20 dias para o setor nordeste e inferiores a 14 dias para o setor norte (**Figura 51 B**). O mês de março apresenta média de número máximo de dias de chuva de 16,6, com os maiores registros no setor nordeste, superiores a 20 dias, e menores registros no setor norte e central, inferiores a 12 (**Figura 51 C**). Com uma média de 12,8 dias, observou-se que os maiores registros de pluviosidade diária máxima para o mês de abril foram verificados no setor nordeste, com números superiores a 14 dias, e os menores valores máximos ocorreram nos setores noroeste e central, com números inferiores a 10 dias (**Figura 51 D**).

Os resultados da pluviosidade máxima diária apresentaram panorama semelhante ao obtido para as alturas máximas pluviométricas para o quadrimestre de maio a agosto, pois se observou um aumento do número máximo de dias de chuva para os meses de maio e junho, em relação aos meses que os antecedem ou sucedem, e que os meses de julho e agosto apresentam as menores máximas de dias de chuva. O mês de maio apresentou uma média máxima de 15,4 dias de chuva, com valores máximos

superiores 18 dias para um núcleo isolado no setor oeste e valores mínimos inferiores a 14 dias para os setores noroeste, sudoeste, sudeste, central e nordeste (**Figura 52 A**). Com uma média máxima de 14 dias de chuva, o mês de junho apresentou os maiores registros de pluviosidade máxima diária para os setores nordeste e oeste, com números superiores a 16 dias, ao passo que os maiores registros foram identificados nos setores leste e central, com números inferiores a 12 dias (**Figura 52 B**). A média do número máximo de dias de chuva para o mês de julho é 12,2, com valores superiores a 16 dias nos setores sul e norte e inferiores a 10 dias nos setores noroeste, oeste, central e sudeste (**Figura 52 C**). O mês de agosto apresenta o menor valor máximo médio de dias de chuva, referente a 11,1 dias, com registros superiores a 12 dias nos setores leste e nordeste e inferiores a 10 dias nos setores sudoeste, oeste e central (**Figura 52 D**).

O quadrimestre de setembro a dezembro apresenta um aumento do número máximo mensal de dias de chuva em relação ao quadrimestre anterior. Verifica-se no mês de setembro uma média máxima de 13,1 dias de chuva, com valores superiores a 14 dias nos setores sul, leste e nordeste e inferiores a 12 dias no setor central (**Figura 53 A**). Com uma média máxima mensal de 14,6 dias de chuva, outubro registrou o maior número de dias de chuva para os setores sul e nordeste, com valores superiores a 16 dias, e o menor número máximo de dias de chuva para os setores norte, noroeste e central, inferiores a 14 dias (**Figura 53 B**). O mês de novembro apresentou uma média máxima de 16,9 dias de chuva, com valores mais elevados para o setor sul e nordeste, superiores a 18 dias, e menores máximas para os setores noroeste e central, inferiores a 14 dias (**Figura 53 C**). O mês de dezembro, o mais chuvoso do quadrimestre, registrou média de 18,2 dias de chuva, a segunda maior média do número máximo de dias de chuva. Observou-se que para os setores nordeste o número máximo de dias de chuva para o mês de dezembro é superior a 20, enquanto que para os setores norte e central a pluviosidade máxima diária mensal é inferior a 16 dias (**Figura 53 D**).

Demonstrou-se que, desse modo, os meses de janeiro e dezembro são os meses que apresentam o maior número máximo de dias de chuva, superiores a 18 dias. Verificou-se nos meses de abril, julho e agosto o menor número máximo de dias de chuva, inferiores a 13 dias. Os setores nordeste e sul apresentaram frequentemente os maiores valores de pluviosidade diária máxima mensal e, inversamente, os setores norte e central mostraram os menores valores do número máximo mensal de dias de chuva. Novamente, observou-se nos meses de maio e junho um aumento do número máximo de dias de chuva em relação aos meses que o antecede ou sucede. Os resultados de

pluviosidade máxima diária mensal são aproximados aos obtidos para o número médio de dias de chuva, com padrões espaciais e temporais semelhantes.

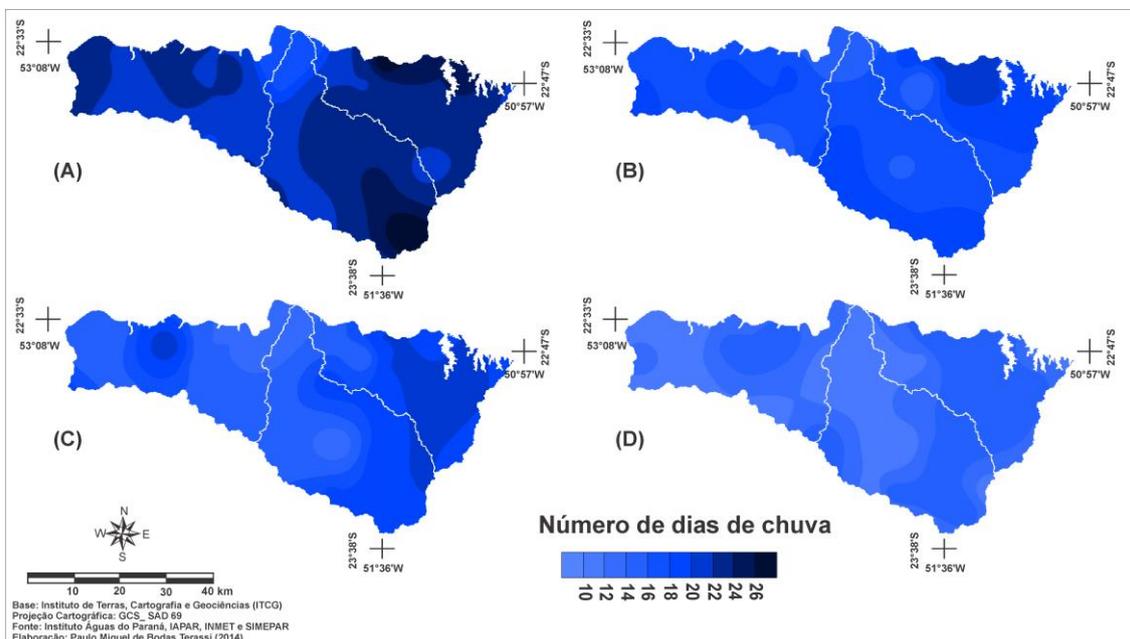


Figura 51 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

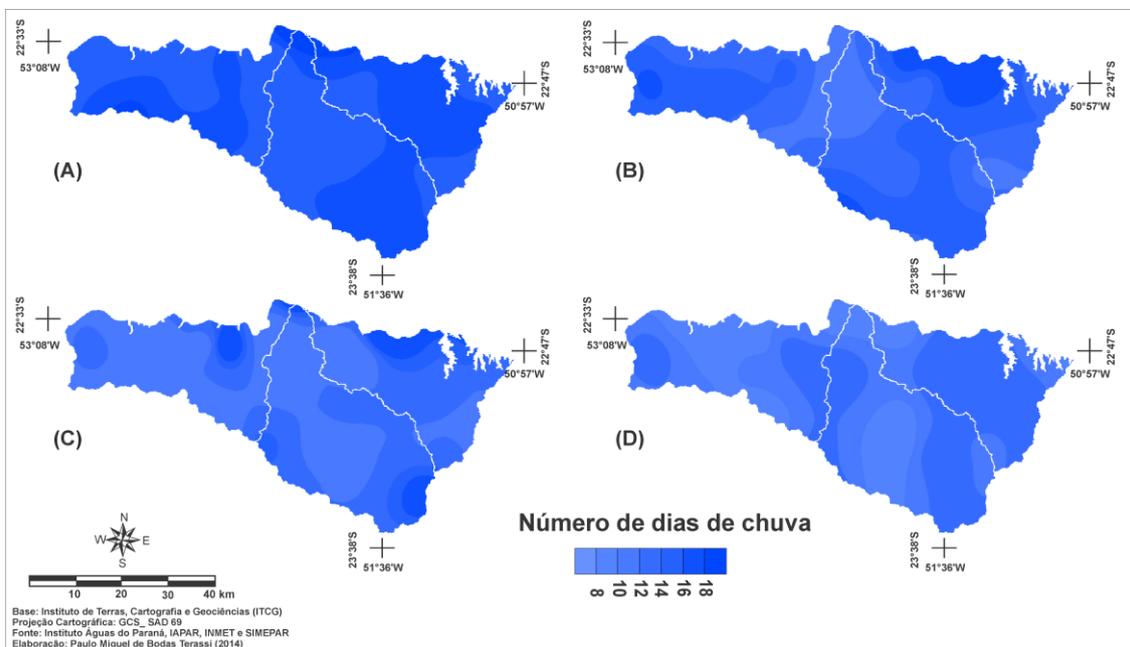


Figura 52 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva nos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

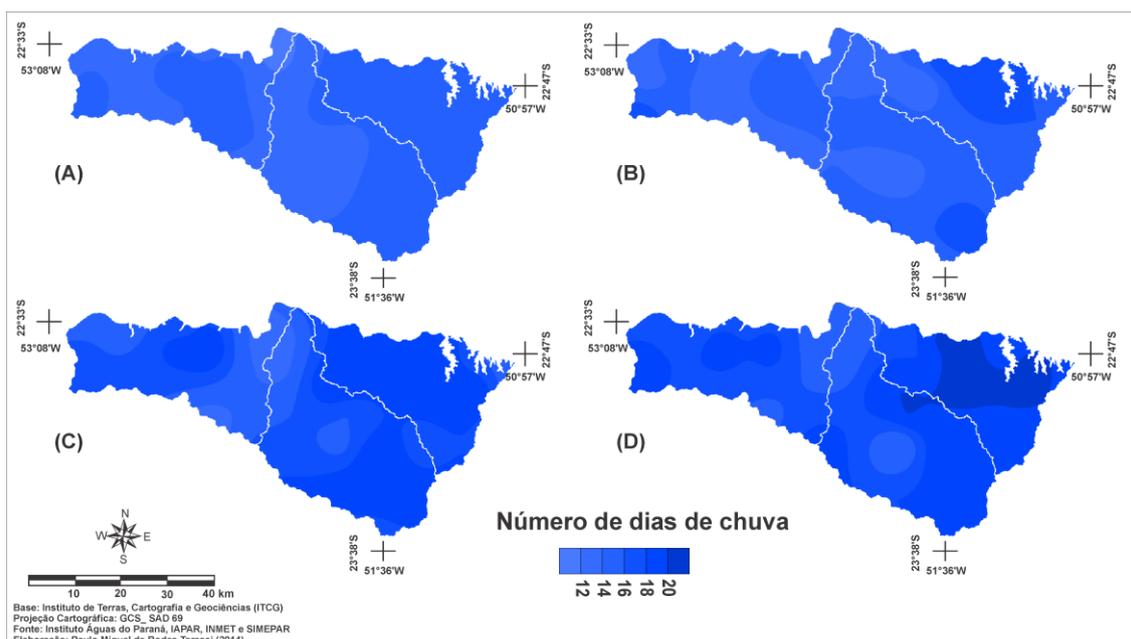


Figura 53 - Distribuição espacial do número máximo de dias de chuva nos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os trimestres de janeiro a março e de outubro a dezembro apresentam de forma consistente o período mais chuvoso para a unidade hidrográfica, pois se verificou neste período as menores reduções do número de dias de chuva. O mês de janeiro apresentou uma média do número mínimo de dias de chuva de 3,8 dias, com os valores mais elevados nos setores nordeste e sul, superiores a 5 dias, e menores registros no setor norte, inferiores a 2 dias (**Figura 54 A**). O mês de fevereiro obteve uma média mínima de 2,3 dias de chuva, com isoietas superiores a 4 dias para os setores nordeste e sul e inferiores a 1 dia nos setores norte e central (**Figura 54 B**). Com uma média mínima de 2,4 de dias de chuva, o mês de março apresenta um número mínimo de dias de chuva superior a 5 para o setor nordeste, e inferior a 2 dias para os setores oeste, noroeste, norte e central (**Figura 54 C**). Obteve-se uma média mínima de 2,7 dias de chuva para o mês de outubro, com isolinhas superiores a 3 dias para os setores sudoeste, noroeste, sul e nordeste, e inferior a 2 dias para núcleos isolados nos setores oeste, central e norte (**Figura 54 B**). O mês de novembro apresentou uma média mínima de 2,8 dias de chuva, com valores maiores que 4 dias para os setores nordeste e sul e menores que 1 para o setor norte (**Figura 54 C**). Verificou-se em dezembro a maior média de número mínimo de dias de chuva, equivalente a 3,9, com valores superiores a 6 dias para o setor sul e inferior a 2 dias para o setor norte (**Figura 54 D**).

Identificou-se que o período que vai de junho a agosto representa claramente o período de redução das chuvas, uma vez que foram verificados valores mínimos do número de dias de chuva inferior a 0,3. Ainda, este valor foi ocultado e minimizado pelos mapas que foram gerados, dado que se observa pelas **figuras 55 B, 55 C e 55 D** que o valor predominante é equivalente a 0. Esta condição evidencia que toda unidade hidrográfica apresenta a possibilidade de não registrar ao menos um dia de ocorrência da pluviosidade durante tal trimestre.

Com características intermediárias, os meses de abril, maio e setembro apresentaram semelhança quanto ao número mínimo de dias de chuva. O mês de abril apresentou uma média mínima de 0,8 dias de chuva para toda unidade hidrográfica, com valores superiores a 1 para os setores sul, noroeste, leste e central, e inferior a 1 para os demais setores (**Figura 54 D**). O mês de maio apresentou uma média mínima de 1,0 dia de chuva, sendo que os maiores valores foram verificados no setor nordeste, superior a 2 dias, e os menores valores para os setores central, norte e noroeste, inferiores a 1 dia (**Figura 55 A**).

Apontou-se, por conseguinte, que o período com os mais elevados valores mínimos do número de dias de chuva ocorre de janeiro a março e de outubro a dezembro e, inversamente, o trimestre de junho a agosto apresenta a maior redução do número de dias de chuvas. Observou-se que os setores nordeste e sul apresentaram frequentemente os maiores valores de pluviosidade mínima diária mensal, ao passo que o setor norte registrou a maior redução do número mínimo mensal de dias de chuva.

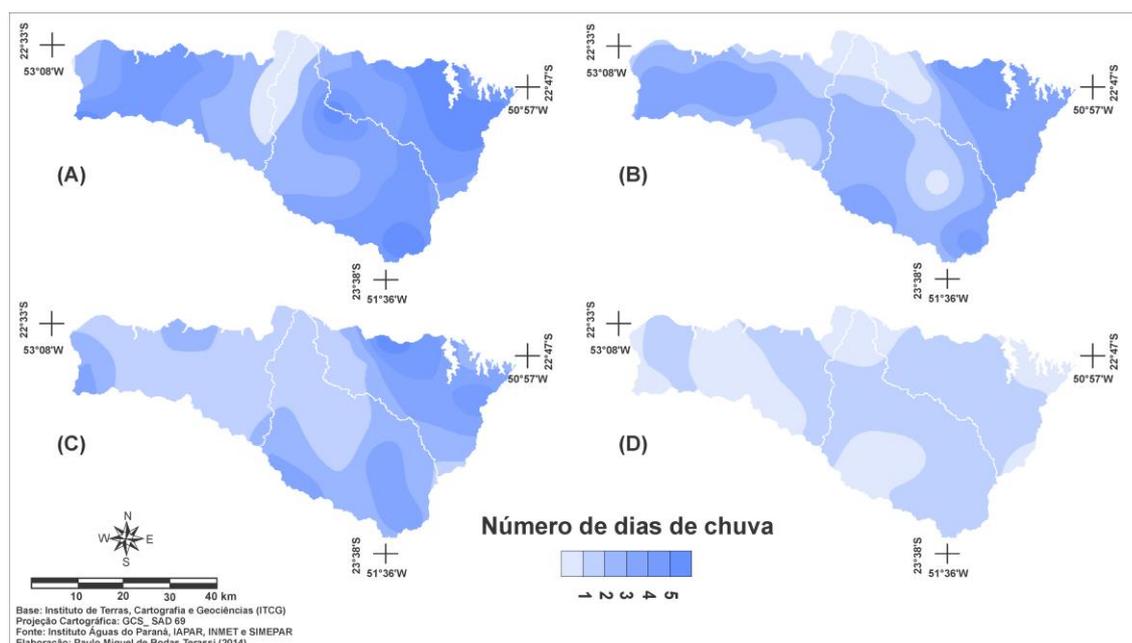


Figura 54 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para as bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

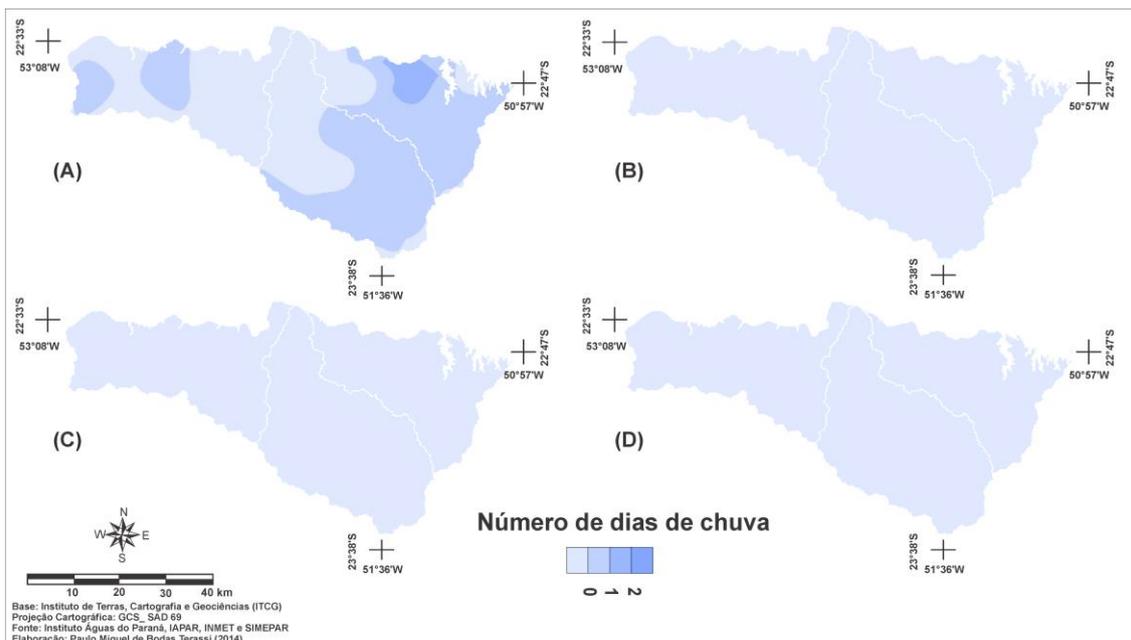


Figura 55 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva nos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

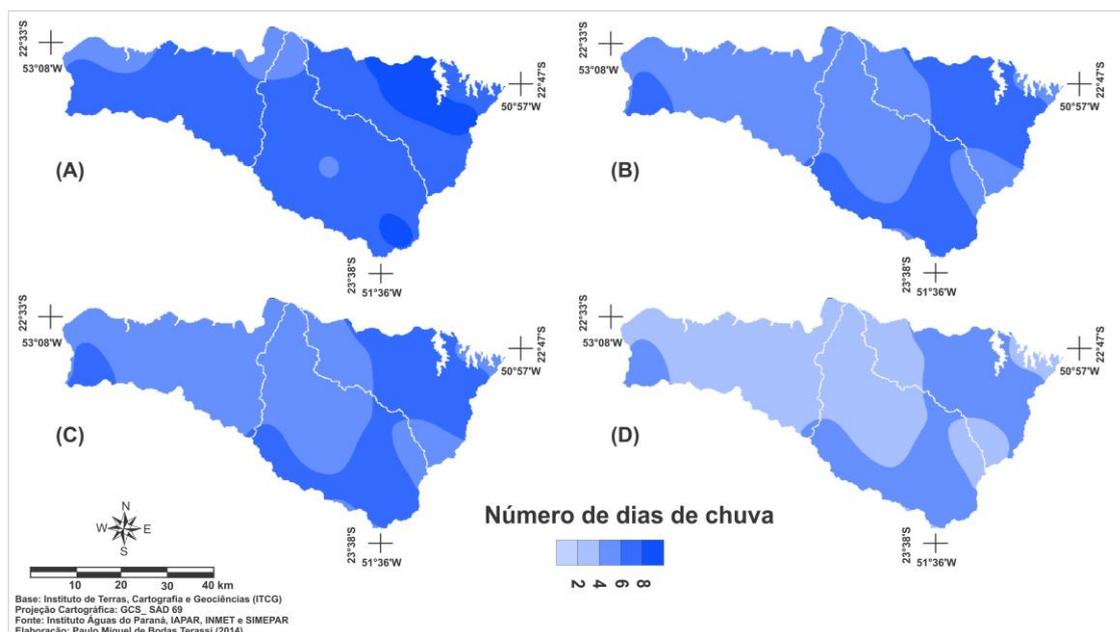


Figura 56 - Distribuição espacial do número mínimo de dias de chuva nos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os resultados de desvio padrão mostraram a dispersão dos valores do número de dias de chuva mensais para a unidade hidrográfica. Observou-se que janeiro apresenta a maior média do desvio padrão do número de dias de chuva, equivalente a 3,6, com valores superiores a 4,5 para os setores sul e nordeste e inferiores a 3,0 para o setor norte (**Figura 57 A**). Verifica-se para o mês de fevereiro uma média de 3,0 do desvio padrão, com valores superiores a 4 nos setores nordeste e sul, e inferiores a 2,5 nos

setores norte e central (**Figura 57 B**). O mês de outubro apresentou uma média de 2,5 do desvio padrão, sendo que os maiores valores foram observados nos setores sul e nordeste, superiores a 3, e os menores valores foram identificados nos setores norte e central, inferiores a 2 (**Figura 57 C**). A redução do número médio de dias de chuva em abril ajusta-se a redução da média de desvio padrão para o mês de abril, referente a 1,9, com valores superiores a 2,5 para o setor sul e inferiores a 2 para os setores noroeste, norte e central (**Figura 57 D**).

Com a redução do número médio de dias de chuva, o quadrimestre que vai de maio a agosto apresentou uma redução dos resultados de desvio padrão. O mês de maio, de frequente aumento do número de dias de chuva, apresentou uma maior média do desvio padrão em relação a abril e junho, referente a 2,1, com valores superiores a 3 no setor sul e inferiores a 2 para os setores noroeste, oeste, norte e central (**Figura 58 A**). O mês de junho obteve uma média de 1,9 do desvio padrão, com valores superiores a 3 para o setor sul e inferiores a 2 para os setores noroeste, norte, central e sudeste (**Figura 58 B**). Com uma média de 1,5 do desvio padrão, notou-se que no mês de julho os maiores valores ocorreram para o setor sul, superior a 2,5, e que os menores valores ocorrem para grande porção da unidade hidrográfica, inferiores a 1,5, sobretudo para os setores noroeste, norte e central (**Figura 58 C**). O mês de maior redução do número de dias de chuva, agosto obteve uma média de desvio padrão de 1,5, com valores superiores a 2 para o setor sul e inferiores a 1,5 para os setores noroeste, norte, central e sudeste (**Figura 58 D**).

O quadrimestre que vai de setembro a dezembro, período que há um aumento da pluviosidade em relação ao quadrimestre anterior, mostrou maiores valores de desvio padrão da pluviosidade diária mensal. O mês de setembro obteve desvio padrão de 2,2, com isolinhas superiores a 2,5 para os setores sul e nordeste e inferiores a 2 para os setores norte e central (**Figura 59 A**). Em outubro e novembro observou-se que os resultados de desvio padrão foram semelhantes, com uma média de 2,4, sendo que os valores foram superiores a 3 para os setores sul e nordeste, ao passo que o setor norte apresenta valores inferiores a 2 (**Figuras 59 B e 59 C**). Com uma média de 3,0 do desvio padrão, dezembro apresentou valores superiores a 3,5 para o setor nordeste e inferiores a 2,5 para o setor norte (**Figura 59 D**).

Os resultados apresentados indicam que o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro obtiveram os maiores valores de desvio padrão da pluviosidade diária mensal, enquanto que os meses de julho e agosto apresentaram os menores

resultados. Observou-se que os setores norte e central mostraram os menores valores de desvio padrão e, comumente para os setores sul e nordeste, sobretudo nos meses de verão para este último, reconheceu-se os maiores valores de desvio padrão. O padrão temporal e espacial identificado para os desvios padrões está de acordo com o analisado para as médias pluviométricas diárias mensais.

