

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO - TEMPORAL PLUVIOMÉTRICA E A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ - PR

Paulo Miguel de Bodas TERASSI

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
Bolsista CNPq
pmbterassi@gmail.com

Hélio SILVEIRA

Professor Doutor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
hesilveira70@hotmail.com

Carlos Henrique Da GRAÇA

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
henriquechg@gmail.com

Resumo: A presente pesquisa objetiva a análise da distribuição espaço-temporal da precipitação pluviométrica e identificar as áreas de maior erosividade na bacia hidrográfica do rio Pirapó, servindo como subsídio ao planejamento ambiental. A bacia hidrográfica do rio Pirapó está situada no Terceiro Planalto Paranaense, entre os paralelos de 22°30' e 23°30'S e os meridianos de 51°15' e 52°15'W e localiza-se nos setores norte e noroeste do Paraná. Foram obtidos os dados de pluviosidade de dezessete postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e de três estações meteorológicas, sendo uma da rede do IAPAR (Instituto Agrônomico do Paraná), em Paranavaí, uma do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), em Apucarana, e uma da rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), em Maringá. O cálculo do índice de erosividade seguiu o método de Rufino; Biscaia e Merten (1993). Os resultados da análise pluviométrica mostraram que a distribuição espacial em todas as escalas apresenta um padrão de maiores totais pluviométricos no Alto Pirapó e uma redução significativa nos setores Médio e Baixo Pirapó. Identificou-se que a área de maior erosividade das chuvas é o Alto Pirapó e que o período de maior índice de erosividade vai de janeiro a março e de outubro a dezembro.

Palavras chave: pluviosidade, erosividade, bacia hidrográfica, rio Pirapó, distribuição espaço-temporal.

DISTRIBUCIÓN ESPACIO - TEMPORAL PLUVIOMÉTRICA Y LA EROSIVIDAD DE LAS LLUVIAS CHUVAS PARA LA CUENCA DEL RÍO PIRAPÓ - PR

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo analizar la distribución espacio-temporal de precipitación pluviométrica e identificar las áreas de mayor erosividad en la cuenca del río Pirapó, como un subsidio para la planificación ambiental. La cuenca del río Pirapó, que se encuentra en la meseta tercera de Paraná, entre los paralelos 22°30'S y 23°30'S y el meridiano de los 51°15'W y 52°15'W y está situado en el norte y el noroeste de Paraná. Fueron obtenidos datos de lluvia de diecisiete pluviómetros del Instituto de Agua Paraná y tres estaciones meteorológicas, una IAPAR red (Instituto Agronómico de Paraná) en Paranavaí, uno de SIMEPAR (Sistema Meteorológico de Paraná) en Apucarana, y una red de INMET (Instituto Nacional de Meteorología) en Maringá. El cálculo del índice de erosividad siguió el método de Rufino; Biscaia y Merten (1993). Los resultados del análisis mostraron que la distribución de la precipitación en todas las escalas muestra un patrón de mayor precipitación total en lo Alto Pirapó y una reducción significativa en lo Bajo Pirapó. Se encontró que el área de mayor erosividad de la lluvia es en lo Alto Pirapó y la duración de los valores de mayor índice de erosividad va de enero a marzo y de octubre a diciembre.

Palabras clave: lluvia, erosividad, cuenca, río Pirapó, distribución espacio-temporal.

SPACE-TIME RAINFALL DISTRIBUTION AND THE PRECIPITATION EROSIVITY IN THE WATERSHED OF PIRAPÓ RIVER - PR

Abstract: This research aims to analyze the space-time rainfall distribution and identify the areas with the largest amount of erosivity in the Pirapó river basin, serving as a subsidy to environmental planning. The Pirapó river basin is located at the so-called Third Plateau of Paraná, between the parallels of 22°30'S and 23°30'S and the meridians of 51°15'W and 52°15'W, situated at the north and northwest areas of Paraná. The rainfall data of seventeen rain gauges was obtained from the Water Institute of Paraná and from three weather stations, one of them being part of the IAPAR network (Agronomic Institute of Paraná), in Paranavaí, one from SIMEPAR (Meteorological System of Paraná), in Apucarana, and the last one from the INMET network (National Institute of Meteorology), in Maringá. The calculation of the index of erosion followed the method established by Rufino, Biscaia and Merten (1993). The results of the rainfall analysis showed that the spatial distribution at all scales has a pattern of high total precipitation in the High Pirapó and a significant reduction in the Middle and Lower Pirapó. It was identified that the area with the largest amount of rainfall erosivity is the High Pirapó and the period with the highest values on the index of erosion goes from January to March and from October to December.

Keywords: pluviosity, erosivity, watershed, Pirapó river, space-time distribution.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das características climáticas da bacia hidrográfica do rio Pirapó é de singular importância para a gestão dos recursos hídricos, pois as águas dessa bacia, além de servir de dessedentação de animais e irrigação agrícola, ainda abastecem o consumo doméstico e industrial uma de população de aproximadamente 900.000 habitantes (IBGE, 2010). Dessa forma, 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 desta unidade de análise.

Portanto, dentre os componentes físicos de uma bacia hidrográfica, ressalta-se a essencialidade dos estudos climáticos, pois o clima é um dos principais elementos da composição da paisagem de uma bacia hidrográfica. O conhecimento detalhado de sua dinâmica e interação com os outros elementos do ambiente uma contingência necessária para toda e qualquer atividade humana, dado que a influência em diversos setores da sociedade e da economia, o que mostra a relevância de como ferramenta para os mais diferentes setores do planejamento territorial (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2002).