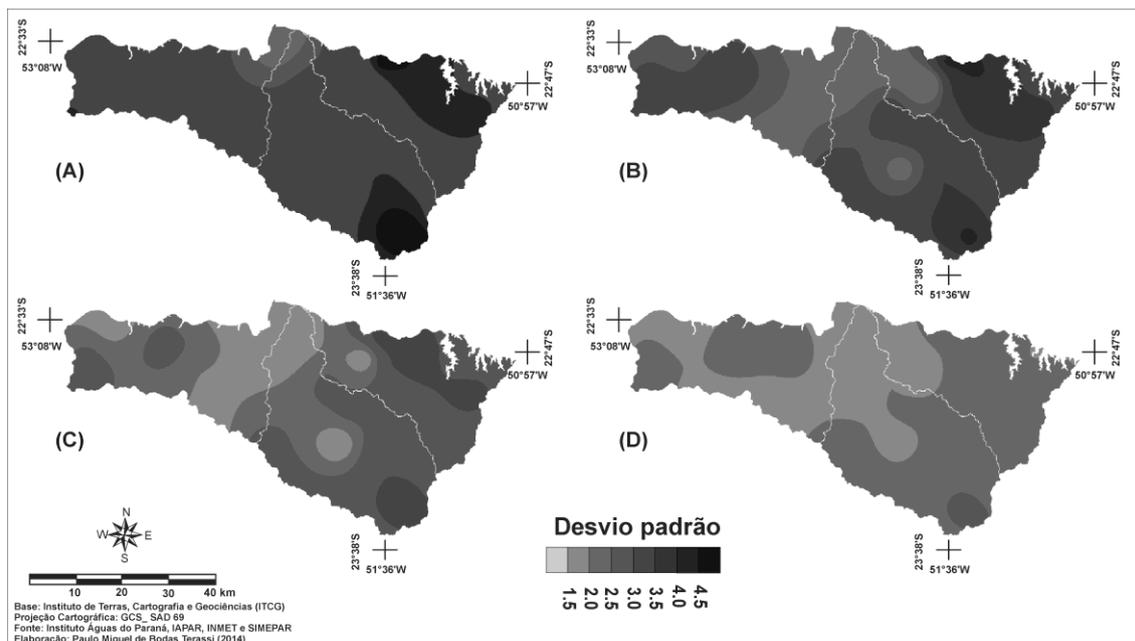


Figura 57 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

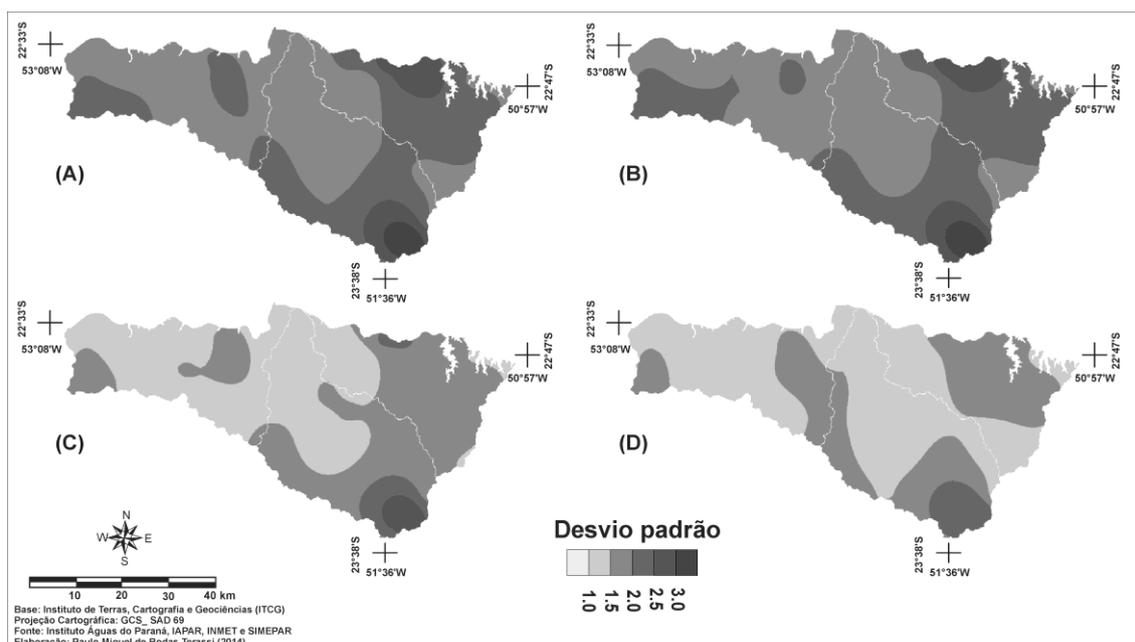


Figura 58 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

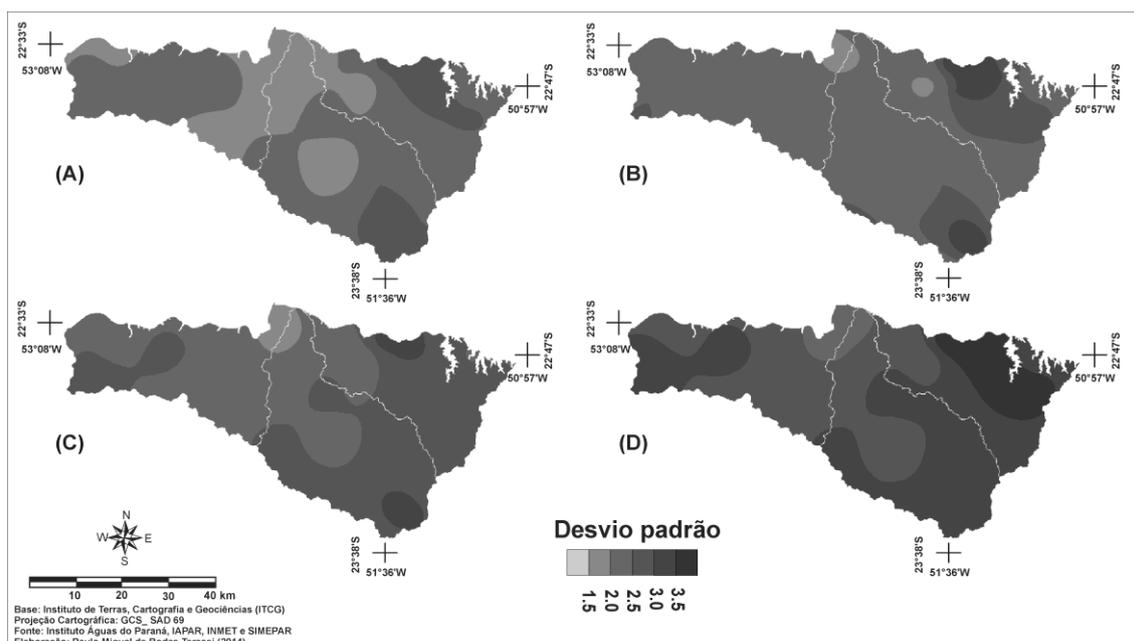


Figura 59 - Distribuição espacial do desvio padrão do número de dias de chuva dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O coeficiente de variação indicou percentualmente a variação do conjunto de dados da pluviosidade diária mensal em relação à média. O mês de janeiro apresentou uma média do coeficiente de variação de 29,4%, com valores superiores a 35% para o setor sul e inferiores a 25% para o setor norte (**Figura 60 A**). Com uma média de 29,1%, o mês de fevereiro obteve valores superiores a 30% para os setores oeste, noroeste, sul, sudeste e nordeste, ao passo que o setor norte apresentou valores inferiores a 25% (**Figura 60 B**). O mês de março apresentou uma média de 29,3%, com valores superiores a 30% nos setores oeste, sul, sudeste e nordeste, e inferiores a 25% no setor norte (**Figura 60 C**). Verificou-se em abril uma média de 30,7%, com resultados superiores a 35% para os setores sul, oeste, noroeste e nordeste, e inferiores a 25% para o setor norte (**Figura 60 D**).

Notou-se que o quadrimestre que vai de maio a agosto apresentou os maiores valores médios do coeficiente de variação da pluviosidade diária mensal. Em maio observou-se uma média de 32,2%, com valores superiores a 40% no setor sul e inferiores a 30% para os setores oeste, central, leste e nordeste (**Figura 61 A**). O mês de junho apresenta uma média de 33,7%, com valores superiores a 40% para o setor sul e inferior a 30% no setor norte (**Figura 61 B**). O mês de julho mostrou uma média de 33,4%, com valores superiores a 40% para o setor sul e inferiores a 30% em um núcleo isolado do setor norte (**Figura 61 C**). Com a maior média do coeficiente de variação da

pluviosidade diária mensal, referente a 35,6%, o mês de agosto apresenta valores mais elevados para o setor sul, superiores a 40%, e os menores resultados para os setores oeste, central, norte e leste, inferiores a 35% (**Figura 61 D**).

Observou-se que o quadrimestre de setembro a dezembro uma redução do coeficiente de variação da pluviosidade diária. O mês de setembro apresenta uma média de 30,4%, com valores superiores a 35% para o setor sul e inferiores a 30% para os setores noroeste e norte (**Figura 62 A**). Obteve-se no mês de outubro uma média de coeficiente de variação de 29,7%, com resultados superiores a 30% para os setores sul e central, e inferiores a 30% para os demais setores da unidade hidrográfica (**Figura 62 B**). O mês de novembro apresenta uma média de 29,2%, com valores mais elevados nos setores oeste, sul e nordeste, superiores a 30%, e menos elevados para o setor norte, inferiores a 25% para o setor norte (**Figura 62 C**). Caracterizando-se pela menor média do coeficiente de variação da pluviosidade diária mensal, equivalente a 28,6%, o mês de dezembro apresentou valores inferiores a 30% para os setores sul e norte, e superiores a 30% para os demais setores da unidade hidrográfica (**Figura 62 D**).

Ressalta-se, a partir dos resultados apresentados, que os trimestres que vão de janeiro a março e de outubro a dezembro apresentaram os menores valores do coeficiente de variação, mostrando que ocorre nestes meses uma menor oscilação da pluviosidade diária. Por sua vez, o período que vai de abril a setembro apresentaram maiores valores do coeficiente de variação da pluviosidade diária, o que infere que há uma maior variabilidade do número mensal de dias de chuva para esses meses. Constantemente, os setores nordeste e sul foram os que apresentaram os maiores valores do coeficiente de variação, ao passo que o setor norte apresentou os menores valores para tal parâmetro estatístico.

A análise integrada dos resultados de desvio padrão e coeficiente de variação permite afirmar que o período que vai de janeiro a março e de outubro a dezembro apresenta um conjunto de valores registrados mais elevados com menores variações. O contrário ocorre, sobretudo nos meses de junho, julho e agosto, com um conjunto de valores de menor significância e de maiores variações do percentual em relação à média. Salienta-se que os setores sul e nordeste obtiveram os maiores valores de desvio padrão e de coeficiente de variação, o que representa que estas localizações, embora detenham o maior número de dias de chuva, apresentam os maiores desníveis mensais da pluviosidade diária. Aponta-se que o setor norte, da menor média da pluviosidade diária mensal, apresentou os menores valores tanto do desvio padrão quanto do

coeficiente de variação, que indicaram que esta porção da unidade hidrográfica detém os menores desníveis do número mensal de dias de chuva.

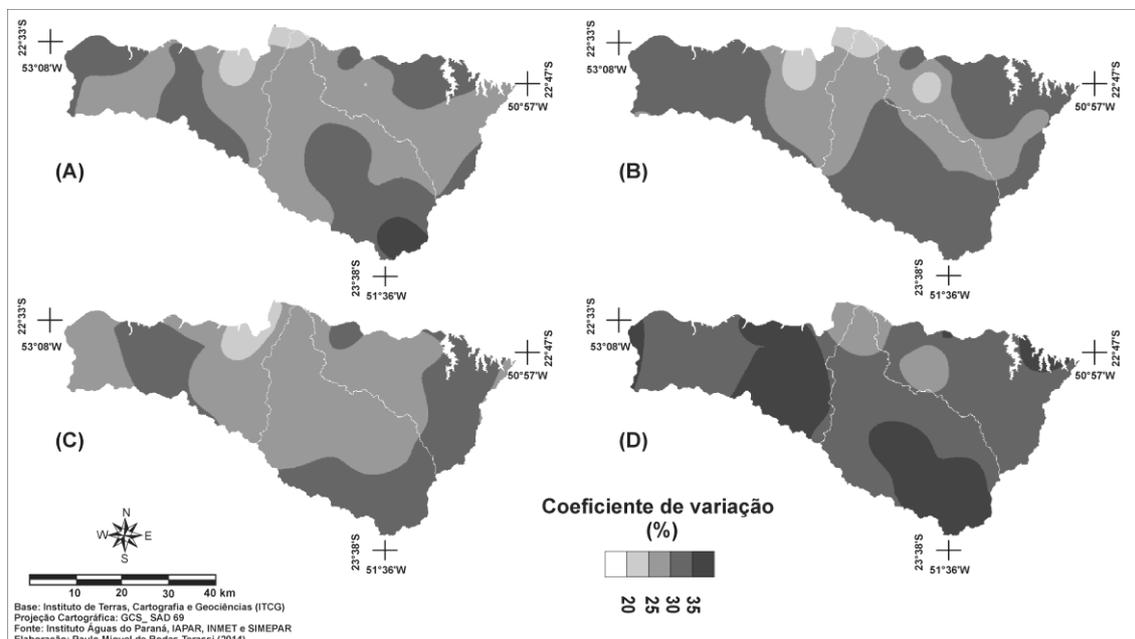


Figura 60 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

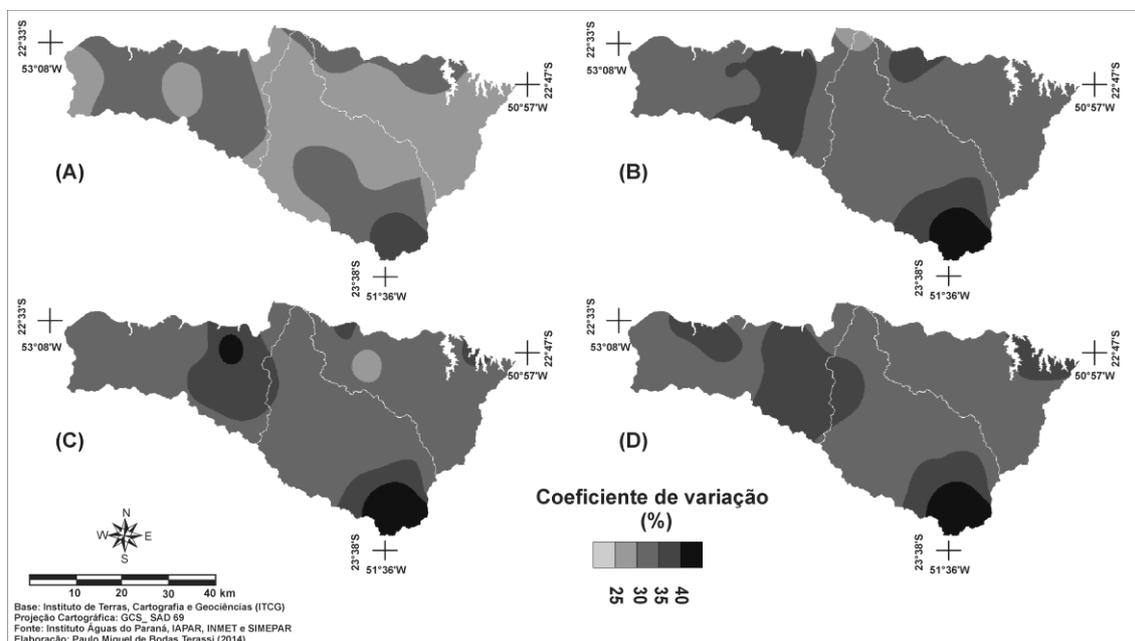


Figura 61 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

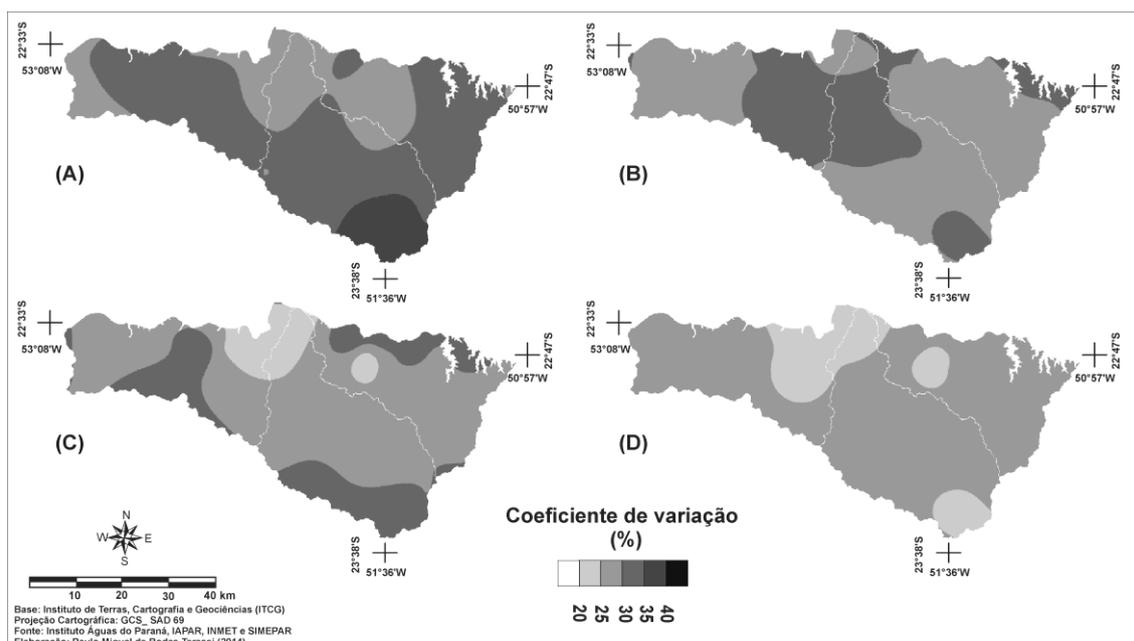


Figura 62 - Distribuição espacial do coeficiente de variação do número de dias de chuva dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.2 Erosividade das chuvas

Os resultados obtidos a partir da aplicação do índice de erosividade das chuvas foram divididos nas escalas anual, sazonal e mensal para um estudo detalhado da distribuição espaço-temporal deste parâmetro.

4.2.1 Erosividade anual

A espacialização do índice de erosividade demonstrou a variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas para a unidade hidrográfica. Os setores sudeste e leste apresentaram os maiores valores da erosividade média anual, superiores a $7800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com uma redução significativa no setor noroeste, que apresentou isoerodente inferior a $6400 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 63**). A distribuição das isoerodentes confirma uma tendência de maior potencial erosivo para os setores com as maiores altitudes, revelando a influência da orografia para o aumento deste índice. O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica demonstra uma tendência de valores de erosividade média anual superior a $7800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para as localidades com altitude superior a 550 metros, à medida que os postos pluviométricos e estações meteorológicas com cotas altimétricas inferiores a 450 metros obtiveram um índice de erosividade média anual inferior $7000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 64**).

Os resultados obtidos pelo Índice de Erosividade para a média anual estiveram aproximados às normais de pluviosidade média anual para a maioria dos postos pluviométricos e estações meteorológicas. O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica mostrou que as localidades com pluviosidade média anual inferior a 1400 mm obtiveram potencial erosivo médio anual inferior a $7000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, enquanto que os postos pluviométricos e estações meteorológicas com alturas pluviométricas médias anuais superiores a 1500 mm apresentaram, em sua maioria, erosividade média anual superior a $7500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. O resultado não satisfatório do coeficiente de determinação (0,6307) é justificado pela razão de que para o cálculo do Índice de Erosividade Anual considera-se mais importante o regime anual das chuvas do que propriamente os volumes totais anuais (**Figura 65**).

Observa-se que os valores atribuídos as isoerodentes e sua distribuição espacial são concordantes com os estudos anteriores. Rufino, Biscaia e Merten (1993) indicaram um potencial erosivo anual oscilante entre $8000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para a região próxima a Apucarana, que compreende a porção mais elevada da unidade hidrográfica, a $6000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para a porção de menores cotas altimétricas no setor extremo noroeste. Os resultados de Waltrick et al. (2012) mostraram que os setores norte e noroeste apresentam uma erosividade média anual que oscila entre $8000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, para os setores mais elevados da porção sul da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, a $7000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, para o setor noroeste da unidade hidrográfica nas proximidades da foz do Rio Paranapanema.

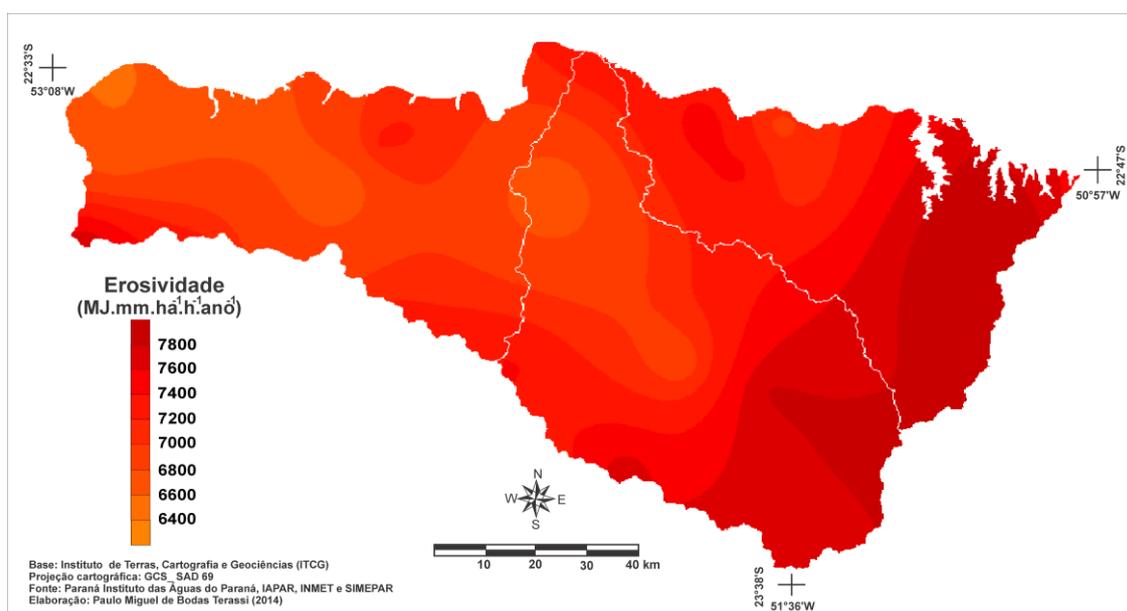


Figura 63 - Distribuição espacial da erosividade média anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

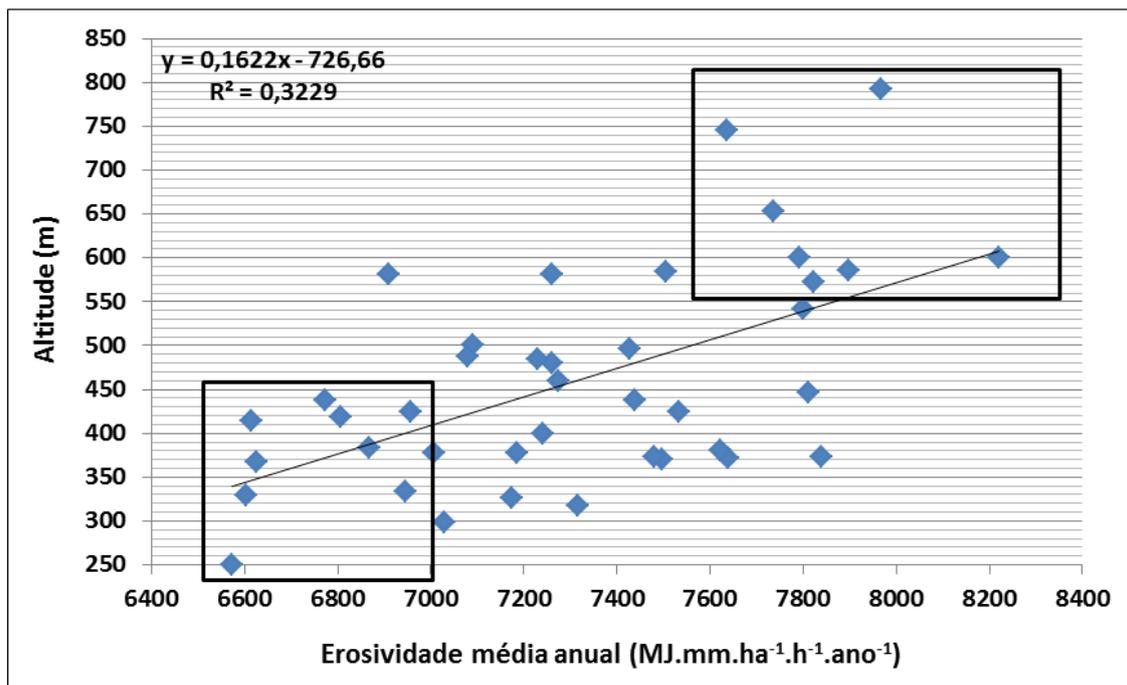


Figura 64 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade média anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) e as altitudes para os postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

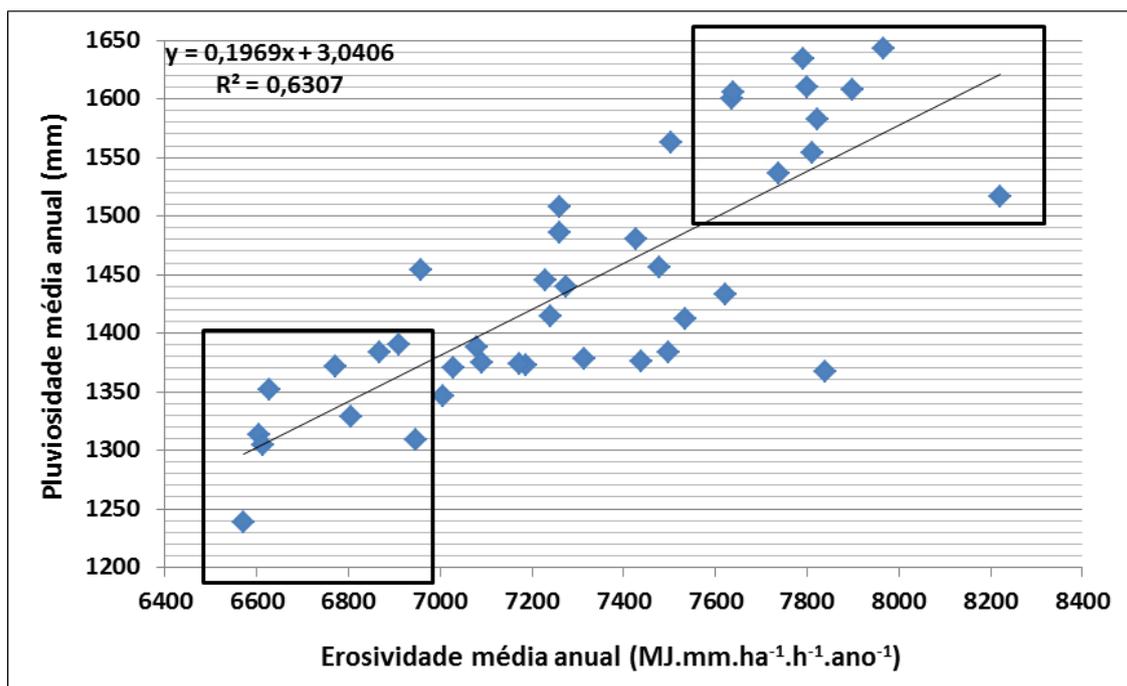


Figura 65 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade média anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) e a pluviosidade média anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Verificou-se uma significativa variabilidade espacial dos valores máximos absolutos da erosividade das chuvas. O setor extremo noroeste da bacia hidrográfica Paranapanema IV apresentou valores superiores a 16000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, sendo

que na mesma bacia hidrográfica observam-se os menores valores máximos absolutos, inferiores a $9000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Ressalta-se que os setores norte e nordeste da bacia hidrográfica Paranapanema III e central da bacia hidrográfica do rio Pirapó apresentaram valores máximos absolutos superiores a $11000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 66**).

O gráfico de dispersão e correlação linear gráfica entre a erosividade máxima anual e a altitude demonstraram uma baixa relação entre estes dois parâmetros, com um coeficiente de determinação de 0,0043. Entretanto, atenta-se que existem alguns padrões, como o de localidades com altitudes inferiores a 450 metros e erosividade máxima inferior a $10300 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, e de postos pluviométricos e estações meteorológicas com altitudes superiores a 540 metros e erosividade máxima anual superior a $11000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 67**). Com o mesmo panorama de baixo coeficiente de determinação (0,2202), constatou-se que um conjunto de postos pluviométricos e estações meteorológicas apresentou uma pluviosidade máxima superior a 2200 mm e erosividade máxima anual de 11000 a $13000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, enquanto que as localidades com pluviosidade máxima anual inferior a 1900 mm apresentaram erosividade máxima anual inferior a $11000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 68**).

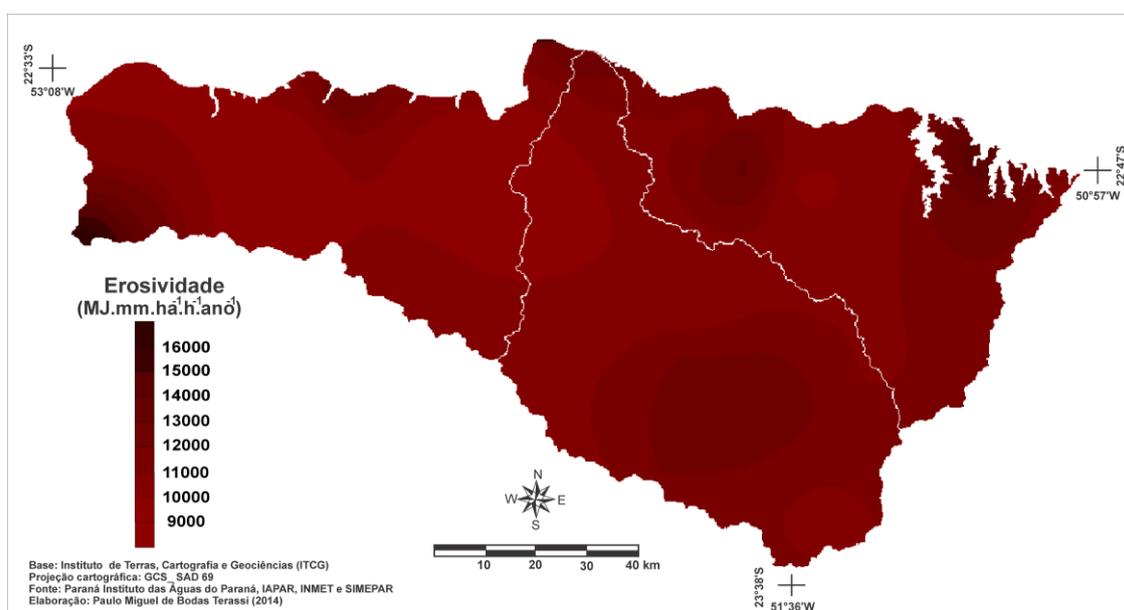


Figura 66 - Distribuição espacial da erosividade máxima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

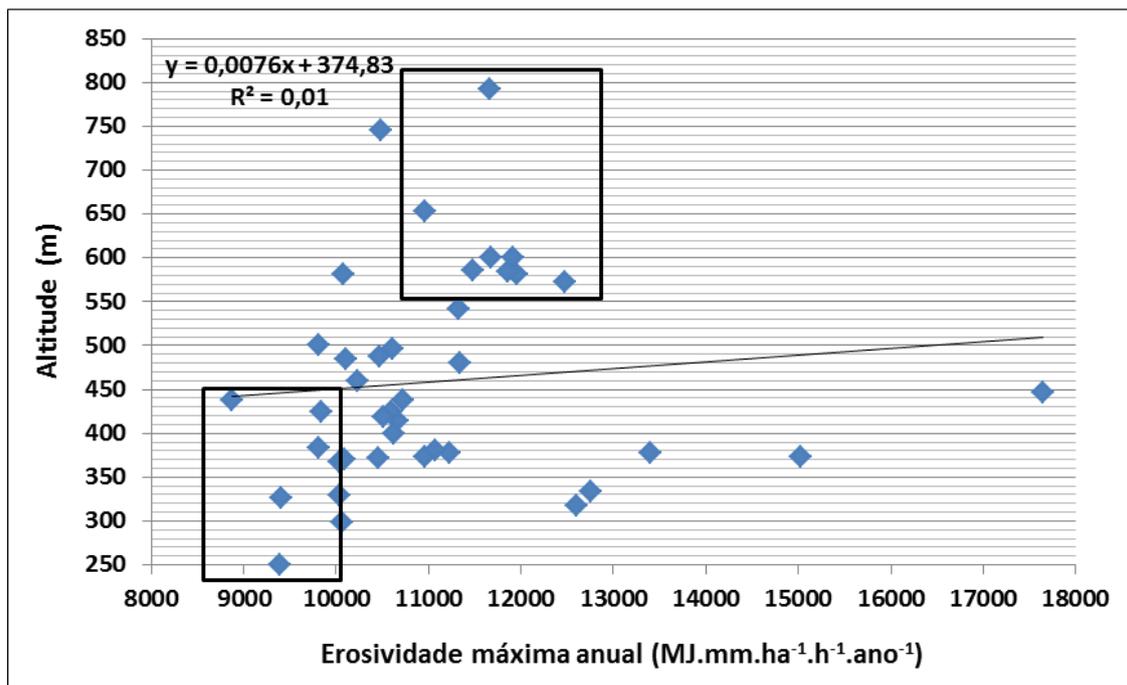


Figura 67 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade máxima anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) e as altitudes para os postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

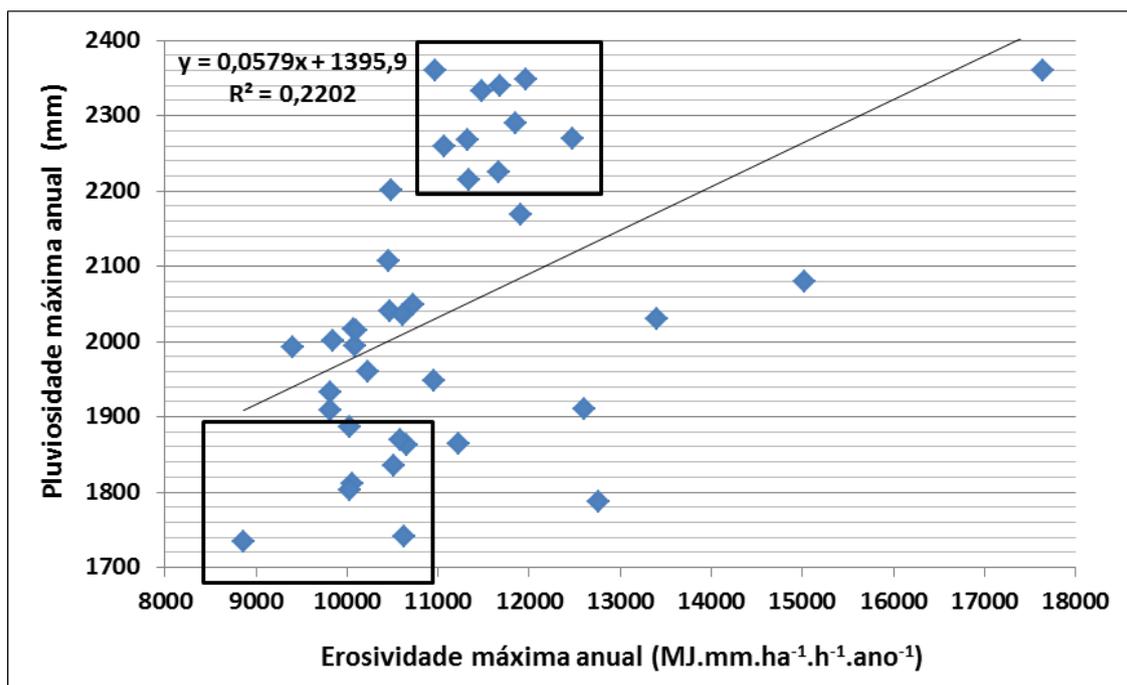


Figura 68 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade máxima anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) e a pluviosidade máxima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os menores valores de erosividade mínima anual foram identificados nos setores central e oeste da unidade hidrográfica, inferiores a 4000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, e os maiores valores de erosividade mínima anual são observados nas porções sudeste e

leste, superiores a $6000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 69**). O efeito orográfico é significativo para a distribuição das isoerodentes mínimas anuais, pois se verificou que os postos pluviométricos e estações meteorológicas com altitude inferior a 500 metros apresentaram erosividade mínima absoluta inferior a $4500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, à medida de que as localidades com altitude superior a 550 metros apresentaram uma erosividade mínima superior a $5250 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 70**).

Observa-se uma relação entre a pluviosidade mínima anual e a erosividade mínima anual, com valores inferiores a $4500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para as localidades com alturas pluviométricas mínimas anuais inferiores a 850 mm, à medida que os postos pluviométricos e estações meteorológicas com pluviosidade mínima anual aproximadamente superior a 1000 mm apresentaram um potencial erosivo mínimo anual superior a $5300 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (**Figura 71**).

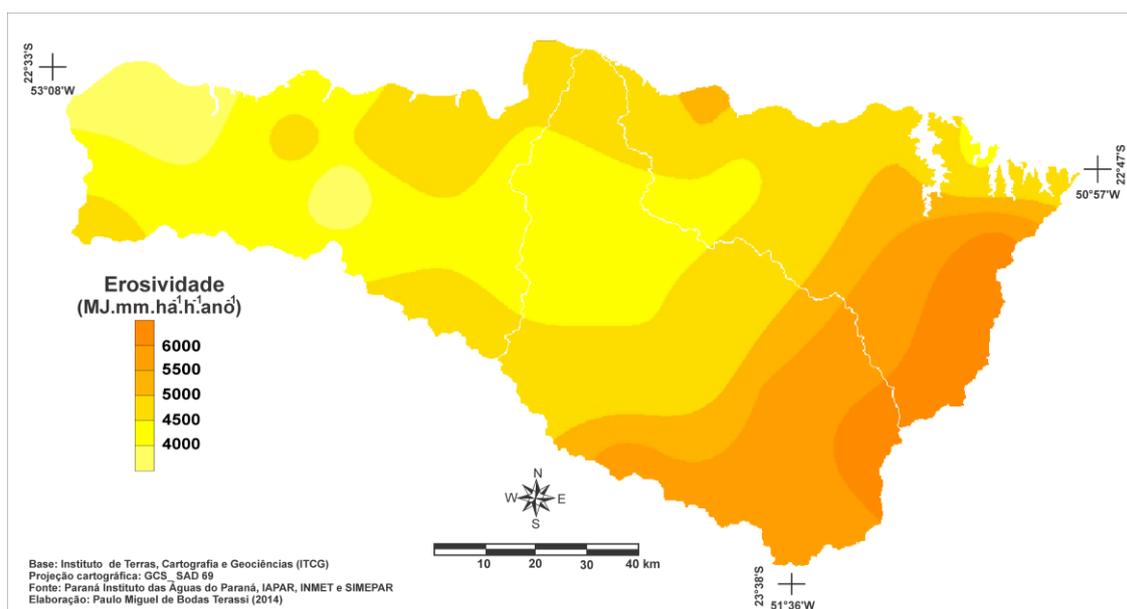


Figura 69 - Distribuição espacial da erosividade mínima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

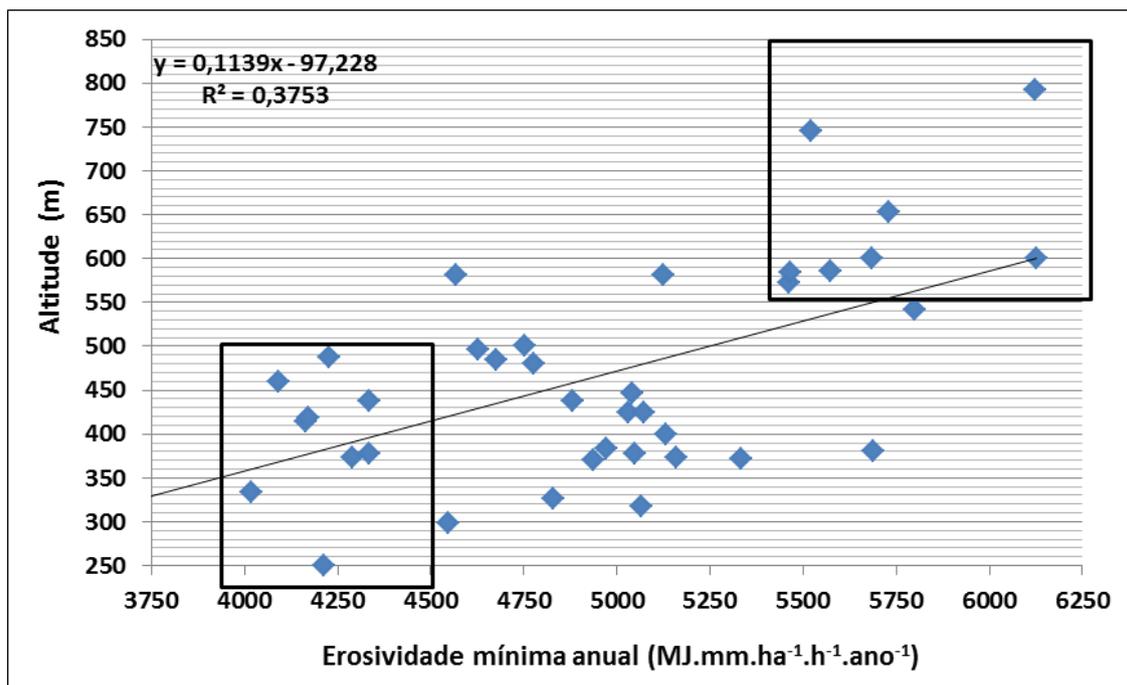


Figura 70 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade mínima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e as altitudes para os postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

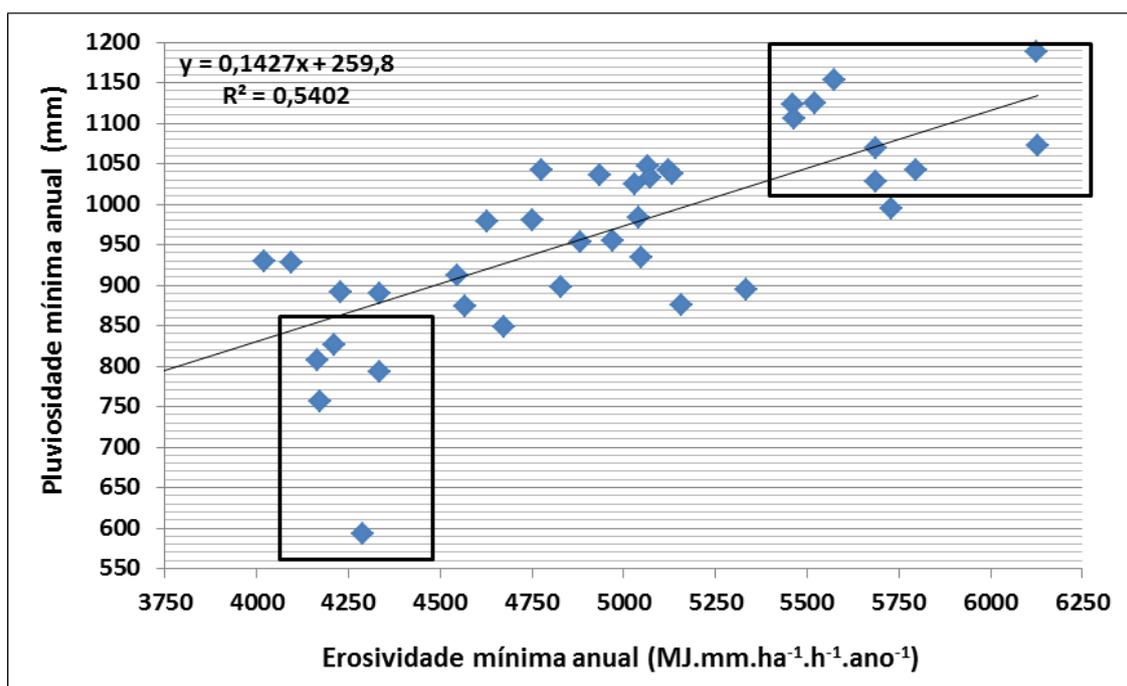


Figura 71 - Dispersão e correlação linear gráfica da erosividade mínima anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e a pluviosidade mínima anual (mm) dos postos pluviométricos e estações meteorológicas situadas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os resultados de desvios padrões da erosividade anual indicaram valores mais elevados para o setor extremo oeste da bacia hidrográfica do rio Paranapanema IV e extremo noroeste da bacia hidrográfica Paranapanema III, com valores superiores a

1700, e menores desvios padrões nos setores leste e central da bacia hidrográfica Paranapanema IV, com valores inferiores a 1400 (**Figura 72**). Os resultados de coeficiente de variação indicaram que os setores oeste da bacia hidrográfica Paranapanema IV e noroeste da bacia hidrográfica Paranapanema III apresentaram os maiores valores, superiores a 22%, condição que somada aos resultados de desvio padrão indicam que estas são as áreas que apresentam a maior variabilidade anual da erosividade das chuvas. Os setores leste da bacia hidrográfica Paranapanema III, oeste da bacia hidrográfica Pirapó e leste e central da bacia hidrográfica Paranapanema IV apresentam os menores coeficientes de variação, inferiores a 18%, são as porções com a menor variabilidade anual do potencial erosivo das chuvas (**Figura 73**).

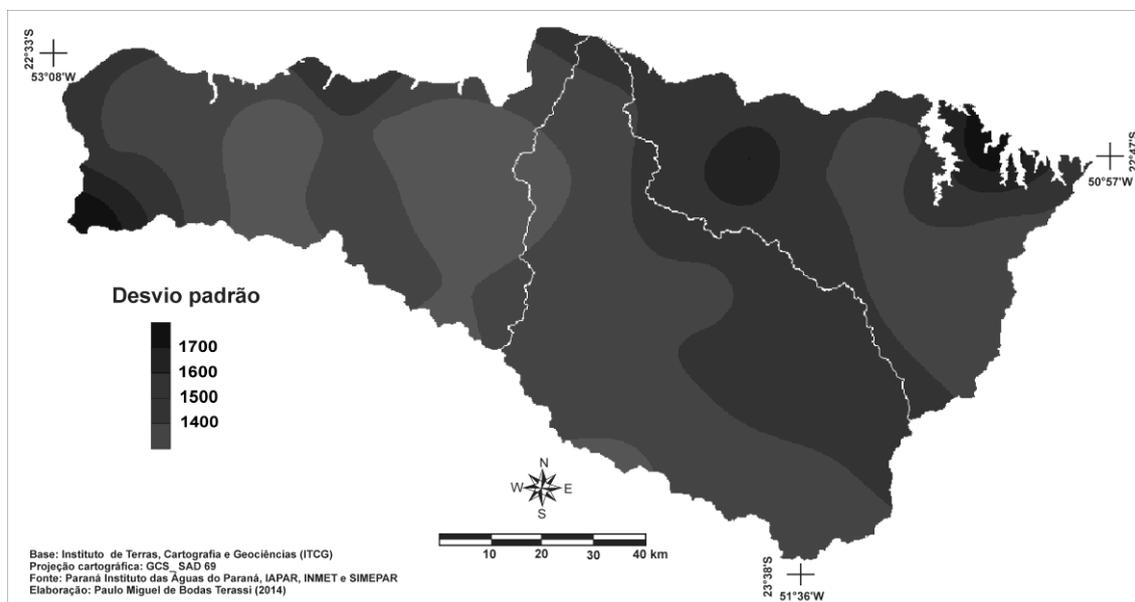


Figura 72 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

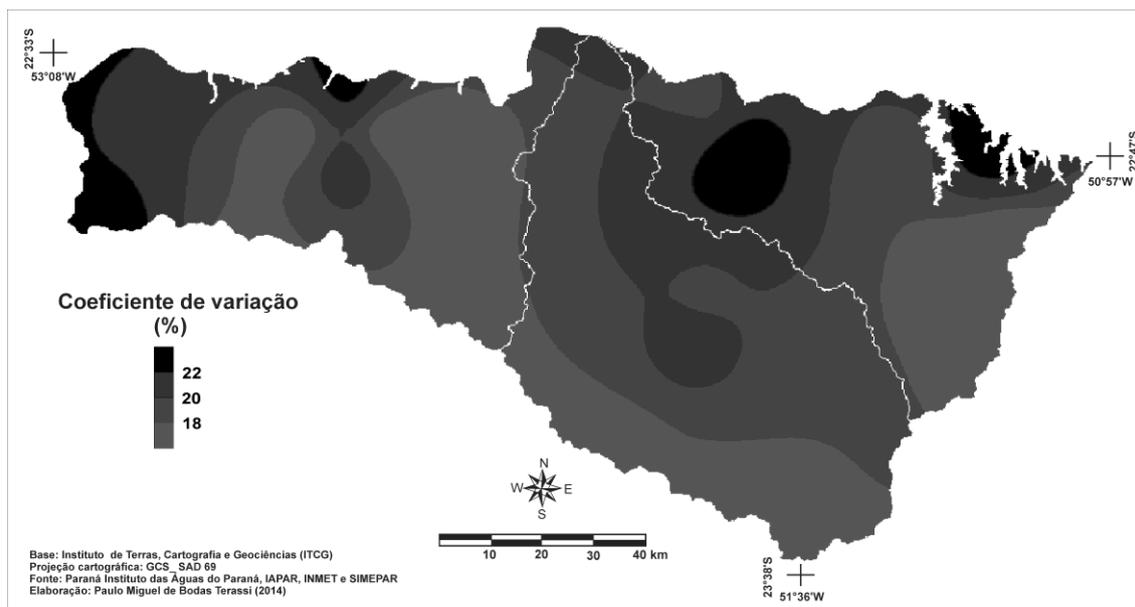


Figura 73 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade anual para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.2.2 Erosividade sazonal

A **figura 74** representa a variação espacial do Índice de Erosividade das chuvas para a escala sazonal e demonstra que as estações com os maiores valores deste parâmetro são o verão e a primavera, que somadas concentram 70,2% da erosividade média anual. O verão é a estação do ano com o maior potencial erosivo, com uma média de $2753,6 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ e que corresponde a 37,6% do total anual, sendo que os valores máximos de erosividade são encontrados no setor leste, com isoerodentes superiores a $3100 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$, enquanto que o setor noroeste apresenta os menores valores das isoerodentes, com médias inferiores a $2200 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ (**Figura 74 A**). Com uma erosividade média de $2392,6 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$, que representa 32,7% do potencial erosivo total anual, a primavera apresentou potencial erosivo superior a $2800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ para o setor nordeste da unidade hidrográfica, ao passo que os setores noroeste e central obtiveram um índice inferior a $2200 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ (**Figura 74 C**).

As duas sazonalidades de menor potencial erosivo são o inverno e o outono, pois apresentam juntas 29,8% do potencial erosivo anual. O inverno apresenta um potencial erosivo médio de $888,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$, correspondente a 12,1% do total anual, com as maiores isoerodentes verificadas nos setores oeste, sul e leste, superiores a $900 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$, e com os menores valores das isoerodentes no setor

norte, com médias inferiores a $700 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ (**Figura 74 B**). O outono apresentou uma média do índice de erosividade de $1291,9 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$, que se refere a 17,7% do total anual, com as maiores médias verificadas nos setores sul e nordeste, superiores a $1.400 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$, e as menores isoerodentes no setor norte, inferiores a $1100 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$ (**Figura 74 D**).

A distribuição sazonal das isoerodentes é semelhante aos resultados identificados por Waltrick et al. (2012), que ressaltaram que o Estado do Paraná apresenta uma redução da erosividade das chuvas em todas regiões com a aproximação e o estabelecimento do outono e inverno e a característica redução da intensidade pluviométrica. Inversamente e concordante com os resultados de pluviosidade média sazonal, o período de verão e primavera apresentam um aumento significativo das alturas pluviométricas e, conseqüentemente, do potencial erosivo das chuvas.

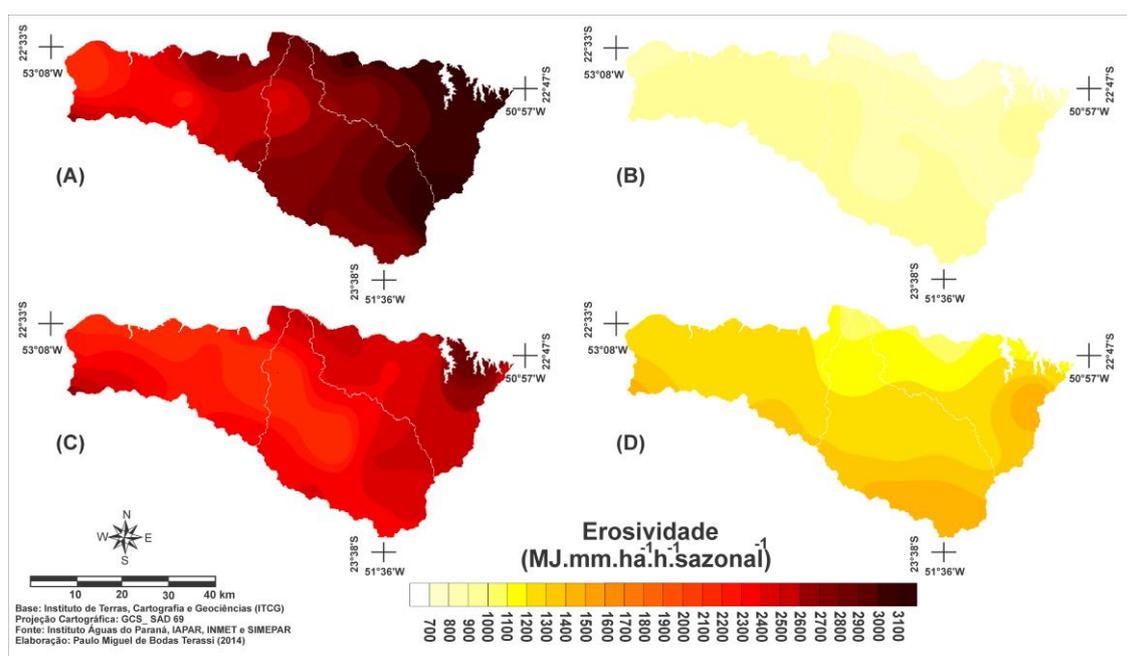


Figura 74 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{sazonal}^{-1}$) para o verão (A), inverno (B), primavera (C) e outono (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Parapanema III e IV - PR.

4.2.3 Erosividade mensal

As **figuras 75, 76 e 77** representam os valores médios mensais da aplicação do Índice de Erosividade das Chuvas. Os valores máximos absolutos de erosividade das chuvas para a escala mensal estão apresentados nas **figuras 78, 79 e 80**, ao passo que as **figuras 81, 82 e 83** representam os valores mínimos absolutos da erosividade das chuvas. As **figuras 84, 85 e 86** demonstram os valores de desvio padrão da erosividade

mensal e as **figuras 87, 88 e 89** apresentam os resultados do coeficiente de variação da erosividade mensal.

O mês de janeiro é o que apresenta isoladamente o maior potencial erosivo para todos os setores da unidade hidrográfica, com uma média de $1322,9 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. A distribuição das isoerodentes demonstra que o setor nordeste apresenta em janeiro uma erosividade média mensal superior a $1600 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ e para o setor noroeste verifica-se erosividade média inferior a $1100 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 75 A**). Com uma média de $882,2 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, verificou-se que os valores mais elevados do potencial erosivo das chuvas para o mês de fevereiro foram verificados no setor leste da unidade hidrográfica, com média mensal superior a $1000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com uma redução significativa no setor noroeste, com isoerodentes inferiores a $700 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 75 B**). O setor noroeste apresenta os menores valores de erosividade média para o mês de março, inferiores a $400 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, que tem uma média de $548 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ e maiores isoerodentes localizadas no setor sudeste, superiores a $600 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 75 C**). O mês de abril tem uma erosividade média de $392,1 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com maiores isoerodentes para os setores oeste, leste noroeste, superiores a $400 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, e menores isoerodentes para os setores norte e central, inferiores a $350 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 75 D**).

O aumento da pluviosidade média mensal no mês de maio em relação ao mês de abril é fator determinante para o aumento do potencial erosivo das chuvas para este mês, que apresenta uma erosividade média de $530,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. Verificou-se que os setores sudoeste, oeste e noroeste apresentam no mês de maio uma erosividade média superior a $600 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, enquanto que para o setor norte observou-se uma erosividade média mensal inferior a $450 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 76 A**). Obteve-se para o mês de junho uma média de $369,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para o potencial erosivo das chuvas para toda unidade hidrográfica, com isoerodentes superiores a $450 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ nos setores oeste, sul e leste e inferiores a 300 para o setor norte (**Figura 76 B**). Os resultados mostraram que o mês de julho apresenta uma erosividade média de $190,7 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com maiores isoerodentes para os setores sul e leste, superiores a $200 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, e menores isoerodentes para os setores noroeste e central, inferiores a $150 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 76 C**). Observa-se que o mês de agosto, que é o que apresenta as menores médias de pluviosidade, caracteriza-se pelos menores valores do

índice de erosividade das chuvas, com uma média de $169,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. A distribuição espacial das isoerodentes para o mês de agosto demonstra que as menores médias mensais da erosividade das chuvas se dão no setor nordeste, inferiores a $150 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, ao passo que os setores oeste e sul apresentam erosividade superior a $200 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 76 D**).

O aumento das chuvas e o início da estação chuvosa no mês de setembro justifica a elevação do potencial erosivo das chuvas, uma vez que este mês apresenta uma erosividade média $528,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para toda unidade hidrográfica. Nota-se que nos setores oeste e noroeste estão localizadas as maiores isoerodentes para o mês de setembro, superiores a $600 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, enquanto que os setores sudeste e norte apresentam as menores isoerodentes, inferiores a $450 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 77 A**). No mês de outubro verifica-se uma elevação da erosividade média para a totalidade da unidade hidrográfica em relação aos meses de setembro e novembro, com um potencial erosivo médio de $711,3 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. As isolinhas de erosividade para o mês de outubro demonstram um maior potencial erosivo para os setores oeste, noroeste, nordeste e sudoeste da unidade hidrográfica, com valores superiores a $800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com uma diminuição nos setores norte e central, de isoerodentes inferiores a $700 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 77 B**). O mês de novembro apresenta uma erosividade média de $621,9 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para toda unidade hidrográfica, com valores superiores a $800 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para os setores sudeste, leste e nordeste e inferiores a $500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para o setor norte (**Figura 77 C**). Segundo mês mais chuvoso, dezembro apresenta também o segundo maior potencial erosivo, com uma média de $1059,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. Os maiores valores da erosividade média mensal de dezembro foram verificados no setor norte, superiores a $1300 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, e os menores valores foram obtidos para os setores oeste, sul e central, com médias inferiores a $1000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 77 D**).

Com os resultados alinhados aos obtidos por Waltrick et al. (2012), indica-se que período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro concentra 77,5% do potencial erosivo anual das chuvas para toda unidade hidrográfica, ao passo que o período que vai de abril a agosto apresenta uma menor susceptibilidade a erosividade das chuvas. Verificou-se que os meses com os maiores valores de erosividade apresentam a maior variação espacial da erosividade das chuvas e que, tendencialmente, nestes meses as maiores isoerodentes concentram-se no setor nordeste da unidade

hidrográfica. Para os meses de menores potenciais de erosividade das chuvas, as isolinhas indicaram maiores isoerodentes para os setores oeste e sul da unidade hidrográfica.

Com o intuito de identificar os períodos de maior potencial erosivo, observou-se que nos meses de maio e outubro ocorre uma habitual elevação dos valores de erosividade que se dá por um aumento significativo da pluviosidade em relação aos meses que os antecedem ou sucedem, justamente por situarem-se em períodos de transição entre a estação chuvosa e seca e ter a participação alternada de sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais. Waltrick et al. (2012) destacam que este aumento dos volumes de pluviosidade e erosividade em períodos de transição como outubro se dão pela atuação do Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) que é uma espessa cobertura de nuvens frias, na ordem de centenas de quilômetros e de duração e que duram no mínimo seis horas. Conforme Grimm (2009), o CCM torna-se mais intenso com a mudança sazonal do jato subtropical de altos níveis, que normalmente em outubro encontra-se próximo à região do Paraná, e é intensificado pela interação com os ventos de baixos níveis, quentes e úmidos, vindos do norte.

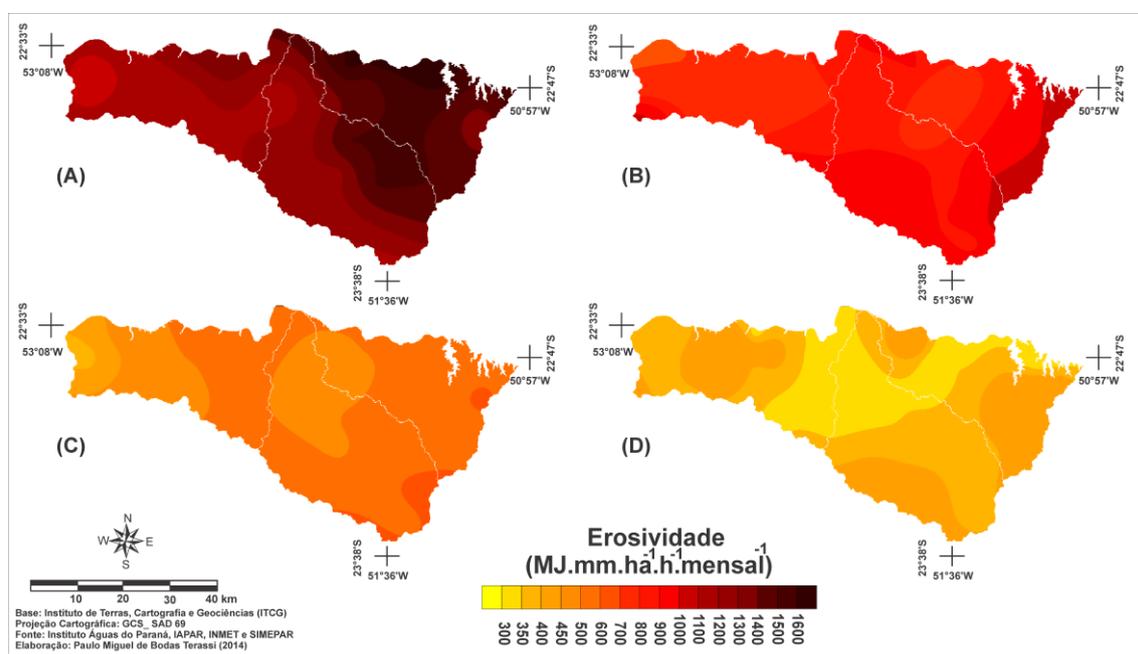


Figura 75 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

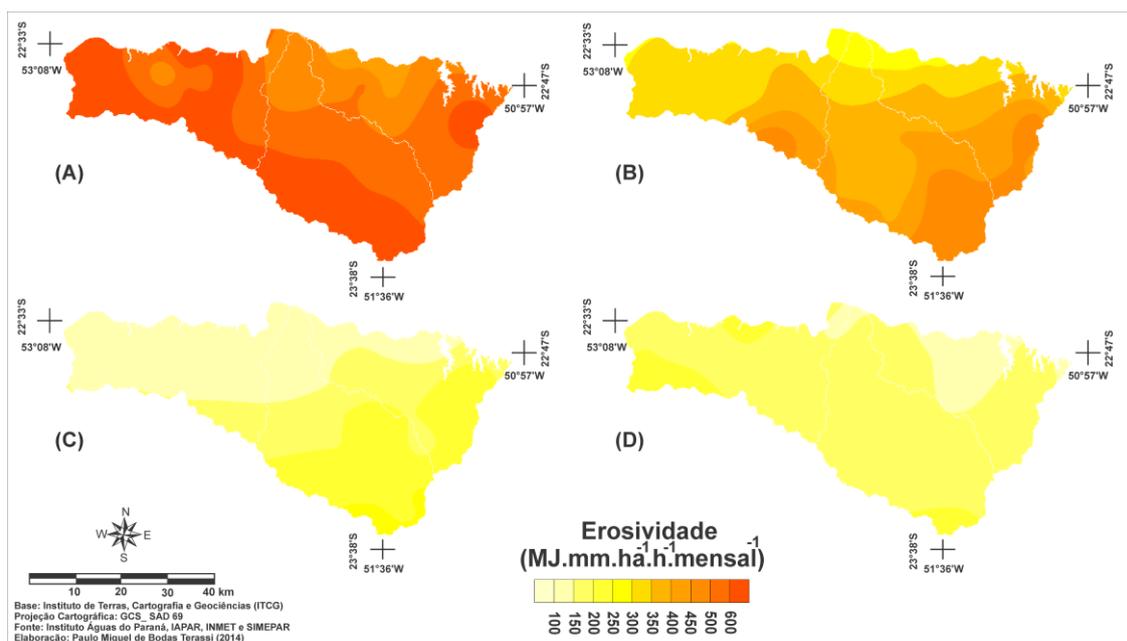


Figura 76 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

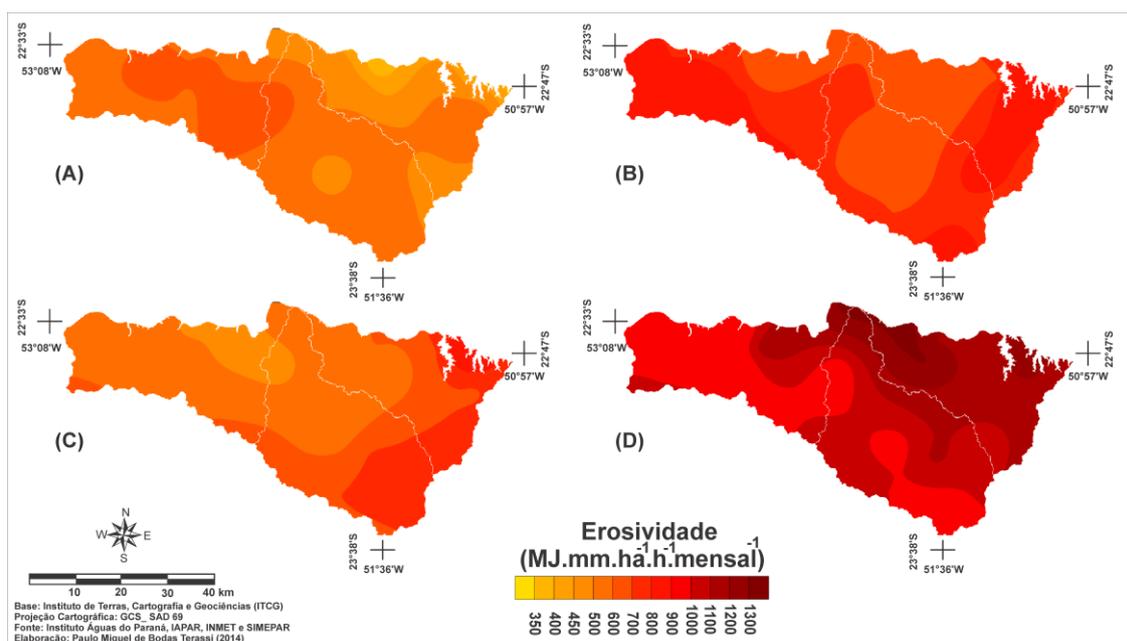


Figura 77 - Distribuição espacial da erosividade média ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O quadrimestre de janeiro a abril demonstra a redução gradativa da erosividade das chuvas do verão para o outono. O mês de janeiro apresentou a maior média da erosividade máxima mensal para toda unidade hidrográfica, com o valor de $5194,8 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. Os maiores valores de erosividade das chuvas para o mês de janeiro foram verificados nos setores sul e nordeste, superiores a $6500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.$

1 .mensal $^{-1}$, enquanto que os menores valores de erosividade máxima foram obtidos para os setores leste e noroeste, com isoerodentes inferiores a 4000 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ (**Figura 78 A**). O mês de fevereiro apresenta uma média de 3458,2 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ da erosividade máxima mensal, com valores superiores a 4500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ para os setores oeste e nordeste e inferiores a 3000 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ para os setores noroeste, central e sul (**Figura 78 B**). Com uma média de 2312,4 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ da erosividade máxima mensal para toda unidade hidrográfica, o mês de março tem seus maiores valores de erosividade máxima nos setores norte, nordeste e leste, superiores a 2500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$, e valores inferiores a 2000 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ nos setores norte, oeste e central (**Figura 78 C**). Obteve-se para o mês de abril uma média de erosividade máxima de 1845,4 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$, com isoerodentes superiores a 2000 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ para os setores leste e oeste e inferiores a 1750 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ para os setores norte, noroeste e central (**Figura 78 D**).

O quadrimestre de maio a agosto apresenta uma condição de aumento da erosividade máxima mensal para os meses de maio e junho e uma redução da para os meses de julho e agosto. O mês de maio apresenta uma erosividade média máxima 3199,1 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ para toda unidade hidrográfica, concordante com o aumento do volume máximo de pluviosidade para este mês apresentado pela **figura 25 A**. Observou-se que os maiores valores de erosividade máxima mensal foram registrados nos setores oeste e leste da unidade hidrográfica, superiores a 4500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$, enquanto que o setor norte e nordeste apresentaram valores máximos inferiores a 2500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ (**Figura 79 A**). Igualmente, o mês de junho apresenta uma elevação do potencial máximo erosivo, com um média de 2991,1 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ para toda unidade hidrográfica. O maiores valores da erosividade máxima em junho foram identificadas para o setor nordeste, superiores a 4500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$, e as menores isoerodentes máximas foram obtidas para o setor oeste e norte, inferiores a 2500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ (**Figura 79 B**). Com uma erosividade média máxima de 1608,1 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$, o mês de julho tem o maior potencial erosivo máximo superior a 2500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$ nos setores oeste e nordeste e inferiores a 1250 para o setor noroeste (**Figura 79 C**). O mês de agosto apresenta a menor média da erosividade máxima mensal, com o valor de 1220,9 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$, sendo que os setores oeste, sul e nordeste registraram potencial erosivo máximo superior a 1500 MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.mensal $^{-1}$, e as menores

isoerodentes máximas, inferiores a $1250 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, foram verificadas nos setores norte e central (**Figura 79 D**).

O período que vai de setembro a dezembro apresenta um aumento do potencial erosivo máximo na unidade hidrográfica. Observou-se que o mês de setembro tem uma média da erosividade máxima mensal de $2351,6 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com valores superiores a $3500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ no setor central e inferiores a 2000 nos setores oeste, sul, nordeste e norte (**Figura 80 A**). O mês de outubro obteve uma média de $3035,7 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ da erosividade máxima mensal, concordante com o aumento da pluviosidade máxima mensal em relação aos meses de setembro e novembro. Os maiores valores da erosividade máxima mensal em outubro foram observados nos setores nordeste e noroeste, superiores a $5500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, e as menores isoerodentes máximas para este mês foram verificadas nos setores oeste, central e norte, inferiores a $3000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 80 B**). Verificou-se em novembro uma redução do potencial erosivo máximo, com uma média de $2406,8 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para toda unidade hidrográfica. Os valores mais elevados da erosividade máxima da chuva foram identificados nos setores oeste, norte e nordeste, com registros superiores a $4000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, sendo que em grande parte da unidade hidrográfica predominam os valores máximos de erosividade mensal entre 2000 a $2500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 80 C**). O mês de dezembro apresenta a segunda maior erosividade máxima mensal, com uma média de $4072,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para toda unidade hidrográfica. Os setores norte e noroeste apresentaram erosividade máxima superior a $6000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, ao passo que os setores sul e leste apresentaram valores inferiores máximos a $3500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 80 D**).

Observou-se, conseqüentemente, que os meses com os maiores valores da erosividade máxima mensal são janeiro, fevereiro, maio, junho, outubro e dezembro, com uma média superior a $2900 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. Os meses de abril, julho e agosto registraram as menores médias máximas da erosividade das chuvas, com valores inferiores a $1900 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$. Embora se tenha verificado uma significativa variação espacial, o setor nordeste apresentou com maior frequência as maiores isoerodentes de erosividade máxima mensal, ao passo que os setores norte, noroeste e oeste apresentaram as menores isoerodentes máximas mensais.

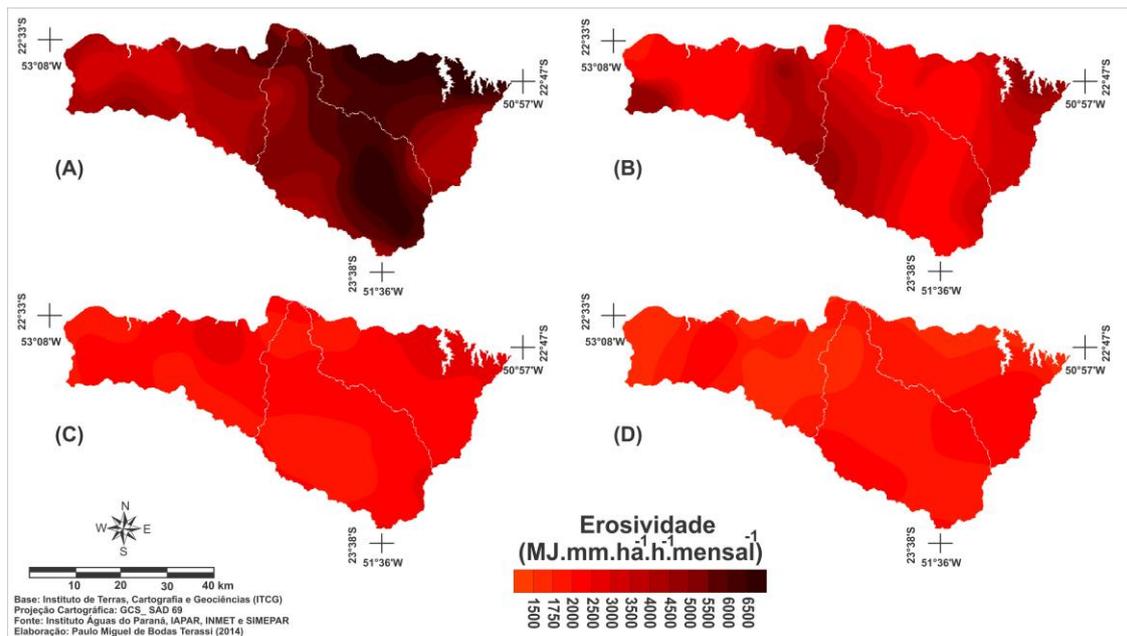


Figura 78 - Distribuição espacial da erosividade máxima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

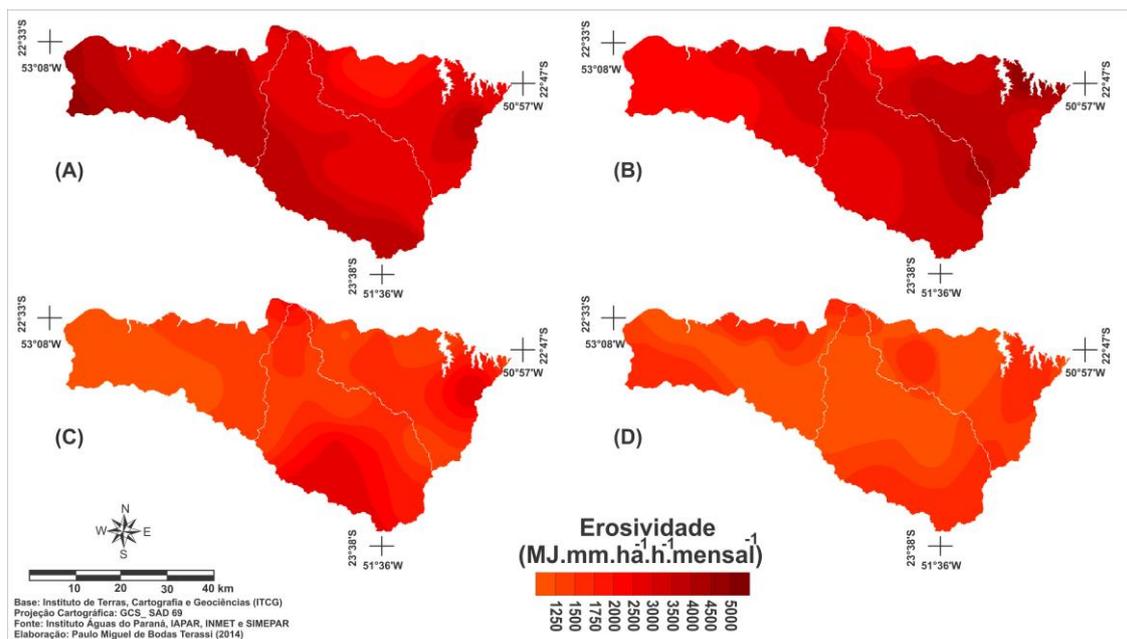


Figura 79 - Distribuição espacial da erosividade máxima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

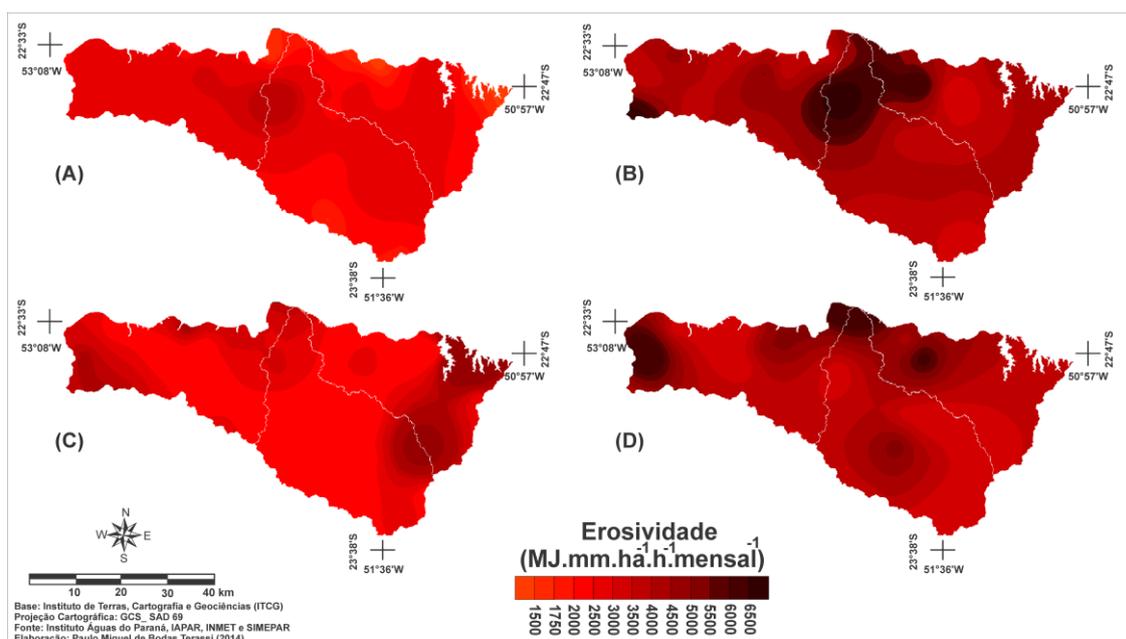


Figura 80 - Distribuição espacial da erosividade máxima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os resultados da erosividade mínima mensal indicaram que a maior redução ocorre no trimestre que vai de junho a agosto, evidenciando que ocorre uma maior propensão a menores riscos quanto ao potencial erosivo das chuvas. Os meses de junho e julho apresentaram, respectivamente, uma erosividade mínima média de 2,6 e 2,2 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com núcleos isolados com erosividade mínima superior a 10 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figuras 82 B e 82 C**). O mês de agosto apresentou uma erosividade mínima de 0 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ e, desta forma, todas os setores da unidade hidrográfica apresentam condições de redução máxima da erosividade das chuvas para este mês (**Figura 82 D**).

Verifica-se que o período de menor redução da erosividade das chuvas compreende os meses de janeiro, março, outubro, novembro e dezembro. Com a menor redução da erosividade das chuvas, obteve-se em dezembro uma média da erosividade mínima de 66,3 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, e identificando-se que as menores redução se deram no setor nordeste da unidade hidrográfica, com valores superiores a 100 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, e que o setor noroeste apresentou isoerodentes mínima mensais inferiores a 40 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 83 D**). O mês de janeiro apresenta erosividade mínima média de 56,8 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com valores superiores a 120 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para o setor nordeste e inferiores a 35 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ nos setores oeste, sul e central (**Figura 81 A**). Mostrou-se para

o mês de novembro uma erosividade mínima média é de $43,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com isolinhas superiores a $70 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para o setor noroeste e inferiores a $30 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para os setores sul e central (**Figura 83 C**). O mês de outubro apresentou erosividade mínima média de $40,8 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com valores superiores a $50 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para os setores oeste, sul, central e leste e inferiores a $30 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para os setores norte e nordeste (**Figura 83 B**). Com uma média de erosividade mínima de $37,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, observa-se que para o mês de março as maiores isoerodentes mínimas estão localizadas nos setores sul, sudoeste e noroeste, superiores a $50 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, enquanto que os setores oeste, central e sudeste apresentaram erosividade mínima mensal inferior a $30 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 81 C**).

Os meses de fevereiro, abril, maio e setembro apresentaram valores intermediários em relação aos meses indicados anteriormente. Registrou-se em fevereiro uma média de erosividade mínima de $22,2 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com isoerodentes mínimas superiores a $40 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para o setor nordeste e inferiores a $10 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para os setores norte e central (**Figura 81 B**). O mês de abril apresentou uma erosividade mínima média de $13,4 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com valores superiores a $20 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para os setores noroeste, sudoeste, sul e leste, e inferior a $10 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para os setores norte, nordeste e central (**Figura 81 D**). O mês de maio apresentou erosividade mínima média de $13,8 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, sendo que as menores reduções do potencial erosivo se deram nos setores noroeste, sudoeste e leste, com isoerodentes superiores a $20 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, e os menores valores de erosividade mínima foram verificados nos setores oeste, norte e nordeste, inferiores a $10 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 82 A**). O mês de setembro, período de retorno da época chuvosa, apresenta uma erosividade mínima média de $15,1 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$, com isoerodentes mínimas superiores a $25 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ para o setor nordeste e inferiores a $10 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$ (**Figura 83 A**).

Certificou-se que os meses de junho, julho e agosto apresentaram as maiores reduções do potencial erosivo mensal para toda unidade hidrográfica e, em contraponto, os meses de janeiro, março, outubro, novembro e dezembro mostraram as menores reduções do potencial erosivo. Não é possível estabelecer um padrão espacial de maior ou menor redução do potencial erosivo mensal.

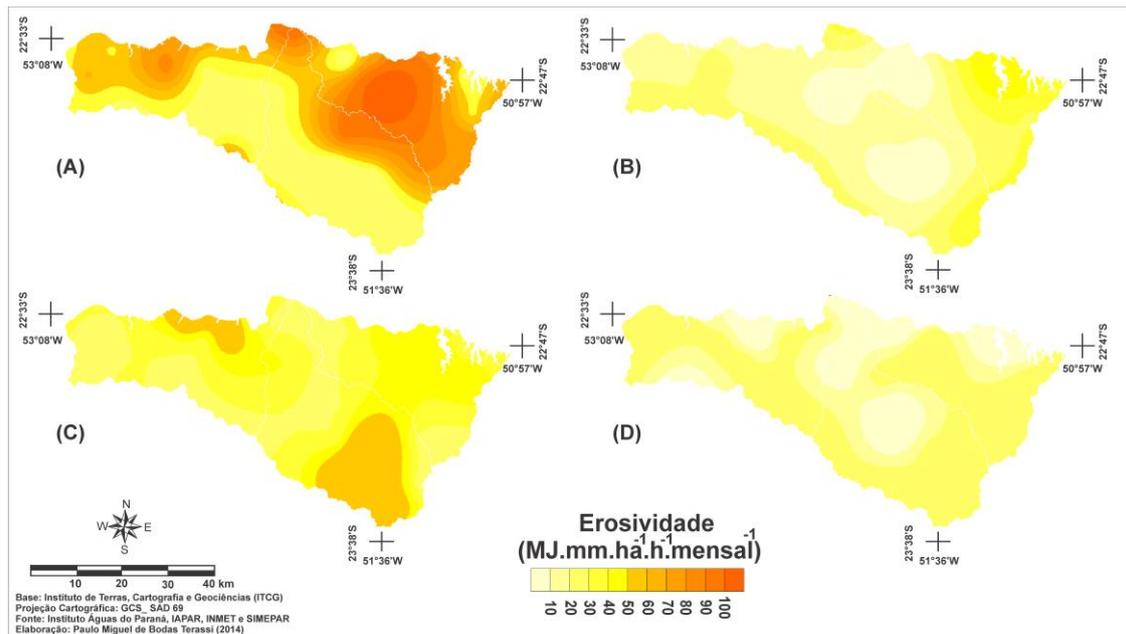


Figura 81 - Distribuição espacial da erosividade mínima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

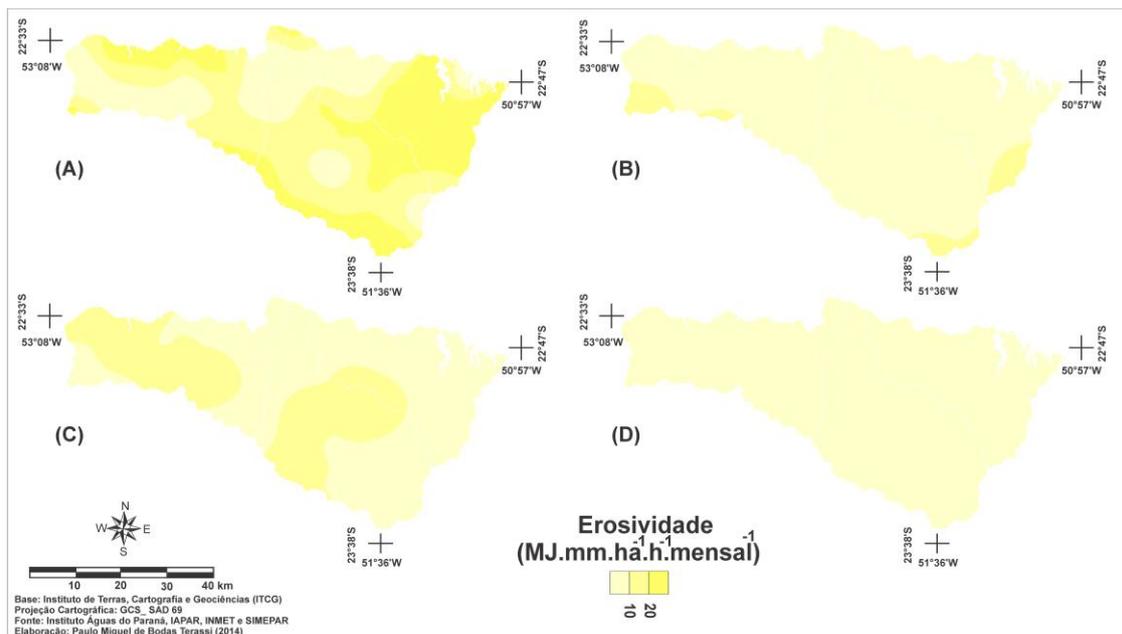


Figura 82 - Distribuição espacial da erosividade mínima ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mensal}^{-1}$) para os meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

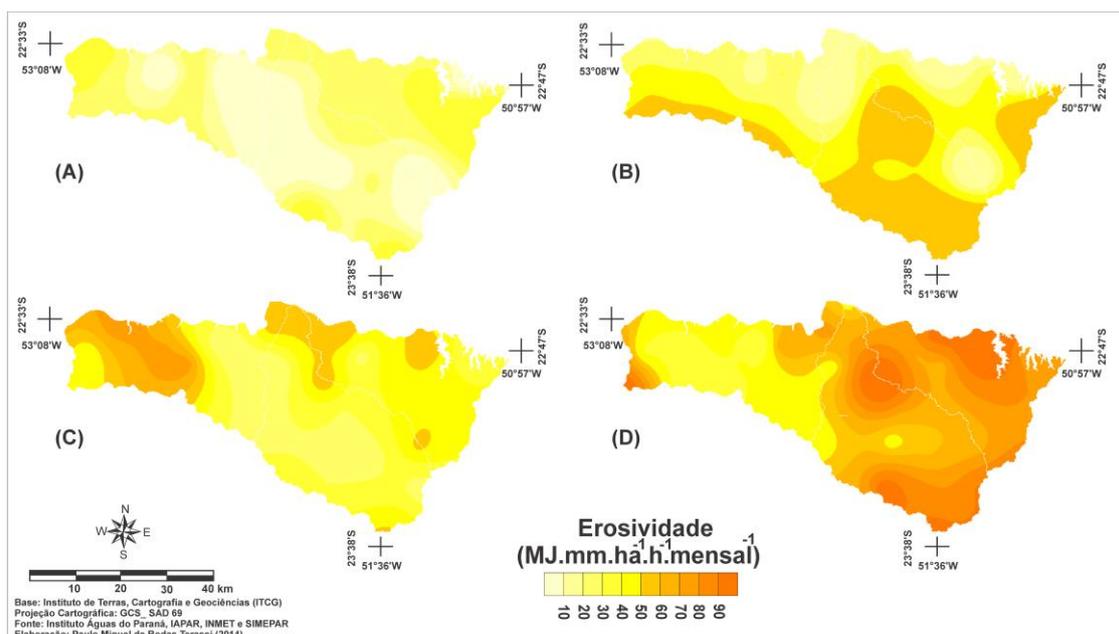


Figura 83 - Distribuição espacial da erosividade mínima (MJ.mm.ha-1.h-1.mensal-1) para os meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os resultados de desvio padrão mostraram o grau de dispersão do conjunto de registros da erosividade da chuva em relação à média mensal. Em simetria com o resultado da erosividade média mensal, o mês de janeiro apresentou a maior média do desvio padrão, equivalente a 1198,6, com valores superiores a 1500 para o setor nordeste e inferiores a 1000 para os setores noroeste e oeste (**Figura 84 A**). Em fevereiro obteve-se uma média de desvio padrão de 811,7, com valores superiores a 1000 para os setores oeste e nordeste e inferiores a 600 no setor noroeste (**Figura 84 B**). O mês de março obteve uma média do desvio padrão de 518,7, com valores superiores a 600 para núcleos isolados nos setores norte e nordeste, e inferiores a 500 para os setores noroeste, norte e central (**Figura 84 C**). Com a redução da erosividade média mensal, o mês de abril apresenta uma média de desvio padrão de 397,0, com valores superiores a 450 nos setores oeste, norte e leste, e inferiores a 350 para os setores noroeste, oeste, sul e nordeste (**Figura 84 D**).

Com o aumento dos valores máximos absolutos, os resultados indicaram média de desvio padrão de 755,9 para o mês de maio, sendo que os valores mais elevados foram identificados para o setor oeste, superiores a 1100, ao passo que se obtiveram valores inferiores a 500 para os setores norte (**Figura 85 A**). O mês de junho apresenta uma média de 614,0 do desvio padrão, com valores superiores a 800 para os setores sul e nordeste, e inferiores a 500 para os setores noroeste e norte (**Figura 85 B**). Em julho a

redução dos valores da erosividade média, máxima e mínima foram concordantes com o decréscimo dos resultados de desvio padrão, verificando-se uma média 329,0, com valores superiores a 450 para os setores sul e nordeste, e inferiores a 250 para o setor noroeste (**Figura 85 C**). O mês de agosto apresenta o menor desvio padrão da erosividade mensal, equivalente a 292,3, com valores superiores a 350 para o setor oeste e inferiores a 200 para o setor nordeste (**Figura 85 D**).

Com o retorno do período de chuvas e o aumento do potencial erosivo, o quadrimestre que vai de setembro a dezembro mostrou maiores valores de desvio padrão da erosividade mensal. O mês de setembro apresentou uma média de 549,7, com valores superiores a 650 para o setor noroeste e inferiores a 500 para o setor nordeste (**Figura 86 A**). Com uma pluviosidade e erosividade média superior ao verificado em setembro e novembro, o mês de outubro apresenta uma média do desvio padrão de erosividade de 741,9, sendo que os maiores valores situam-se no setor nordeste, superiores a 1100, e menores valores para os setores oeste e central, inferiores a 700 (**Figura 86 B**). Para o mês de novembro, de média do desvio padrão de 560,6, os maiores valores localizam-se nos setores leste e nordeste, superiores a 700, e menores valores para o setor noroeste, inferiores a 450 (**Figura 86 C**). Mostrou-se em dezembro uma média de desvio padrão de 947,3, com valores superiores a 1100 para o setor norte e noroeste, e inferiores a 700 para o setor sul (**Figura 86 D**).

Os resultados indicaram, portanto, que os meses de janeiro, fevereiro, maio, junho, outubro e dezembro apresentaram os maiores valores médios do desvio padrão da erosividade mensal. Especialmente, os meses de maio e junho apresentaram as maiores variações entre os valores máximos e mínimos das isoerodentes. Em oposição, notou-se que os meses de abril, julho e agosto obtiveram os menores valores de desvio padrão da erosividade mensal, que se justifica pelas menores diferenças entre máximas e mínimas do potencial erosivo.

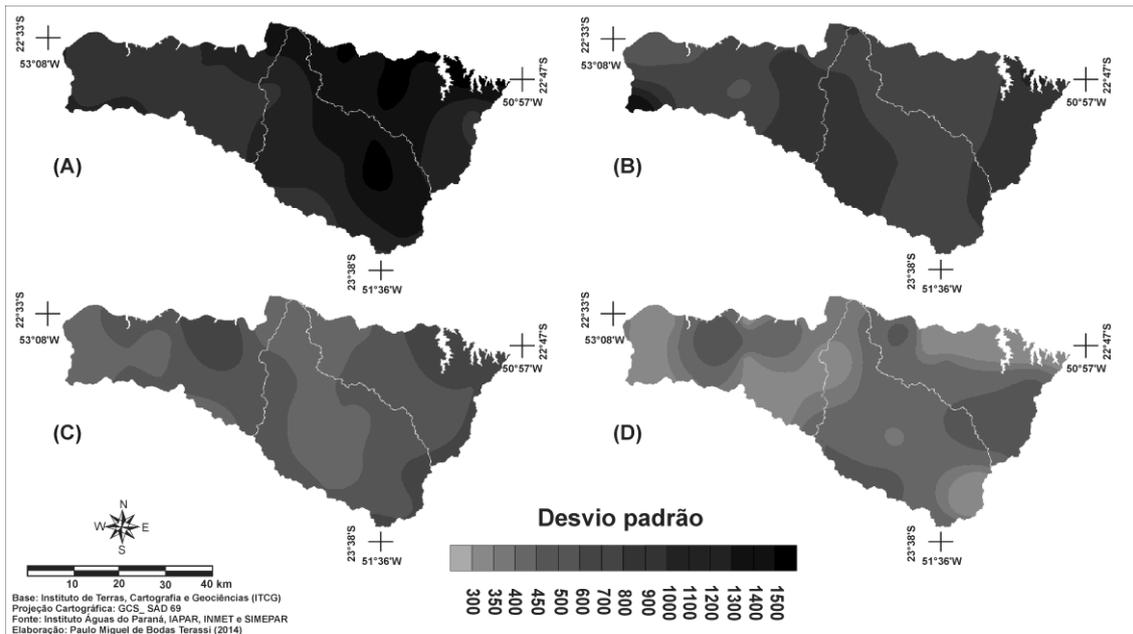


Figura 84 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

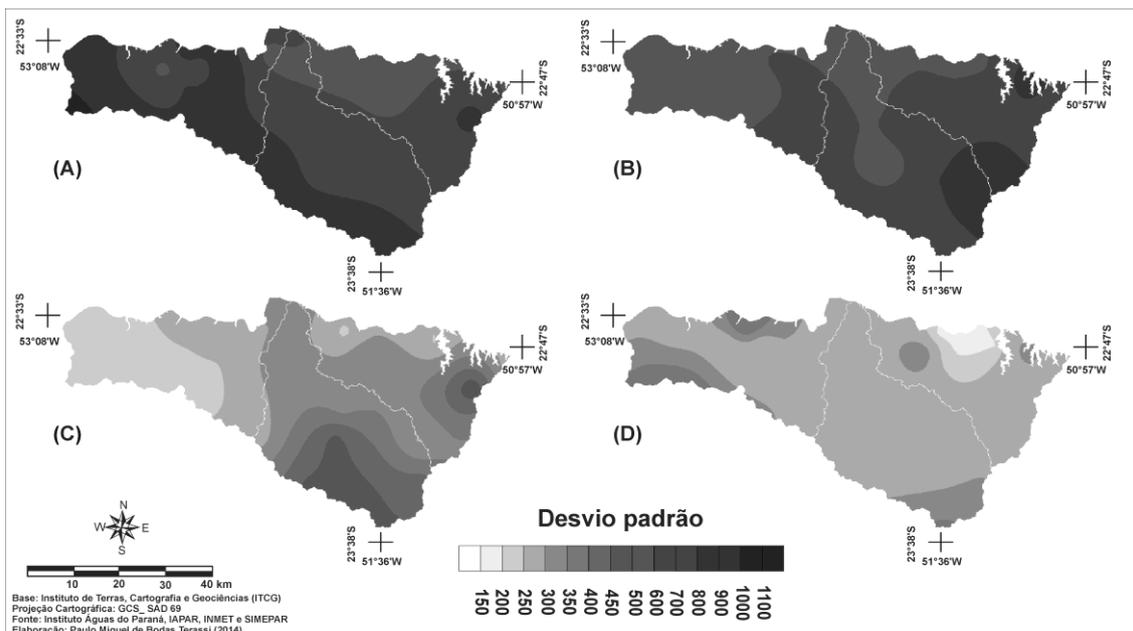


Figura 85 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

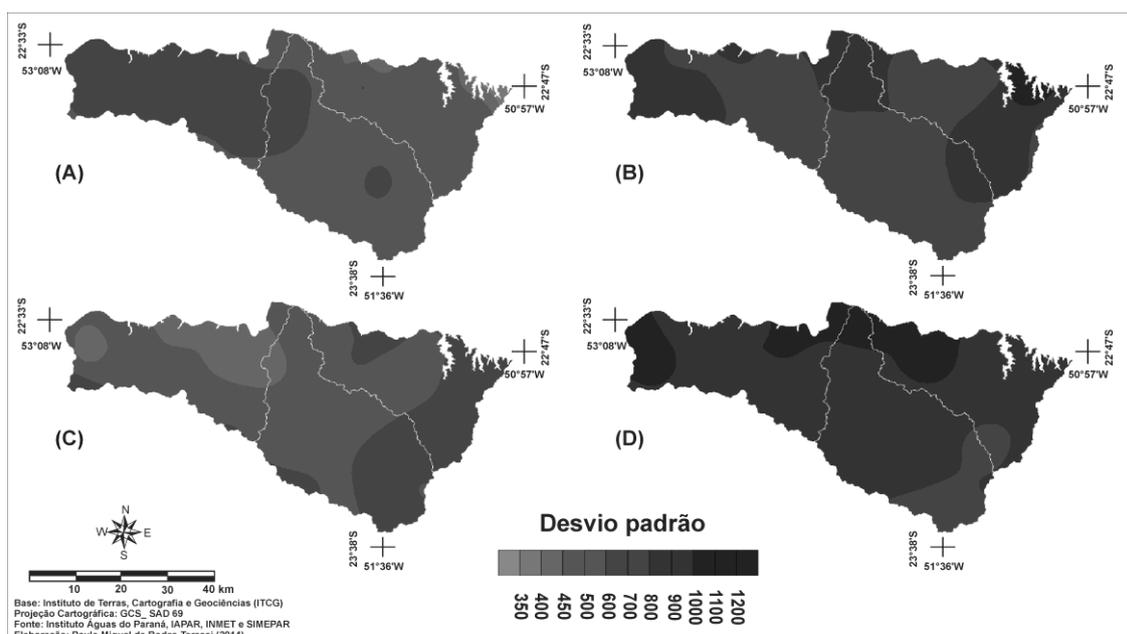


Figura 86 - Distribuição espacial do desvio padrão da erosividade dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os resultados do coeficiente de variação indicaram os períodos e setores que apresentam os maiores ou menores valores da variação percentual da dispersão da erosividade mensal. Embora tenha obtido maiores valores do desvio padrão, o mês de janeiro apresentou um dos menores coeficientes de variação, com média de 90,5%, sendo que os valores foram superiores a 100% para o setor central e nordeste, e inferiores a 80% para os setores noroeste, sudoeste e leste (**Figura 87 A**). O mês de fevereiro obteve uma média de 91,9% do coeficiente de variação, com valores superiores a 120% para o setor oeste e inferiores a 85% para os setores sul, leste e norte (**Figura 87 B**). Com uma média de 94,7% do coeficiente de variação da erosividade mensal, o mês de março apresenta valores superiores a 115% para o setor nordeste e inferiores a 80% para o setor sudoeste (**Figura 87 C**). A redução do potencial erosivo no mês de abril é acompanhado com um aumento da média do coeficiente de variação, referente a 101,3%, com isolinha superiores a 110% para o setor central e isolinhas inferiores a 90% para os setores oeste, sul e nordeste (**Figura 87 D**).

O quadrimestre que vai de maio a agosto apresentou um aumento significativo do coeficiente de variação da erosividade mensal. Com o aumento do potencial erosivo, o mês de maio apresenta uma média do coeficiente de variação de 141,1%, com valores superiores a 150% para o setor oeste, porção da unidade hidrográfica em que se verificam os maiores acréscimos da erosividade média mensal, ao passo que o setor

nordeste obteve valores inferiores a 120% (**Figura 88 A**). O mês de junho obteve uma média de 167,3% do coeficiente de variação, com valores superiores a 220% para o setor norte e inferiores a 140% para os setores oeste e noroeste (**Figura 88 B**). O mês de julho apresenta um coeficiente de variação da erosividade anual de 169,8%, com valores superiores a 220% no setor norte e inferior a 120% para o setor oeste (**Figura 88 C**). Com as maiores reduções dos valores médios do potencial erosivo das chuvas, o mês de agosto obteve uma média de 171,4% do coeficiente de variação, mostrando que compreende o período de maior variação dos valores de erosividade. Observou-se que agosto apresenta valores do coeficiente de variação superiores a 180% para os setores oeste, norte, sudeste e nordeste e inferiores a 170% para os setores noroeste, central e um núcleo isolado situado no setor nordeste (**Figura 88 D**).

Com a regularização das chuvas no quadrimestre que vai de setembro a dezembro, observou-se que ocorre uma redução dos resultados do coeficiente de variação da erosividade mensal. O mês de setembro apresenta uma média do coeficiente de variação de 102,9%, com valores superiores a 110% para os setores noroeste e inferiores a 95% nos setores oeste, sul e nordeste (**Figura 89 A**). Por sua vez, o mês de outubro obteve uma média do coeficiente de variação e 103,9%, verificando-se que o setor nordeste apresenta valores superiores a 110%, enquanto que se mostraram para o setor sudeste valores inferiores a 90% (**Figura 89 B**). Com uma média de 90,2%, o mês de novembro apresentou coeficiente de variação da erosividade superior a 95% para o setor norte e inferior a 80% para o setor noroeste (**Figura 89 C**). A menor média do coeficiente de variação da erosividade mensal foi obtida para o mês de dezembro, com o resultado de 89,2%, com valores superiores a 130% para o setor noroeste e inferiores a 70% para os setores sul e leste (**Figura 89 D**).

Por conseguinte, os quadrimestres que vão de janeiro a abril e de setembro a dezembro mostraram-se que, tendencialmente, são os períodos dos menores desníveis dos valores de erosividade mensal. De modo inverso, o quadrimestre que vai de maio a agosto apresenta os maiores valores do coeficiente de variação da erosividade mensal, condição que revela que este período apresenta as maiores oscilações do conjunto de dados obtidos. Constatou-se que há uma significativa variação espacial do coeficiente de variação da erosividade mensal e, conseqüentemente, não é possível afirmar um padrão espacial de distribuição das isolinhas para este parâmetro estatístico.

Analisando de forma conjunta os resultados de desvio padrão e do coeficiente de variação, afirma-se que os meses de janeiro e dezembro apresentam a maior

probabilidade de ocorrência dos mais elevados potenciais de erosividade das chuvas por apresentar simultaneamente os maiores desvios padrões combinado aos menores coeficientes de variação. Excepcionalmente, os meses de maio e outubro, caracterizados pelo aumento de pluviosidade e erosividade média mensal, mostraram valores mais elevados de desvio padrão e do coeficiente de variação, indicando que estes meses apresentam significativa oscilação dos valores mensais de erosividade das chuvas. Observa-se que os meses de julho e agosto compreendem um período de significativa redução do potencial erosivo e da probabilidade de ocorrência de maiores potenciais erosivos, embora se tenha obtido os maiores valores do coeficiente de variação.

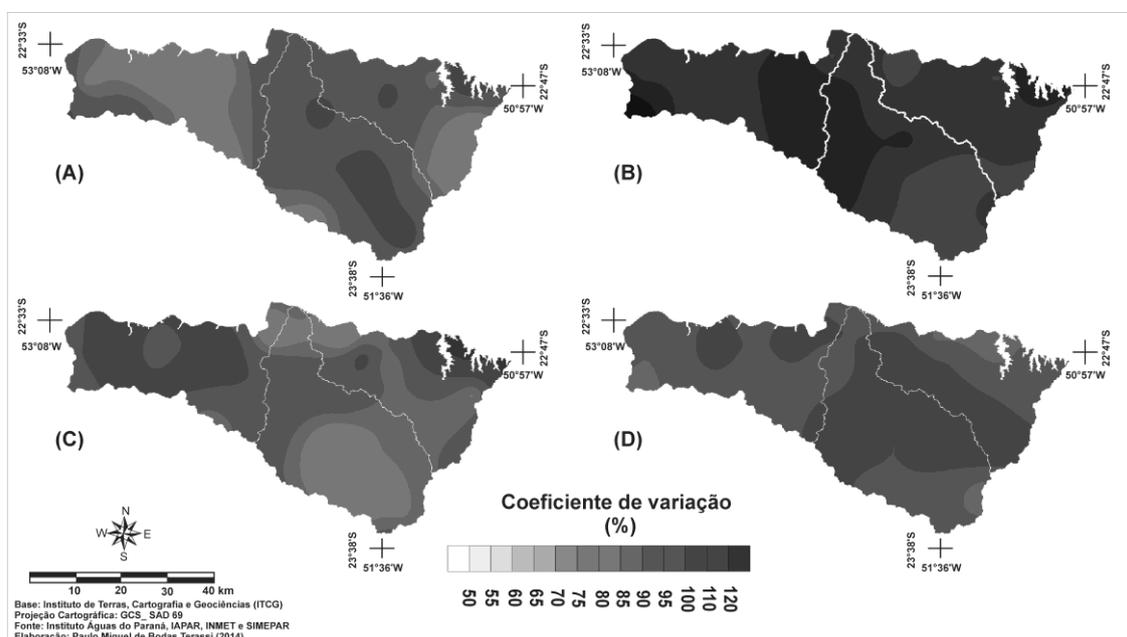


Figura 87 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade dos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C) e abril (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

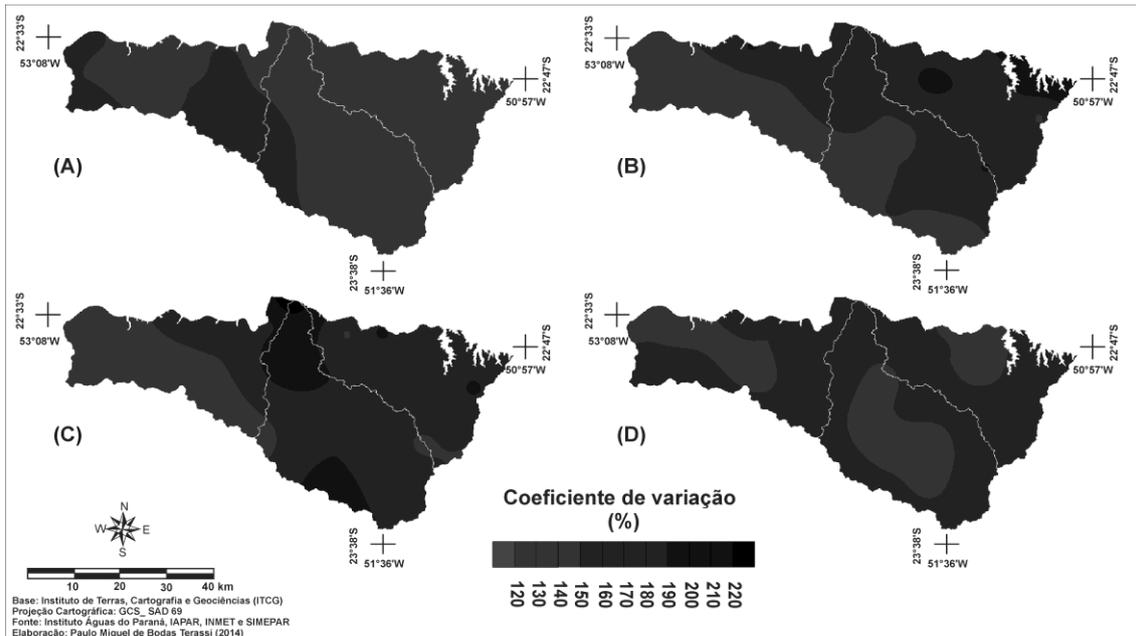


Figura 88 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade dos meses de maio (A), junho (B), julho (C) e agosto (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

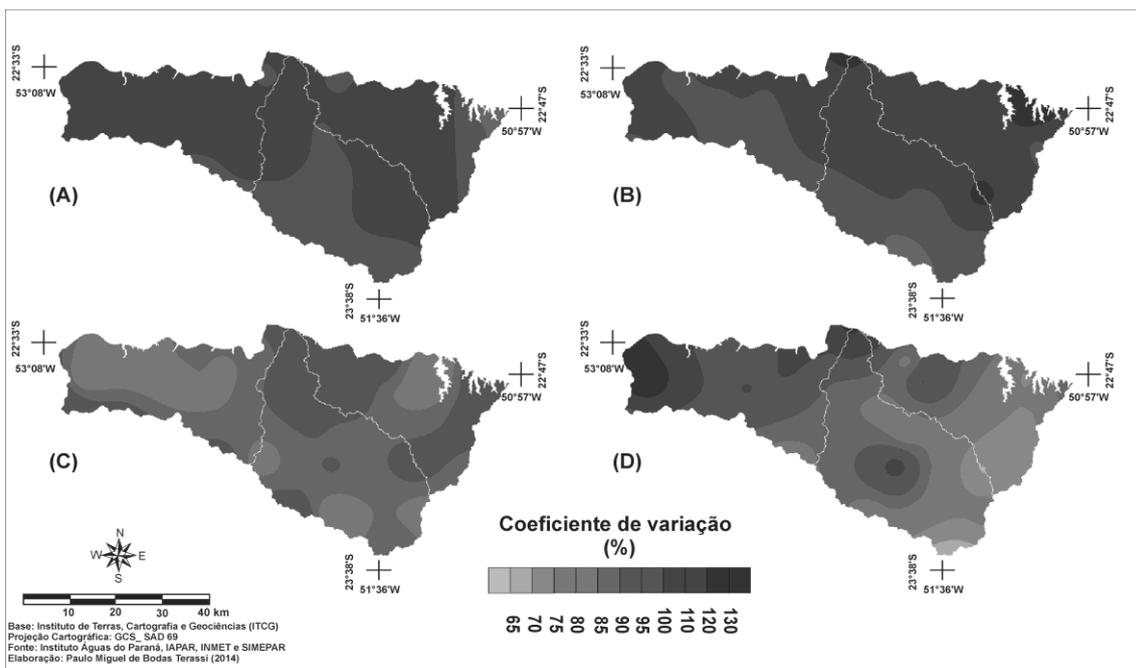


Figura 89 - Distribuição espacial do coeficiente de variação da erosividade dos meses de setembro (A), outubro (B), novembro (C) e dezembro (D) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.3 Variabilidade pluviométrica e a erosividade para anos-padrão

O **quadro 1** representa a classificação da tipologia de anos-padrão de Monteiro (1976) para os postos pluviométricos e estações meteorológicas e mostra o comportamento da pluviosidade anual. Observou-se o predomínio da tipologia chuvoso ou tendente a chuvoso, com a identificação para ao menos 20 postos pluviométricos ou estações meteorológicas, para os anos de 1976, 1980, 1982, 1983, 1990, 1997, 1998 e 2009. Com o registro superior para ao menos 20 postos pluviométricos ou estações meteorológicas, verificou-se a predominância da tipologia seco ou tendente a seco para os anos de 1978, 1984, 1985, 1991, 1994, 2005 e 2006.

A **figura 90** demonstra a variabilidade da média pluviométrica anual de todos os postos pluviométricos e estações meteorológica, e mostrou que a unidade hidrográfica apresenta uma pluviosidade média anual de 1442,6 mm. Verifica-se que os anos de 1980, 1983, 1997, 1998 e 2009 apresentaram pluviosidade média superior a 1700 mm e que, com exceção de 1980, estes foram anos com a atuação predominante do fenômeno de grande escala El Niño. Os anos de 1978, 1985 e 1988 se destacam por apresentarem pluviosidade inferior a 1100 mm e estarem sob as condições de La Niña.

A análise comparativa entre as tipologias de anos-padrão de Monteiro (1976) e a sua predominância de ocorrência e a variação anual da pluviosidade média para todos os postos pluviométricos e estações meteorológicas possibilitou a seleção de dois anos chuvosos, 1983 e 2009, ambos com pluviosidade média superior a 1800 mm e com a ocorrência predominante da tipologia chuvoso ou tendente a chuvoso. Os anos de 1985 e 1988 foram escolhidos como ano característico seco por apresentarem pluviosidade inferior a 1100 mm e as maiores quantidades de postos pluviométricos e estações meteorológicas que apresentaram a tipologia seco e tendente a seco.

Coincidentemente, os anos selecionados estiveram predominantemente com as atuações das fases extremas do ENOS (El niño oscilação sul). Sousa (2006) descreve que os anos de 1983, 1985 e 1988 foram os períodos de elevada intensidade dos eventos de ENOS para grande parte do estado do Paraná, com um significativo aumento das chuvas para o primeiro, com a ocorrência do El Niño, e uma redução elevada para os dois últimos, que houve a participação do La Niña. A ocorrência do evento de El Niño no ano de 2009 para o Centro-Sul do Brasil foi descrito por Borsato (2011) como importante para o aumento dos totais pluviométricos da região.

Os anos selecionados como chuvosos tiveram uma significativa variabilidade espacial da pluviosidade total anual. O ano de 1983 apresentou uma pluviosidade média de 1856 mm, com os valores superiores a 2200 mm e desvios positivos superiores a 550 mm no setor sul, enquanto que os menores volumes de pluviosidade total inferiores a 1.500 mm e desvios positivos inferiores a 200 mm são verificados em algumas porções do setor norte e central das bacias hidrográficas. O ano de 2009 apresentou uma pluviosidade média de 1933 mm, com os maiores volumes do total de pluviosidade anual verificados no setor leste, superiores a 2300 mm, e com desvios positivos superiores a 700 mm, ao passo que o setor noroeste apresentou pluviosidade inferior a 1400 mm e desvios positivos inferiores a 200 mm (**Figuras 91 e 92**).

Igualmente, os anos que foram selecionados como representativos da tipologia seco demonstraram uma relevante variabilidade espacial da pluviosidade total anual. Em 1985 a pluviosidade média foi de 1057 mm, com registros superiores a 1350 mm e desvio negativos inferiores a 300 mm para o setor oeste, e, inversamente, pluviosidade total anual inferior a 900 mm e desvios negativos superiores a 500 mm para o setor central e noroeste. O ano de 1988 apresentou uma média de pluviosidade 1105 mm, com pluviosidade superior a 1450 mm e desvios negativos inferiores a 200 mm no setor sul, e totais anuais menores que 700 mm e desvios negativos maiores que 600 mm no setor noroeste (**Figuras 91 e 92**).

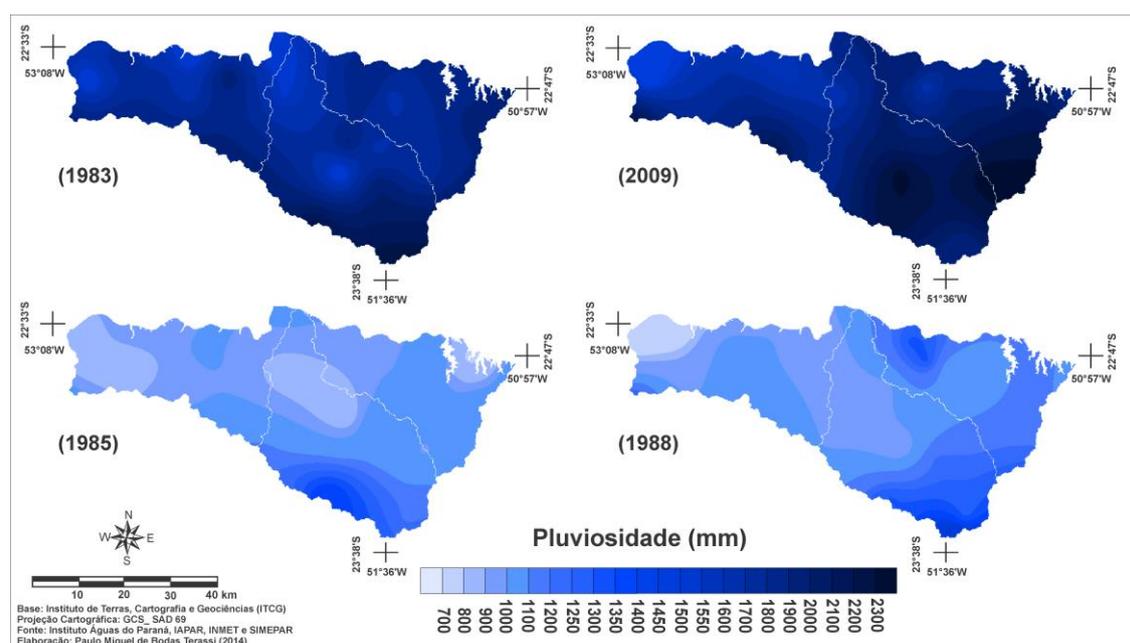


Figura 91 - Distribuição espacial da pluviosidade total anual (mm) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

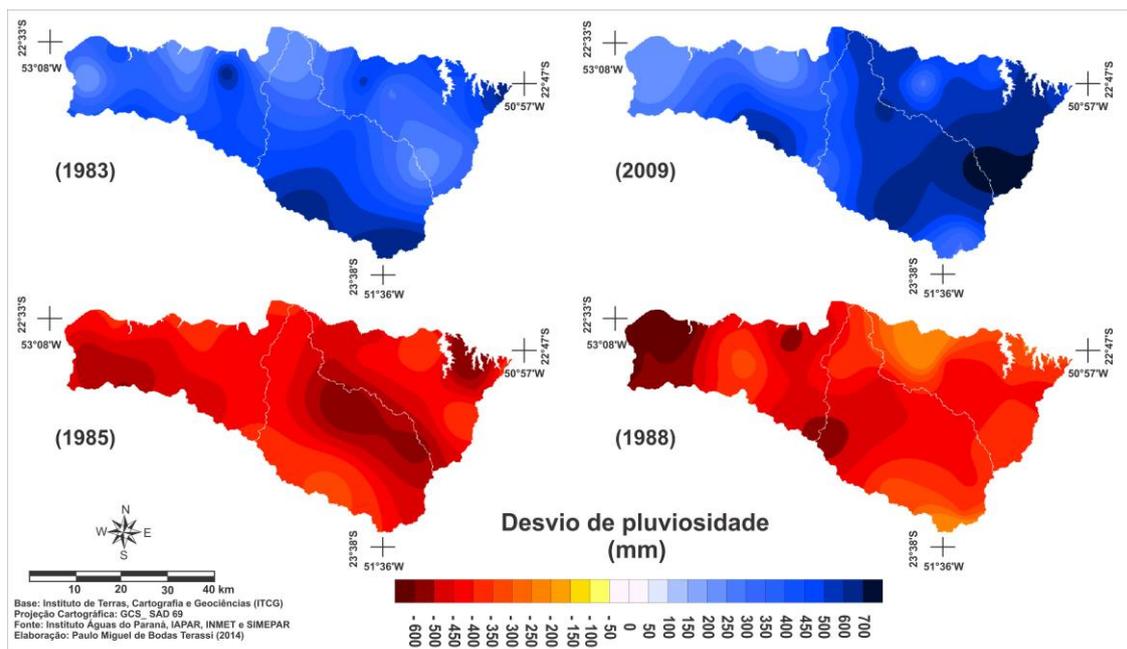


Figura 92 - Distribuição espacial dos desvios de pluviosidade (mm) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – PR.

O gráfico da **figura 93** é um demonstrativo da variação anual do número de dias de chuva de todos os postos pluviométricos e estações meteorológicas utilizadas, que apresentaram uma média anual de 91,6 dias de chuva. Observou-se que os anos de 1976, 1977, 1980, 1982, 1983, 1989, 1990, 1996, 1997, 1998 e 2009 registraram uma média superior a 100 dias de chuva. Inversamente, os anos de 1978, 1984, 1985, 1988, 1991, 2006 e 2012 apresentaram uma média anual inferior a 80 dias de chuva. O ano de 1985, um dos escolhidos como caraterístico de um ano padrão seco, obteve o menor registro de número de dias de chuva (71,3), enquanto que o ano de 1983, selecionado como chuvoso, apresentou o maior número de dias de chuva (116,7).

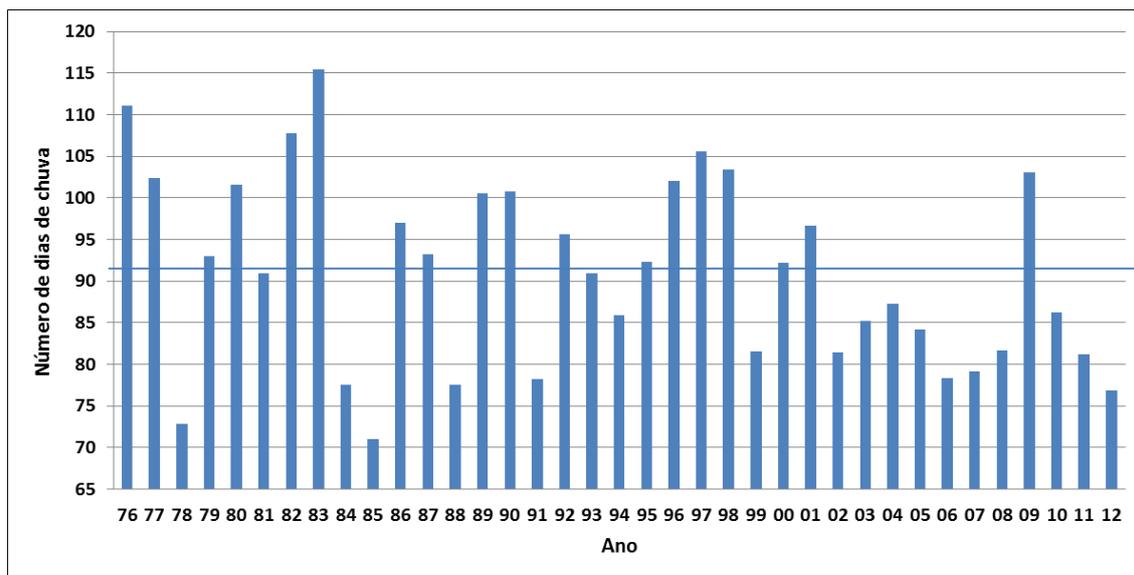


Figura 93 - Valores da média dos totais anuais de dias de chuva para os postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O ano de 1983 apresentou um número de dias de chuva superior a 140 e desvio positivo em relação a média superior a 40 dias de chuva nos setores sul e leste, com uma redução significativa nos setores oeste e nordeste, com alguns núcleos de registros inferiores a 90 dias e desvios positivos inferiores a 5 dias. O ano de 2009 obteve um número médio de dias de chuva superior a 140 e desvios positivos maiores que 30 dias de chuva para a porção sul e extremo noroeste, sendo que os setores norte e central apresentaram registros inferiores a 80 dias e desvios negativos próximos a 10 dias de chuva (**Figuras 94 e 95**). Estes resultados mostraram que os anos escolhidos como chuvosos apresentaram um aumento significativo do número de dias de chuva, e que, entretanto, não se verificou um aumento uniforme, uma vez que alguns setores apresentaram desvios de dias de chuva pouco superiores a média ou, até mesmo, inferiores.

Contrariamente, os anos escolhidos como seco apresentaram desvios negativos de dias de chuva para toda unidade hidrográfica. O ano de 1985 apresentou os menores valores de dias de chuva, inferiores a 50, e maiores desvios negativos de dias de chuva, superiores a 30, para os setores norte e central, ao passo que os setores oeste e sul, mesmo apresentando os maiores valores de dias de chuva, superiores a 90, obtiveram desvios negativos superiores a 25 dias de chuva, condição que demonstra uma relativa homogeneidade na redução do número de dias de chuva para este ano. Em 1988 a redução do número de dias de chuva foi inferior a registrada em 1985, com valores

menores que 60 e desvios negativos superiores a 25 para o setor norte e maiores que 100 dias de chuva e desvios negativos inferiores a 10 para o setor oeste (Figuras 94 e 95).

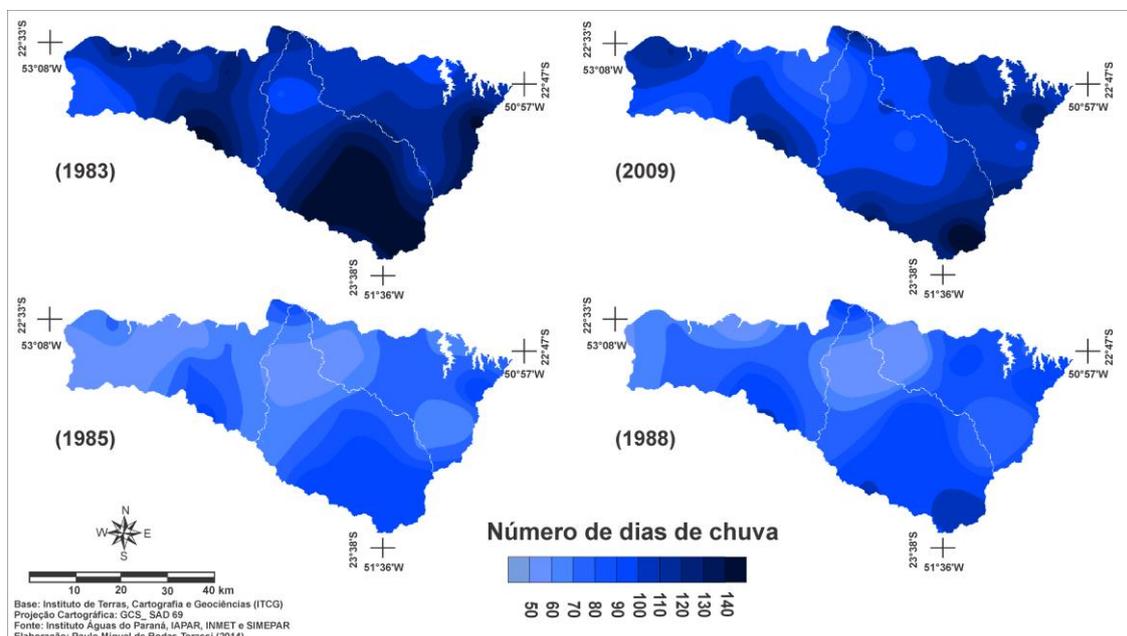


Figura 94 - Distribuição espacial do número anual de dias de chuvas dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

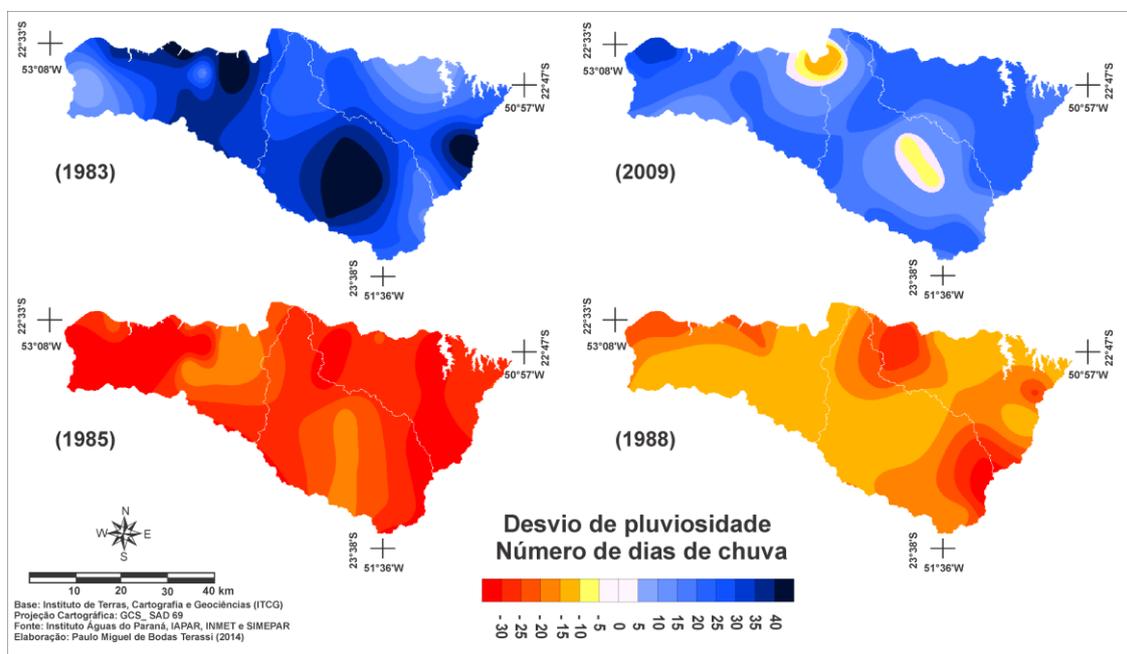


Figura 95 - Distribuição espacial do desvio do número anual de dias de chuvas dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

A unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV apresenta uma média estimada de erosividade anual de 7312,3 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Os anos de 1978, 1985, 1988, 1994, 1999 e 2008 apresentaram erosividade média anual inferior a 6500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Os anos de 1981, 1983, 1997, 2005 e 2009 registraram uma erosividade média superior a 8500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Excepcionalmente, os anos com a menor erosividade média foram 1985 (5654,5 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹), 2008 (5549 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) e 1988 (6088,1 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹), enquanto que os anos de 1997 (9424,6 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹), 2009 (8840,3 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) e 1983 (8677,3 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) apresentaram o maior potencial erosivo (**Figura 96**).

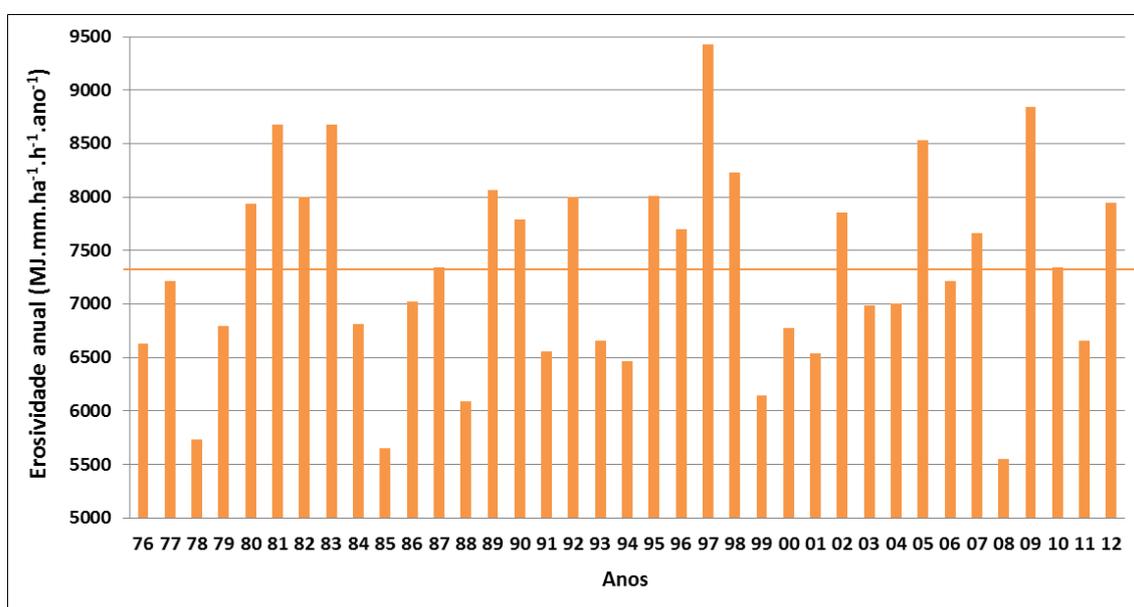


Figura 96 - Valores da média dos totais anuais de erosividade (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) para os postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os anos escolhidos como tipicamente chuvosos ou secos apresentaram um padrão de distribuição espacial dos valores do índice de erosividade das chuvas. Observou-se que para os anos chuvosos os setores oeste, sul e leste foram aqueles que apresentaram os maiores valores da erosividade anual, com os maiores riscos às perdas de solo pelo impacto das chuvas, enquanto que os setores norte e noroeste são os que apresentaram os menores desvios em relação à erosividade média anual. Para os anos secos mostrou-se que ocorre uma redução significativa dos valores de erosividade anual em relação à atribuída pela série histórica, sobretudo para os setores norte e noroeste da unidade hidrográfica, e de forma menos incisiva nos setores sudoeste e leste (**Figuras 97 e 98**).

O ano de 1983, considerado como chuvoso, apresentou isoerodentes superiores a 10000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para os setores sul e noroeste e inferiores a 6600 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para os setores norte, noroeste e central, com desvios positivos de erosividade que variaram de 2000 a 250 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Os resultados indicaram que o ano de 2009 apresentou potencial erosivo superior a 11000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com desvios positivos de 2750 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, para o setor centro-leste e inferior a 6600 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para o setor noroeste, com desvios negativos de 250 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (**Figuras 97 e 98**).

Verificou-se que o ano de 1985 apresentou uma erosividade média de 6800 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para os setores sudoeste e leste, com desvios negativos de aproximadamente 250 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, ao passo que os setores oeste e central obtiveram um potencial erosivo inferior a 4000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com desvios negativos superiores a 2500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Para o ano de 1988 evidenciou-se uma erosividade superior a 6800 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para o setor sudoeste e leste, com desvios negativos inferiores a 250 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, e inferior a 3500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para o setor noroeste, com desvios negativos superiores a 2750 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (**Figuras 97 e 98**).

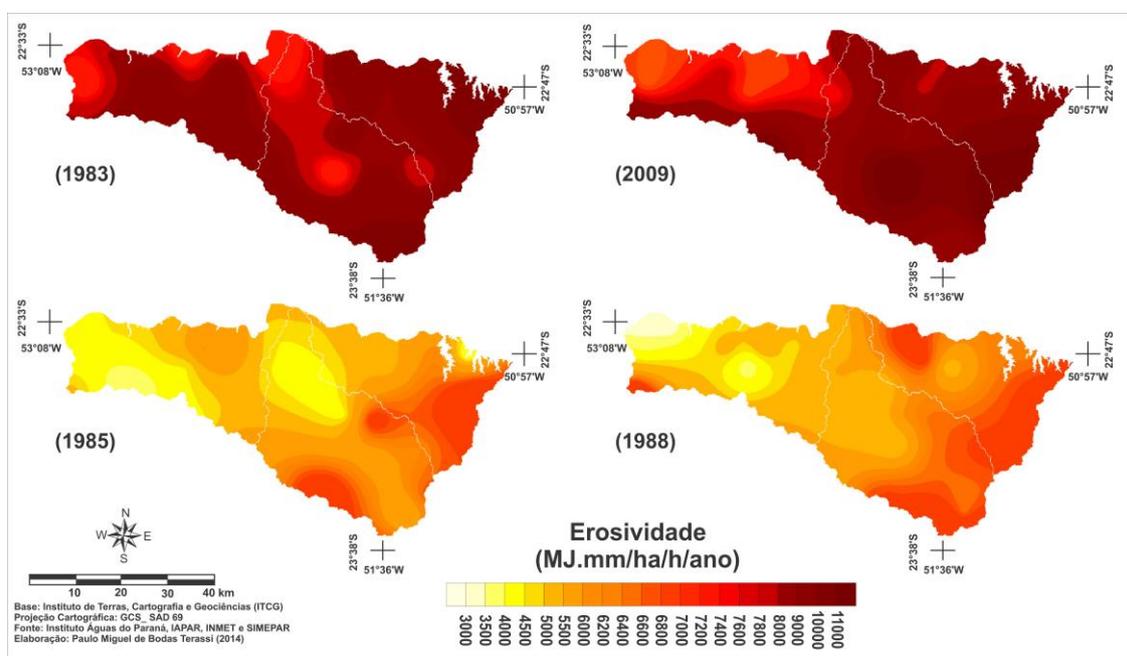


Figura 97 - Distribuição espacial da erosividade anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

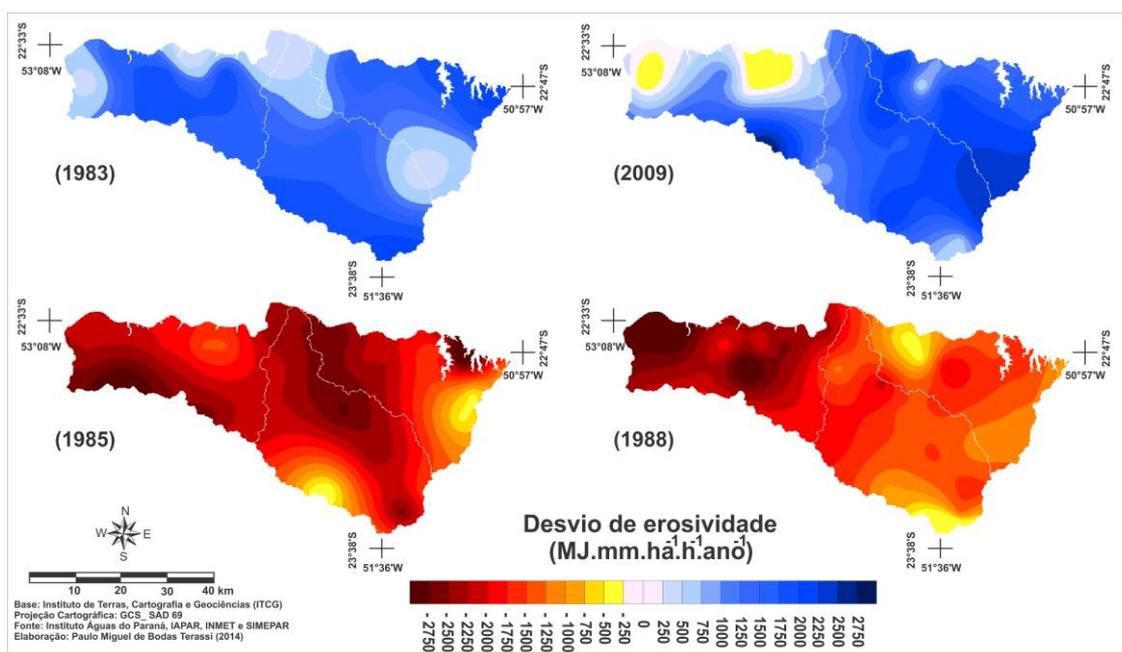


Figura 98 - Distribuição espacial dos desvios de erosividade anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) dos anos chuvosos (1983 e 2009) e dos anos secos (1985 e 1988) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O gráfico da **figura 99** representa os resultados do desvio simples (%) anual dos valores anuais de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade em relação à série histórica para as estações meteorológicas e os postos pluviométricos selecionados para o presente estudo. Observa-se que os maiores desvios positivos de pluviosidade total anual ocorreram nos anos de 1980, 1983, 1997 e 2009, com anomalias superiores a 20%, ao passo que os anos de 1978, 1985, 1988 mostram desvios negativos superiores a 20%. Com menores alterações em relação ao volume de pluviosidade, o número de dias de chuva indicou aumento superior a 20% em relação à série histórica somente para os anos de 1980 e 1983, enquanto que a maior anomalia negativa, superior a 20%, foi observada apenas para o ano de 1985. Por sua vez, a erosividade apresentou oscilações positivas superiores a 20% para os anos de 1997 e 2009 e anomalias negativas superiores a 20% para os anos de 1978, 1985 e 2008.

Estes resultados indicaram que o aumento significativo de pluviosidade (mm) para o ano de 1983 esteve acompanhado proporcionalmente de um número maior de dias de chuva e, entretanto, sem necessariamente um aumento significativo do potencial erosivo. Isoladamente com o maior aumento do volume de pluviosidade, equivalente a 34%, o ano de 2009 também obteve um incremento significativo do potencial erosivo das chuvas em relação à série histórica, o que pode estar atrelada a desproporção em relação ao menor aumento do número de dias de chuva. O ano de 1985 apresentou com

maior uniformidade a redução da pluviosidade, do número de dias de chuva e da erosividade das chuvas. O ano de 1988 apresentou maiores desvios de pluviosidade em relação ao número de dias de chuva e erosividade. Estes resultados indicam que as alterações do volume de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade não ocorrem de forma simétrica, embora a escolha dos anos-padrões tenha sido satisfatória para representar as alterações anuais destes parâmetros.

Waltrick et al. (2012) observaram que a erosividade das chuvas no estado do Paraná sofrem alterações significativas em todas as regiões, em períodos de El Niño e La Niña, demonstrando a influência destes eventos na estimativa do potencial erosivo das chuvas no Estado. Especialmente em anos definidos como de anomalia positiva (El Niño), os resultados da presente pesquisa indicaram que os anos de 1983, 1997 e 2009 obtiveram um aumento superior a 15% do potencial erosivo das chuvas, ao passo que em anos de La Niña, como 1978, 1985 e 1988 a redução da erosividade das chuvas foi superior a 15% (**Figura 99**).

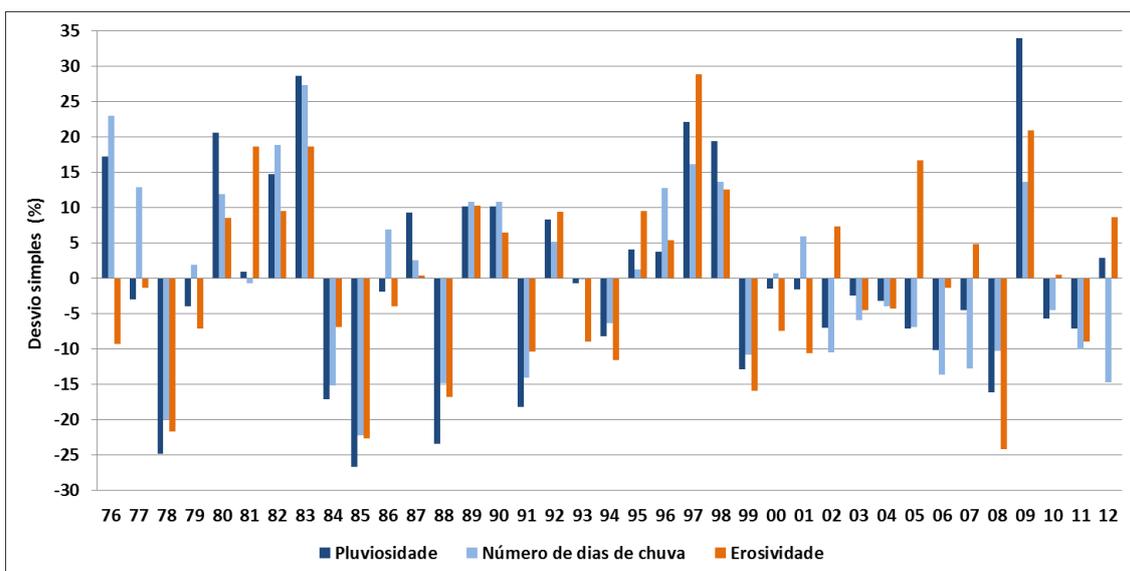


Figura 99 - Desvio simples (%) anual de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade em relação à série histórica da soma dos postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4.4 Análise de áreas pluviométricas homogêneas

A aplicação da técnica de agrupamentos a partir do emprego do método Ward e da distância Euclidiana permitiu a elaboração do dendrograma e a verificação de estações meteorológicas e postos pluviométricos com comportamento similar (**Figura 100**). A interpretação das características como proximidade em relação aos postos de mesmo grupo e semelhantes cotas altimétricas possibilitou identificar e definir quatro grupos homogêneos. Este agrupamento permitiu uma integração dos resultados apresentados anteriormente e a escolha de estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos, circulos na **figura 101**, que foram escolhidos para um estudo detalhado das características da pluviosidade e erosividade das chuvas, tendo como finalidade específica à hierarquização das chuvas. Especificamente, o posto pluviométrico 15 (Loanda - Fazenda Novo Erechim) foi eliminado do agrupamento, pois apresenta uma hipsometria diferente e está localizado distante do grupo I, o qual deveria estar inserido, conforme indica o dendrograma da **figura 100**.

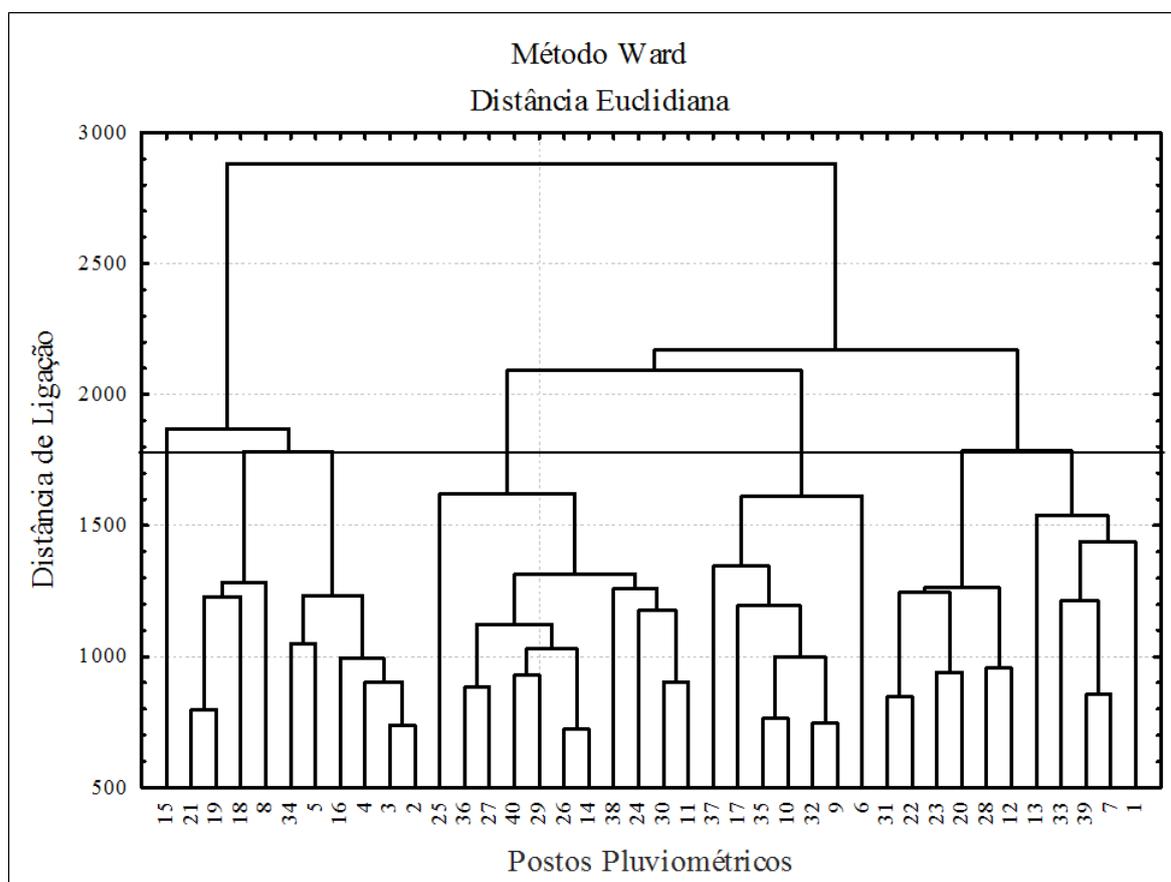


Figura 100 - Dendrograma para os 40 postos pluviométricos e estações meteorológicas para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

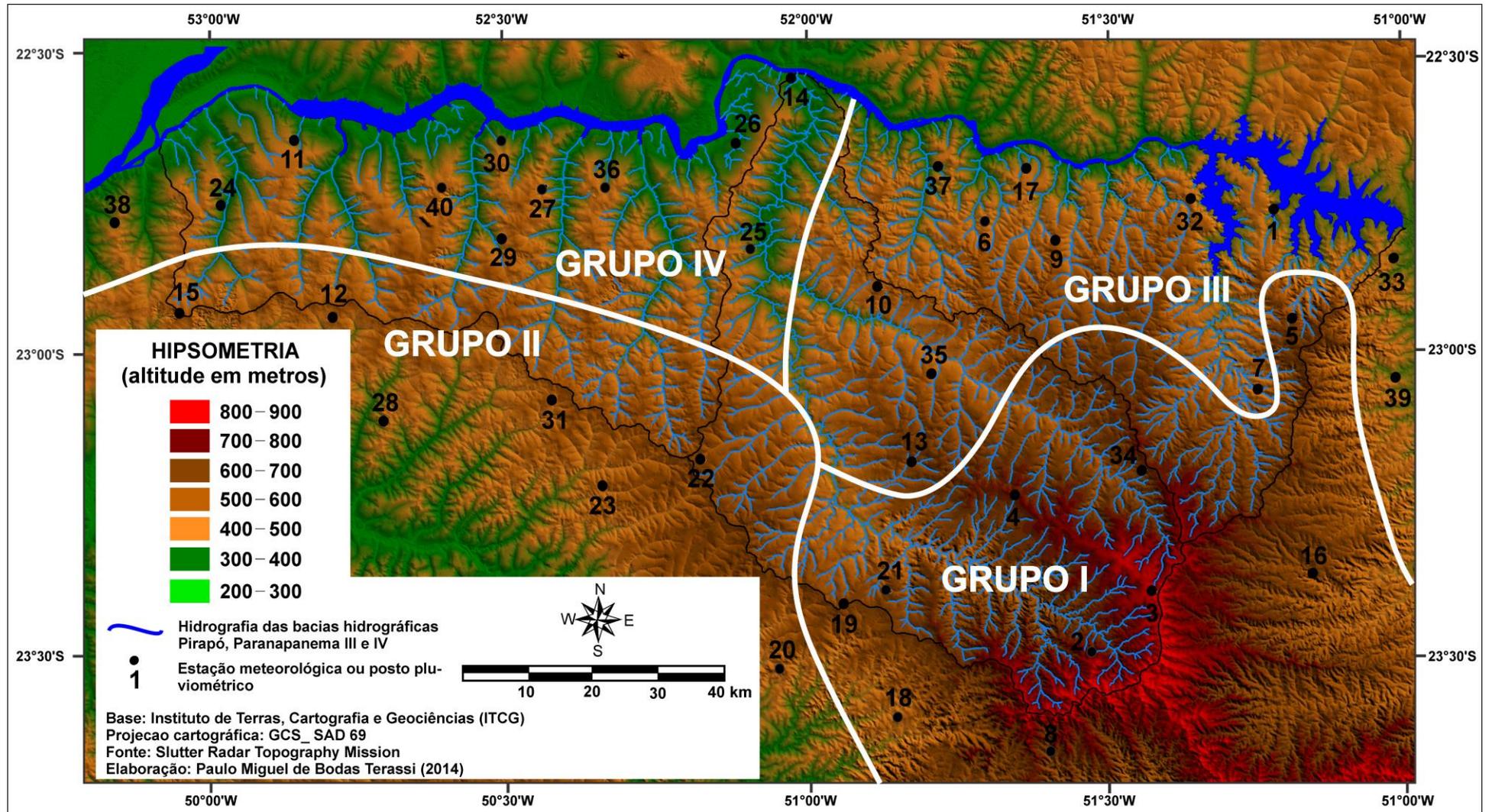


Figura 101 - Distribuição dos grupos pluviométricos homogêneos e respectivas estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Os grupos formados seguiram características específicas quanto à altimetria predominante, pluviosidade, número médio de dias de chuva e erosividade das chuvas. O grupo I apresentou uma média de altitude de 589 metros, compreendendo o setor de maior altimetria da unidade hidrográfica e que representa de forma mais notável a influência do efeito orográfico para o acréscimo do volume de pluviosidade. Obteve-se uma média de pluviosidade de 1589,9 mm, com valor médio mínimo de 1076,7 mm e valor médio máximo de 2256,1 mm, os maiores resultados para toda unidade hidrográfica. Verificou-se que este grupo detém uma média de dias de chuva de 107,4, com valores máximos de 140,7 e valores mínimos de 77,9, que apontou que esta é a porção da unidade hidrográfica de maior número de dias de chuva. Notou-se que este grupo apresentou a maior média da erosividade média anual, correspondente a 7801,5 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com valores máximos de 11427,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e valores mínimos de 5681,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (**Tabela 3**).

Com uma altimetria média de 497 metros, o grupo II obteve uma pluviosidade média anual de 1458,5 mm, com máxima de 2022,9 mm e mínima de 995,2 mm. Revelou-se uma média anual de dias de chuva de 91,8, com uma média máxima de 124,3 e uma média mínima de 65,3. Calculou-se que este grupo apresenta uma média da erosividade anual de 7174,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com uma média máxima de 10318,0 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e uma média mínima de 4770,5 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (**Tabela 3**).

O grupo III apresentou uma altitude média de 416 metros. Os resultados indicaram uma média de pluviosidade de 1395,9 mm, com uma média máxima de 2007,5 mm e uma média mínima de 900,1 mm. Mostrou-se uma média de número de dias de chuva de 87,2, com uma média máxima de 120,0 dias e uma média mínima de 61,8 dias. Indicou-se uma média anual do potencial erosivo de 7363,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, com uma média máxima de 11223,6 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e uma média mínima de 4774,5 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Comparativamente, o grupo III obteve uma elevada erosividade média anual em relação ao grupo II e grupo IV, o que se atribui as características do regime pluviométrico mensal (**Tabela 3**).

A altimetria média de 354 metros responde pela menor média pluviosidade anual de toda unidade hidrográfica para o grupo IV. Obteve-se uma média anual de 1341,2 mm, com uma média máxima 1823,7 mm e média mínima de 890,2 mm. Com uma média anual de 82,8 dias de chuva, o grupo IV apresentou uma média máxima de 118,0 dias e uma média mínima de 54,5 dias. Examina-se que o grupo IV apresenta o menor potencial erosivo anual, uma vez que apresenta uma média de 6882,3 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.

1 .ano⁻¹, de média máxima de 10451,0 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e média mínima de 4362,0 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (**Tabela 3**).

Conseqüente, constatou-se que o grupo I apresentou os maiores valores anuais de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade das chuvas, condição atribuída aos maiores cotas altimétricas dos postos pluviométricos e estações meteorológicas. O grupo IV apresenta os menores valores de pluviosidade, número de dias de chuva e da erosividade das chuvas. O grupo II apresentou condições intermediárias aos demais e, embora tenha sido o segundo grupo de maior pluviosidade média anual, obteve menor potencial erosivo em relação ao grupo III por mostrar uma relativa regularidade pluviométrica mensal. O maior potencial erosivo verificado pelo grupo III é justificado pelo maior aumento da erosividade máxima anual em comparação com os grupos II e IV e, principalmente, por apresentarem maiores alturas pluviométricas em proporção ao número de dias de chuva, denotando um maior potencial de intensidade pluviométrica (**Tabela 3**).

Tabela 3 - Valores anuais de pluviosidade e erosividade dos grupos homogêneos para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Variáveis	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Altitude média dos postos pluviométricos e estações meteorológicas (metros)	589	497	416	354
Pluviosidade média anual (mm)	1589,9	1458,5	1395,9	1341,2
Pluviosidade mínima anual (mm)	1076,7	995,2	900,1	890,9
Pluviosidade máxima anual (mm)	2256,1	2022,9	2007,5	1823,7
Número médio anual de dias de chuva	107,4	91,8	87,2	82,8
Número máximo anual de dias de chuva	140,7	124,3	120,0	118,0
Número mínimo anual de dias de chuva	77,9	65,3	61,8	54,5
Erosividade média anual (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)	7801,5	7174,9	7363,9	6882,3
Erosividade máxima anual (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)	11427,9	10318,0	11223,6	10451,0
Erosividade mínima anual (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)	5681,7	4770,5	4774,5	4362,1

Observa-se que o grupo I apresenta o maior número de dias de chuva para todos os meses, o que revela a influência do relevo para a maior ocorrência mensal da pluviosidade diária. Os grupos III e IV mostraram as maiores reduções do número de dias de chuva para o trimestre que vai de junho a agosto. Observa-se que o grupo III apresenta o maior acréscimo do número de dias de chuva para os meses de janeiro e dezembro, supondo que existe uma condição mais evidente de tropicalização para este grupo (**Tabela 4**). O agrupamento permitiu identificar alguns padrões espaciais e temporais da pluviosidade média mensal para a unidade hidrográfica. O grupo I obteve

majoritariamente as maiores alturas pluviométricas médias mensais para toda unidade hidrográfica. O grupo IV mostrou as menores médias pluviométricas para a maioria dos meses, com exceção de maio, agosto e outubro. Esta condição é refletida pelo cenário que ocorre no grupo III, de menor aumento de pluviosidade em maio e outubro em relação aos meses antecedentes e sucessores, o que ocorre habitualmente em grande porção da unidade hidrográfica e mais evidente nos grupos I, II e IV, e a maior redução da pluviosidade no mês de agosto. Ainda, o grupo III é o que se apontou os maiores acréscimos da pluviosidade média mensal para os meses de janeiro e dezembro, corroborando a existência de uma maior tropicalização para esta área da unidade hidrográfica (**Tabela 4**).

A análise mensal possibilitou indicar padrões espaciais das características de pluviosidade e erosividade das chuvas. Mostrou-se que o grupo III e IV apresenta de forma mais evidente características de tropicalização, com uma significativa redução dos resultados apresentados para os meses de junho, julho e agosto. Especialmente, o grupo III apresentou o maior acréscimo do número de dias de chuva, do volume de pluviosidade e do potencial erosivo das chuvas para os meses de janeiro e dezembro. O grupo I obteve os maiores valores médios mensais de número de dias de chuva, pluviosidade e erosividade. Inversamente, o grupo IV mostrou majoritariamente os menores valores médios mensais do número de dias de chuva, pluviosidade e erosividade.

Tabela 4 - Valores mensais do número de dias de chuva, pluviosidade e erosividade dos grupos homogêneos para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Número mensal de dias de chuva												
Grupos	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Grupo I	14,0	12,4	10,2	7,3	7,5	6,5	5,3	4,9	8,0	9,4	9,8	12,2
Grupo II	11,8	10,5	8,0	6,2	6,6	5,7	4,6	4,4	7,3	8,2	8,2	10,3
Grupo III	12,1	10,1	8,0	5,6	6,0	4,9	3,9	3,7	7,0	7,3	7,9	10,6
Grupo IV	10,9	9,2	7,6	5,4	6,2	5,0	3,9	3,9	6,8	7,3	7,4	9,3
Pluviosidade média mensal (mm)												
Grupos	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Grupo I	208,4	177,2	141,6	110,3	118	98,1	68,4	54,5	125,6	149,9	151,3	186,5
Grupo II	186,8	157,8	121,2	101,8	110,6	91,7	62,2	54,6	123,3	146,7	132,7	171,1
Grupo III	205,9	154,4	119,1	95,1	98,3	79,4	53,4	44,3	116,2	125,9	132,2	181,2
Grupo IV	184,1	141,1	114,6	94,7	102,9	73,7	50,7	48,6	107	133,1	118,4	163,1
Erosividade média mensal (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mensal⁻¹)												
Grupos	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Grupo I	1312,3	980,0	638,5	425,6	581,9	444,4	241,2	176,8	536,8	732,5	690,8	1034,3
Grupo II	1169,7	865,9	521,0	385,8	553,3	391,8	194,5	195,1	551,5	751,3	610,9	984,0
Grupo III	1527,8	894,4	543,5	374,0	454,1	350,2	176,4	145,7	466,4	655,7	655,7	1167,0
Grupo IV	1230,6	754,8	501,0	384,5	527,5	313,6	158,2	170,6	572,9	714,6	528,7	1027,0

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram compreender e analisar a variabilidade espaço-temporal pluviométrica para as diferentes escalas. Indicou-se que a unidade hidrográfica apresenta uma pluviosidade média anual de 1442,6 mm, com médias superiores a 1600 mm para o setor sul, de maiores cotas altimétricas, e inferiores a 1300 mm para o setor norte, localização das menores elevações do terreno. Obteve-se uma média anual de 91,6 dias de chuva para a unidade hidrográfica, com valores superiores a 110 dias para os setores nordeste e sul, e inferiores a 80 dias para os setores norte e central. Esta distribuição espacial foi mantida para os resultados dos volumes e número de dias de chuva máximo e mínimo anual, demonstrando a representatividade do controle orográfico para a delimitação de áreas com maiores ou menores alturas pluviométricas. O efeito orográfico, inclusive, mostrou-se bastante significativo para a espacialização das isoerodentes médias anuais, com valores superiores a 7800 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para os setores sul e sudeste, e inferiores a 6400 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para o setor noroeste.

Observou-se que a unidade hidrográfica apresenta o predomínio de maiores alturas pluviométricas e número de dias de chuva para o verão e primavera, período no qual ocorre a atuação mais incisiva dos sistemas atmosféricos intertropicais e, conseqüentemente, com uma maior alternância e interação com os sistemas atmosféricos extratropicais. As sazonalidades de maior redução da pluviosidade média e do número médio de dias de chuva foram o outono e o inverno devido a uma maior restrição a maior participação dos fluxos polares na geração das chuvas e uma redução da interação com sistemas atmosféricos intertropicais. Esta variação sazonal no volume da pluviosidade responde pelos resultados obtidos para o potencial erosivo sazonal, dado que o verão e a primavera concentram em média 70% do potencial erosivo anual para a unidade hidrográfica.

Verificou-se que o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro apresenta as maiores alturas pluviométricas médias e o maior número mensal de dias de chuva, com a participação mais evidente dos sistemas atmosféricos intertropicais. Em oposição, os meses de junho, julho e agosto obtiveram as menores médias de pluviosidade e número de dias de chuva, com uma atuação menor dos sistemas intertropicais e sua interação com sistemas extratropicais, o que caracteriza a tropicalização climática existente nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, sobretudo nos

setores mais setentrionais e de menores cotas altimétricas da unidade hidrográfica. Esta distribuição mensal da pluviosidade esteve altamente relacionada aos resultados do potencial erosivo mensal, uma vez que 77,5% do potencial erosivo anual estão concentrados no período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro. Atenta-se que nos meses de maio e outubro ocorre um acréscimo da pluviosidade média e da erosividade média em relação aos meses que os antecedem ou sucedem, condição que é justificada pela literatura consultada por estarem situados em meses que predominam as condições atmosféricas de transição estacional, com uma maior interação de sistemas atmosféricos de diferentes propriedades e que, ao se chocarem, ocasionam mais elevados valores de pluviosidade.

A delimitação dos grupos pluviométricos homogêneos permitiu compreender a relação entre o relevo, as alturas pluviométricas, o número de dias de chuva e o potencial erosivo das chuvas. O grupo homogêneo I, com maiores cotas altimétricas, obteve as maiores alturas médias pluviométricas, o maior número de dias de chuva e as maiores erosividade das chuvas tanto para a escala anual quanto para a escala mensal. Inversamente, os resultados mostraram que o grupo homogêneo IV, de menores cotas altimétricas, apresenta a menor pluviosidade média, o menor número de dias de chuva e o menor potencial da erosividade das chuvas para as escalas anual e mensal. O grupo homogêneo II apresentou o segundo maior valor de pluviosidade média e do número de dias de chuva para a escala anual e mensal. Entretanto, o grupo III mostrou que é o setor da unidade hidrográfica com a segunda maior erosividade das chuvas e, como uma justificativa para a obtenção deste potencial erosivo, atenta-se que esta é a localização com as maiores alturas pluviométricas para os meses de janeiro e dezembro e, contrariamente, as maiores reduções da pluviosidade média nos meses de julho e agosto. Portanto, este desnível de pluviosidade mensal para o grupo homogêneo III fundamenta a significativa elevação dos valores de erosividade média para os meses de janeiro e dezembro.

O mapeamento da pluviosidade máxima e erosividade máxima mensal mostrou que os meses de janeiro e dezembro apresentam as maiores alterações, enquanto que os meses de julho e agosto obtiveram as menores alturas pluviométricas e erosividade mínimas mensais. Entretanto, salientou-se o aumento dos registros de pluviosidade máxima e da erosividade máxima absoluta para os meses de maio, junho e outubro que apresentam um significativo aumento, indicando que estes compreendem períodos que são suscetíveis a eventos pluviométricos extremos e, conseqüentemente, ao maior

potencial erosivo. Como uma análise comparativa, destaca-se que o mês de janeiro apresentou uma média máxima superior a $6500 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para alguns setores da unidade hidrográfica, resultado que indica a potencialidade da ocorrência da concentração da erosividade correspondente ou aproximada à média anual em somente um mês.

A escolha de anos-padrões como representativos das alterações pluviométricas foi satisfatória para avaliar as diferenças de pluviosidade, número de dias de chuva e da erosividade das chuvas de dois anos chuvosos e dois anos secos. Mostrou-se que os anos de 1983 e 2009 apresentaram predominantemente um aumento significativo do volume de pluviosidade, número de dias de chuva e erosividade das chuvas. Por sua vez, os anos de 1985 e 1988 obtiveram elevadas reduções de pluviosidade, número de dias de chuva e, sobretudo, da erosividade das chuvas. Entretanto, não foi possível um padrão espacial de redução conjunta desses três parâmetros analisados, evidenciando a análise mensal das condições sinóticas que respondem pelas alterações observadas. Nota-se que os anos de 1983 e 2009 foram influenciados pela atuação do El Niño, que habitualmente determina a ocorrência de maiores volumes de pluviosidade para a região Sul, enquanto que os anos de 1985 e 1988 estiveram sob condições de La Niña, normalmente, de redução pluviométrica para o Brasil Meridional.

Reconhecem-se algumas limitações da presente pesquisa. Indica-se que os trabalhos posteriores utilizem-se de dados pluviográficos para uma maior precisão para os estudos das alturas pluviométricas máximas diárias e para o cálculo do potencial erosivo. Embora os resultados obtidos tenham sido satisfatórios, esta sugestão é restringida por conta das limitações da disponibilidade de dados provenientes deste instrumento meteorológico para bacias hidrográficas das dimensões das selecionadas neste trabalho. Revela-se a necessidade de estudos dos sistemas atmosféricos atuantes nas diferentes condições de tempo e, especificamente, para os eventos de pluviosidade máxima mensal. Espera-se que os resultados apresentados e discutidos ofereçam informações importantes e significativas para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas e, especificamente, para as predições de perdas de solo.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.R. **Variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Ivaí - Paraná**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós - Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

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.

ANDRADE, A. R.; NERY, J. T. Análise sazonal e espacial da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Rio Ivaí - Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 107-121, 2011.

ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2003.165p.

ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FERREIRA, M. E. C. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do rio Pirapó - PR. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 20, n. 2, p. 41-57, 2002.

ARAI, F. K. ; GONÇALVES, G. G. G.; PEREIRA, S. B.; COMUNELLO, E. ; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O. Espacialização da precipitação e erosividade na bacia hidrográfica do Rio Dourados - MS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.5, p. 922-931, 2010.

ARAÚJO, L.E.; SOUSA, F.A.S.; RIBEIRO, M.A.F.M.; SANTOS, A.S.; MEDEIROS, P.C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.23, n.2, p. 162-169, 2008.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Editora da Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161 p.

AZEVEDO, L.C. **Análise da precipitação pluvial da bacia do Rio Iguaçu - Paraná**. 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

AZEVEDO, L. C.; NERY, J. T.; ANDRADE, A. R.; SOUSA, P. A Influência do Fenômeno El Niño na Vazão do Rio Iguaçu - Paraná. **Perspectiva Geográfica**, v. 2, n.2, p. 5-65, 2006.

BALDO, M. C. **Análise da estrutura e variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na região Sul do Brasil**. 2000. 93f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica da bacia do Rio Ivaí - PR**. 2006. 153f. 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.

BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.5, p. 1205-1217, 2007.

BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n.1, p. 235-244, 2010.

BEIJO, L.A.; MUNIZ, J.A.; NETO, P.C. Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.657-667, 2005.

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.

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.

BERNARDES, L.R.M; AGUILAR, A.P.; ABE, S. Frequência de ocorrência de veranicos no Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.6, n.1, p.83-108, 1988.

BERTOL, I. Índice de erosividade (EI₃₀) para Lages (SC) - 1ª aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.515-521, 1993.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1453-1458, 1994.

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/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 727-768, 1997.

BERTONI, J.C.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 8ª Edição. São Paulo: Editora Ícone, 2012. 355p.

BIGARELLA, J. J. ; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. II Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Maringá, ABGE, ADEA, 1985, 332p.

BLAIN, G.C. Cento e vinte anos de totais extremos de precipitação pluvial máxima diária em Campinas, Estado de São Paulo: análises estatísticas. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.722-728, 2011.

BLAIN, G.C. Seasonal variability of maximum daily rainfall in Campinas, State of São Paulo, Brazil: trends, periodicities, and associated probabilities. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.35, n.3, p.557-564, 2013.

BOARETT, W.A.; SOUZA, C. M.; WRUCK, F. J. Índice de Erosividade das Chuvas para Viçosa (MG). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 45, n.1, p. 193-201, 1998.

BOIN, M.N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2000.

BONIFÁCIO, C.M. **Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapó, Norte do Paraná: Proposta metodológica**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós - Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E.E. A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na Bacia do rio Paraná no Período de 1980 a 2003. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 07, n.1, p. 83-102, 2010.

BORSATO, V.A. A dinâmica atmosférica no Centro-Sul do Brasil no verão e as influências do El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.22, n.1, p.135-157, 2011.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v.1, p. 153-192, 2004.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONADI, L.; SILVEIRA, H. **Caracterização da precipitação pluviométrica na Bacia do Paranapanema III - PR**. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracaju, p.1-7, 2004.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONADI, L.; ZANI, H.; SILVEIRA, H. **Caracterização da precipitação pluviométrica e da água disponível das principais classes de solos encontradas na Bacia do Paranapanema III - PR**. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, São Paulo, p. 5093-5102, 2005.

BRAIDO, L. M. H. ; ZANDONADI, L. ; SILVEIRA, H. **Determinação do risco de queda de safra usando parâmetros edafoclimáticos na bacia hidrográfica do Paranapanema III - PR**. In: V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física, Santa Maria, p.1256-1271, 2008.

BRANDÃO, A.M.P.M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2ªEdição, p.47-95, 2004.

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 Outubro de 2012.

CAMPOS FILHO, O.R.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A.P. de; LEPRUN, J.C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.9, p.1363-1370, 1992.

CANCIAN, N. A. **Cafeicultura paranaense: 1900/1970**. Curitiba: Editora Grafipar, 1981.154p.

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, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J. ; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.2, p.243-249, 1989.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; FRANCO, E. M.; VALCARCEL, R.; BERTOL, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p 7-14, 2005.

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, 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.

CBH-PARANAPANEMA (Comitê de bacias hidrográficas do rio Paranapanema). **Unidades de gerenciamento de recursos hídricos – Paranapanema**. Comitê de bacias hidrográficas do rio Paranapanema. 2014. Disponível em: < <http://paranapanema.org/>>. Acesso em 12 de junho de 2014.

CHAVES, I.B.; FREIRE, O. ; AMORIM NETO, M.S. Características da precipitação e risco de erosão na região tropical semiárida brasileira. **Revista Agropecuária Brasileira**, v.20, n.9, p.991-998, 1985.

COLODORO, G.; CARVALHO, M.P.; ROQUE, C.G; PRADO, R.M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.3, p.809-818, 2002.

CREPANI, E. ; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica:** uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. INPE-11237- RPQ/760. São José dos Campos: INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2004. 30p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo, Edgard Blücher, 2ª Edição, 1980.188p.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura.** São Paulo. Ed. Nobel, 1986. 337p.

DALQUANO, S. T. **Paisagem e fragilidade ambiental na bacia do Ribeirão Borba a Gato, Maringá - PR.** 2005. 125 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Geografia Física. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

DEDECEK, R.A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.12, p.1431-1438, 1988.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: IAPAR, 1990, 272p.

DIAS, A.S.; SILVA, J.R.C.A. Erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). I - Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno - 1ª aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.2, p. 335-345, 2003.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Cedro, Presidente Prudente - SP.** 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2007.

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.

ENDLICH, A.M. **Pensando o papel e significados das pequenas cidades do Noroeste do Paraná.** 2006. 505 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

EVANGELISTA, A. W. P.; VIEIRA, M. A.; SILVA, M. C.; Souza, J.L.M. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Viçosa (MG). **Irriga**, Botucatu, v. 17, n.4, p. 456-468, 2012.

FAJARDO, S. Complexo agroindustrial, modernização da agricultura e a participação das cooperativas agropecuárias no Estado do Paraná. **Caminhos da Geografia** (UFU), v. 09, n.27, p. 31-44, 2008.

FEDOROVA, N.; KHAN, V. Análise de complexo convectivo de mesoescala sobre o sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 14, n.1, p. 35-48, 1999.

FERREIRA, J.C. **Mapas mensais de precipitação máxima e erosividade para o Estado de São Paulo**. 1999. 144f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

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.

GALERANI, C.A. **Descrição das ações de controle da erosão urbana no noroeste do estado do Paraná**. V Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Bauru, p.69-71, 1995.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2ª Ed. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 2002. 291p.

GRAÇA, C. H.; SILVEIRA, H. Aspectos físicos e socioeconômicos como auxílio à análise da fragilidade ambiental da bacia do Córrego Mandacarú, Maringá (PR). **Geografia**, Londrina, v. 20, n.1, p. 66-86, 2011.

GONÇALVES, F.A. **Erosividade das chuvas no Estado do Rio de Janeiro**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

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.

GONÇALVES, N.M.S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F.A. **Clima urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2ª Edição, p.65-91, 2011.

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.

GRIMM, A. M. Clima na Região Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M.G.A.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª Edição. São Paulo, Oficina de Textos, p. 259-275, 2009.

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

HICKMANN, C.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; COGO, C.M. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo Índice EI₃₀, com base no período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.2, p. 825 - 831, 2008.

HIRATA, R. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W. ; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Oficina de Textos, p. 421 - 442, 2003.

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 maio de 2014.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). **Cadernos Municipais 2013**. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=30>. Acesso em 20 de maio 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 20 de agosto de 2013.

JAIN, A.K.; MURTY, M.N.; FLYNN, P.J. Data clustering: a review. **ACM Computing Surveys**, New York, v.31, n.3, p.264-322, 1999.

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

KOZERA, C.; KUNIYOSHI, Y.S.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Composição florística de uma Formação Pioneira com Influência Fluvial em Balsa Nova, PR, BR. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n.2, p. 309-322, 2009.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora da UNESP. 1998.226p.

LANNA, A. E. Gestão dos Recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª Edição. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 727-768, 1997.

LEIVAS, J.F.; BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.2, p.397- 407, 2006.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, Campinas, v.51, n.2, p. 189-196, 1992.

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

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

MALVESTIO, L. M.; PERUSI, M. C.; NERY, J. T. **Determinação da erosividade da chuva para a parte sudoeste da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema**. In: VIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Uberlândia, p. 40-48, 2008.

MARENGO, J. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade:** caracterização do clima atual e definição das alterações para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2006. 201p.

MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal.** 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

MARTINS, E. S. P. R.; PAIVA, J. B. D. Quantidade dos recursos hídricos. In: MARTINS, E. S. P. R.; PAIVA, J. B. D. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, p. 531-566, 2001.

MARTINS, V. M.; GASPARETTO, N. V. L.; CASTRO, S. S.; SANTOS, M. L. O sistema pedológico LV-PV-RQ e a erosão na região noroeste do Estado do Paraná, Brasil. In: BATEIRA, C; SOARES, L.; GOMES, A.; CHAMINÉ, H. I. (Org.). **Geomorfologia.** Porto: Sersilito Empresa Gráfica, v. 7, p. 115-124, 2012.

MATHIAS, D.T.; CUNHA, C. M. L.; MORUZZI, R. B. Implicações geomorfológicas das alterações do escoamento superficial pela urbanização: análise dos processos erosivos na bacia hidrográfica do córrego Tucunzinho (São Pedro - SP). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n.4, p. 101-113, 2013.

MELO, O. A. G. ; SANTOS, M. L. Análise comparativa da vulnerabilidade ambiental potencial ou emergente da bacia hidrográfica do Rio Baiano Assis Chateaubriand/PR. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 28, n. p. 17-27, 2010.

MELLO, M.H.A; ARRUDA, H.V.; ORTOLANI, A.A. Probabilidade de ocorrência de totais pluviiais máximos horários em Campinas, São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo v. 15, n.1/2, p. 59 - 67, 1994.

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.

MENDONÇA, F.A. Contribuição do zoneamento climático na elaboração do diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas: o exemplo da bacia do rio Tibagi - PR. **Boletim Climatológico.** Presidente Prudente, v.2, n.3, p.118-121, 1997.

MENDONCA, 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.

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

MONTEBELLER, C.A.; CEDDIA, CARVALHO, D.F.; VIEIRA, S.R.; FRANCO, E.M. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p426-435, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: **Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. 2ª Edição, v. 4, 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.

MONTEIRO, C. A. F. O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. **Série Teses e Monografias**, São Paulo: USP/IGEOG, n.28, 1976. 54p.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: História de uma procura**. São Paulo: Editora Contexto, 2001. 154 p.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L.R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.1, p. 137-145, 2003.

MORETI, D.; MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P. Fator erosividade da chuva para o município de Pedrinhas Paulista de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n.1, p. 137-145, 2003.

MORO, D. A. **Substituição de Culturas, Modernização Agrícola e Organização do Espaço Rural, no Norte do Paraná**. 1991. 353f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1991.

MORO, D. A **Maringá espaço e Tempo**: Ensaio de Geografia Urbana. Maringá - PR: Programa de Pós-Graduação em Geografia - UEM, 2003. 238p.

NAKASHIMA, P. **Sistema pedológico da região noroeste do estado do Paraná: distribuição e subsídios para o controle da erosão**. 2000. 237f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. **Solos do Terceiro Planalto do Paraná**. In: I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, Maringá, p.67 - 85,2003.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) **Imagens SRTM** (Shuttle Radar Topography Mission). 2013. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>> Acesso em 04 de dezembro de 2013.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões e impactos de eventos extremos**. 2013. 157f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós -

Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2013.

NERY, J.T.; BALDO, M.C.; MARTINS, M.L.O.F. O comportamento da precipitação na bacia do Itajaí - SC. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.22, n.5, p.1429-1435, 2000.

NERY, J. T.; MARTINS, M.L.O.F.; BALDO, M.C. Correlação da precipitação do Estado do Paraná com a anomalia da temperatura de superfície do mar no pacífico equatorial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 305-316, 2002.

NERY, J. T. Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1, p. 61-75, 2006.

NERY, J. T.; ALVES, R. T. Variabilidade da precipitação pluvial na UGRH do Médio Paranapanema, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.31, n.1, p. 93-102, 2009.

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

NÓBREGA, M.T.; SERRA, E. Noroeste do Paraná: a dinâmica da paisagem rural nas zonas de contato arenito-basalto. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.3, n.2, p.197-213, 2009.

OLIVEIRA, L.F.C; FIOREZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1186-1192, 2010.

PADIS, A. C. **Formação de uma economia periférica: o caso do Paraná**. São Paulo. Ed. Hucitec, 1981, 235p.

PAULA, P.F. **Levantamento fitogeográfico de vegetação de cerrado no interflúvio Pirapó - Bandeirantes, Sabáudia - PR**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Geografia (Análise Regional e Ambiental) da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

PEDRON, I. T. ; KLOSOWSKI, E. S. Distribuição de frequência de chuvas diárias no Estado do Paraná. **Scientia Agrária Paranaensis**, v. 7, n.1-2, p. 55-63, 2008.

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, L. M. P; CARAMORI, P. H; RICCE, W, S; SILVA, D. A. B; CAVIGLIONE, J. H. Determinação do início e término da estação chuvosa no Estado do Paraná. **Revista Geografar**, Curitiba, v.3, n.2, p.1-12, 2008.

PEREIRA, M.D.B.; MONTEIRO, D.C.S.; SILVA, N.T.; MOURA, M.O. Avaliação quantitativa das precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa, Paraíba. **Revista Geonorte**, Manaus, v.1, n.5, p.921-929, 2012.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. . Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 8, n.2/3, p. 247-253, 2004.

PRADO, J.P.B.; NÓBREGA, M.T. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 27, n.1, p. 33-42, 2005.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1994.

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. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo. Editora. Manole, 1987. 188p.

REIS-NAKASHIMA, M.S. Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 23, n.6, p. 1547-1560, 2001.

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.

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

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M.P.; PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 147 - 156,2001.

ROSEGHINI, W. F. F.; NERY, J. T.; MARTINS, M. L. O. F. Caracterização da precipitação na região Noroeste do estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.19, n. 1, p. 99-114, 2001.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v.8, n.1, p. 63-74, 1994.

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.

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**, v. 17, n.1, p. 439-444,1993.

SALVI-SAKAMOTO, L. L. **A chuva na bacia do Alto Paraguai**: contribuição ao estudo de aspectos das flutuações interanuais durante o século XX. 2001. 149 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Geografia Física. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade São Paulo, São Paulo, 2001.

SAMPAIO, M. V. **Espacialização dos coeficientes das equações de chuvas intensas em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul**. 2011. 156 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 1990. 156f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

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

SANT'ANNA NETO, J.L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, Uberlândia, v. 4, n.1, p. 51-72, 2008.

SANTOS, J.A.A. **Erosividade de chuva para o município de Maringá - PR: Distribuição e probabilidade de ocorrência**. 2006. 47f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006.

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, G.G; GRIEBELER, N.P; OLIVEIRA, L.F.C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.14, n.2, p.115-123, 2010.

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

SCHICK, J. ; BERTOL, I. ; BATISTELA, O. ; BALBINOT, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.427-436, 2000.

SERRA, E. As cooperativas do agronegócio e suas (novas) características no Paraná. **Geografia**, Londrina, v. 18, n.1, p. 139-153, 2009.

SERRA, E. ; NÓBREGA, M. T.; ANDRADE, J. A. Paisagem, estudo de caso no espaço agrário do Noroeste do Paraná. **Revista da ANPEGE**, Uberlândia, v. 8, n.10, p. 85-99, 2012.

SILVA, E.S. **Variabilidade da precipitação pluviométrica nas regiões Sudeste e Sul do Brasil**. 2006. 187f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

SILVA, J.C.; HELDWEIN, A.B.; MARTINS, F.B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E.L. Análise da distribuição da chuva para Santa Maria - RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p. 67-72, 2007.

SILVA, D. F.; PRELA-PANTANO, A.; SANT’ANNA NETO, J. L. Precipitação e produtividade agrícola na região do Médio Paranapanema - SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 3, n.1, p. 101-116, 2008.

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, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SANTOS, G.R.; MARQUES, J.J.G.S.M.; MENEZES, M.D.; LEITE, F.P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do rio Doce, região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1029-1039, 2010.

SILVA, G. M. F.; CARAMORI, P. H.; FARIA, R. T. Precipitações pluviais extremas em Londrina - PR. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 7, n.2, p. 153-172, 2012.

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.

SIMÕES, R.M.A. Notas sobre o clima do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v.16, n.1, p.126-132, 1954.

SORIANO, B.M.A.; GALDINO, S. Análise da distribuição da frequência mensal de precipitação para a sub-região de Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (EMBRAPA), n.34, 2002. 22p.

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, V.; GASPARETTO, N. V. L. Avaliação da erodibilidade de algumas classes de solos no município de Maringá por meio de análises físicas e geotécnicas. **Boletim de Geografia**, v. 13, n.2, p. 267-278, 2010.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L. Aplicação da equação universal de perdas de solo (EUPS) na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo, noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n.3, p. 267-278, 2012.

SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P.V.; ARAÚJO, L.E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n.2, p. 250-268. 2012.

SPECIAN, V.; VECCHIA, F.A.S. Distribuição da frequência mensal da precipitação para região Oeste de Goiás: comparação entre dois postos pluviométricos. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.8, n.1, p.200-214, 2014.

STIPP, N. A. F.; MENDONCA, F. A.; CAMPOS, R. A. O potencial de erosão de uma bacia hidrográfica: utilização da equação universal de perda de solos (EUPS) como ferramenta de gestão ambiental. **Geografia**, Londrina, v. 20, n.2, p. 29-51, 2011.

SUDO, H. Processos erosivos e variabilidade climática. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J.A. **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, p. 121 - 146, 2000.

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

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.

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

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 57, n.3, p. 235-244, 2005.

TOMMASELLI, J. T. G.; FREIRE, O. ; CARVALHO, W. A. Erosividade da chuva na região oeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n.2, p. 269-276, 1999.

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.

TROMBETA, L. R.; SOARES, F. B.; GOLÇALVES, V.S. Fragilidade potencial para processos erosivos da bacia hidrográfica do córrego do Cedro. **Geografia em Atos (Online)**, Presidente Prudente, v. 1, n.12, p. 119-132, 2012.

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

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3ª Edição. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos.2004.943p.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, v. 1, n.70, p. 24-35, 2006.

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

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 92, n.8, p. 9591–9613, 1987.

VICENTE, A.K.; NUNES, L.H. Extreme precipitation events in Campinas, Brazil. **Terrae**, v.1, n.1, p.60-62, 2004.

VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial de potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n.2, p. 405-412, 1995.

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

VITTE, A. C. Metodologia para cálculo da perda de solos em bacias de drenagem. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 45, n.1, p. 59-66, 1997.

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**. Curitiba, 2012. 36p.

WILKINSON, G.E. Rainfall characteristics an 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**, v.23, n. p.246-249, 1959.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, DC, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

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

WOLLMANN, C. A.; SARTORI, M. G. B. Sazonalidade de episódios de enchentes ocorridos na bacia hidrográfica do Rio Caí - RS, e sua relação com a atuação do fenômeno El Niño, no Período de 1982 a 2005. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 07, n.1, p. 103-118, 2010.

WOLLMANN, C. A. Enchentes no Rio Grande do Sul do Século XXI. **Mercator**. Fortaleza, v. 13, n.1, p. 79-91, 2014.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Editora UNESP. 2010. 211p.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. **Análise preliminar da precipitação pluviométrica na Bacia do Paranapanema IV - PR**. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracaju, p.1-7, 2004.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. **Aplicação de Índice de Seca para a Caracterização da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Paranapanema IV - PR**. In: IV Seminário Latinoamericano de Geografia Física, Maringá, p.1-10, 2006.

ZANDONADI, L. **As chuvas da bacia do rio Paraná: Aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. 2009. 136f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2009.

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. Impactos pluviais no Bairro Cajuru - Curitiba - PR. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n.1, p. 93-105, 2007.

ZANELLA, M. E. ; SALES, M. C. L.; ABREU, N.J. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza - CE. **Geosp**, São Paulo, v. 25, n.1, p. 53-68, 2009.

ANEXO I**Tabela 5** - 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 Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná.

Número	Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica	Altitude (m)	Precipitação Média Anual (mm)	Erosividade média anual (MJ.mm/ha/h/ano)	Densidade de fluxo de energia (MJ/ha/h/ano)
1	Alvorada do Sul	373	1367,3	7839,0	5,73
2	Apucarana	746	1600,5	7635,8	4,77
3	Arapongas	793	1643,1	7967,7	4,85
4	Astorga	572	1582,3	7822,2	4,94
5	Bela Vista do Paraíso	600	1516,4	8221,6	5,42
6	Cafeara	377	1372,3	7186,0	5,24
7	Cambé (Prata)	438	1375,8	7438,8	5,41
8	Cambira (Cruzeiro)	601	1634,4	7791,3	4,77
9	Centenário do Sul	500	1375,1	7091,0	5,16
10	Colorado (Alto Alegre)	487	1387,7	7078,7	5,10
11	Diamante do Norte	329	1313,3	6604,0	5,03
12	Guairaçá (Fazenda Novo Matão)	460	1439,2	7273,6	5,05
13	Iguaraçu	581	1390,0	6909,2	4,97
14	Jardim Olinda	318	1378,2	7315,4	5,31
15	Loanda (Fazenda Novo Erechim)	446	1554,0	7810,4	5,03
16	Londrina	585	1607,5	7899,0	4,91
17	Lupionópolis (Maira)	377	1346,6	7006,4	5,20
18	Marialva (São Miguel do Cambuí)	372	1605,4	7637,8	4,76
19	Maringá (ECPM)	542	1610,3	7799,2	4,84
20	Maringá (Floriano)	424	1453,6	6958,0	4,79
21	Maringá (Guaiapó)	584	1562,5	7504,2	4,80
22	Nova Esperança (Ivaitinga)	497	1480,3	7428,1	5,02
23	Nova Esperança	582	1486,3	7260,5	4,88
24	Nova Londrina	414	1304,6	6614,0	5,07
25	Paranacity (Vila Silva Jardim)	250	1238,5	6572,6	5,31
26	Paranapoema (Fazenda Guanabara)	299	1370,6	7029,9	5,13
27	Paranavaí (Cristo Rei)	400	1414,5	7242,0	5,12
28	Paranavaí (Deputado José Afonso)	383	1383,9	6868,8	4,96
29	Paranavaí (Fazenda Aurora)	367	1352,0	6627,1	4,90
30	Paranavaí (Fazenda Santo Antônio)	333	1308,5	6946,9	5,31
31	Paranavaí *	480	1507,6	7260,1	4,82
32	Porecatu	425	1412,5	7533,3	5,33
33	Primeiro de Maio	370	1383,7	7497,7	5,42
34	Rolândia	653	1536,5	7736,7	5,04
35	Santa Fé	485	1445,1	7230,3	5,00
36	Santo Antônio do Caiuá	327	1373,5	7174,2	5,22
37	Santo Inácio	373	1456,2	7479,0	5,14
38	São Pedro do Paraná (Leoni)	419	1328,6	6806,4	5,12
39	Sertanópolis	380	1432,7	7623,1	5,32
40	Terra Rica	437	1371,1	6772,5	4,94