Sobretudo, 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 influenciar 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 e fundamental na troca de energia dentro destes sistemas (MONTEIRO, 2001).

Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) destacam que a pluviosidade tem como uma de suas principais influências a potencialização dos processos erosivos, função das características físicas da chuva (volume total, intensidade e duração) conjugadas as características do solo (erodibilidade), ao declive e ao grau de proteção do solo, dependente das práticas de uso e manejo e da cobertura vegetal. Schick *et. al.* (2000) salientam que o processo de erosão hídrica, que consiste basicamente no arraste e desprendimento das partículas do solo, é junto à lixiviação um dos fatores determinantes para o empobrecimento dos solos e a redução da produtividade da maioria das culturas.

A chuva é um dos fatores de maior importância para a erosão, sendo 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 e da capacidade de infiltração do solo (CREPANI; MEDEIROS; PALMEIRA, 2004). Sendo assim, 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 (GUERRA, 2010).

Carvalho *et al.* (2005) colocam que 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. Nessa perspectiva, o presente trabalho objetiva o conhecimento da distribuição espaço-temporal da pluviosidade e a aplicação do Índice de Erosividade das Chuvas de Rufino, Biscaia e Merten (1993), com a finalidade de identificar a relação entre o elemento climático pluviosidade com o fenômeno erosividade dada a importância destes para a gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

2. MATERIAL E MÉTODO

A bacia hidrográfica do rio Pirapó está situada no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2012), entre paralelos de 22°30' S e 23°30' S e os meridianos de 51°15' W e 52°15' W. A área da bacia abrange uma superfície aproximada de 5.098 km² (ITCG, 2013) e localiza-se nos setores norte e noroeste do Paraná (**Figura 1**).

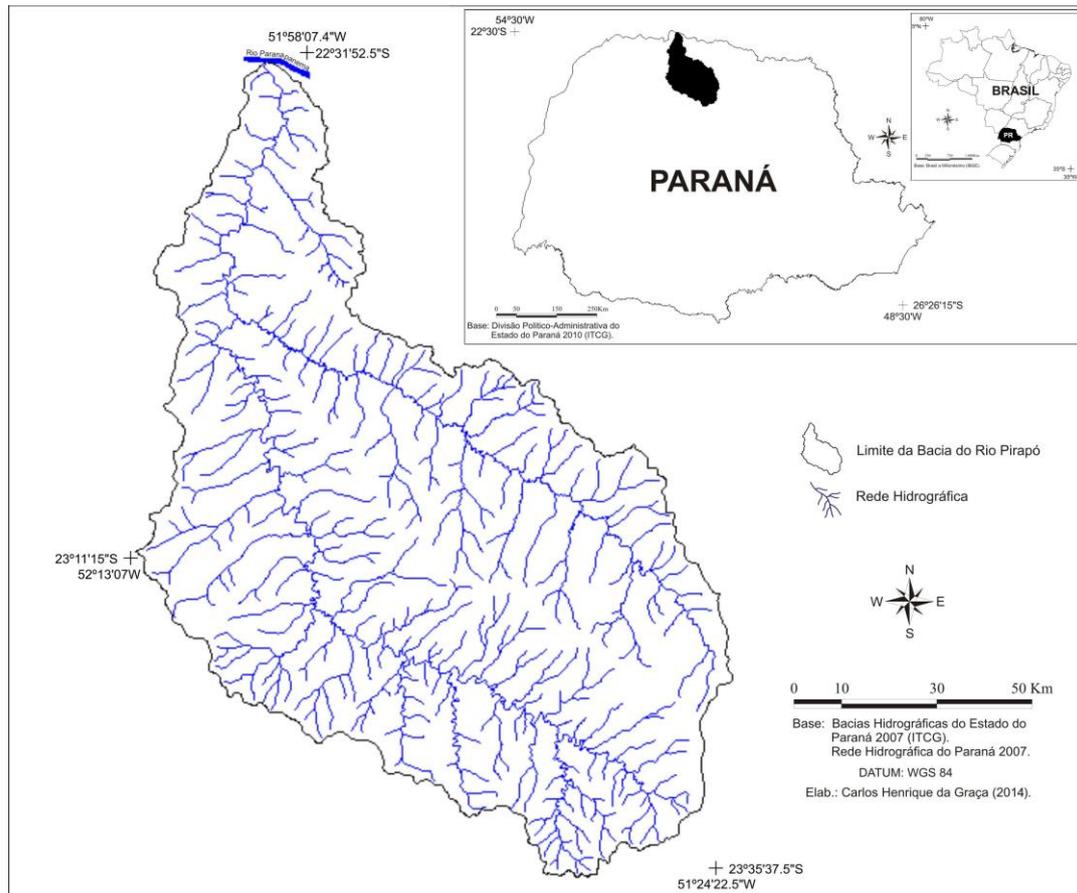


Figura 1: Localização da área de estudo.

Para o desenvolvimento desse estudo foram utilizados dados de precipitação pluvial com segmento temporal de 1976 a 2012, obtidos em dezessete postos pluviométricos pertencentes à rede de monitoramento do Instituto das Águas do Paraná e de três estações meteorológicas alocadas nos municípios de Paranaíba, pertencentes ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Apucarana controlada pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e Maringá operada pela Universidade Estadual de Maringá vinculada à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 2). Foram utilizados postos e estações meteorológicas localizadas em áreas adjacentes a bacia hidrográfica para que houvesse um melhor detalhamento na distribuição espacial da precipitação pluviométrica e do índice de erosividade.

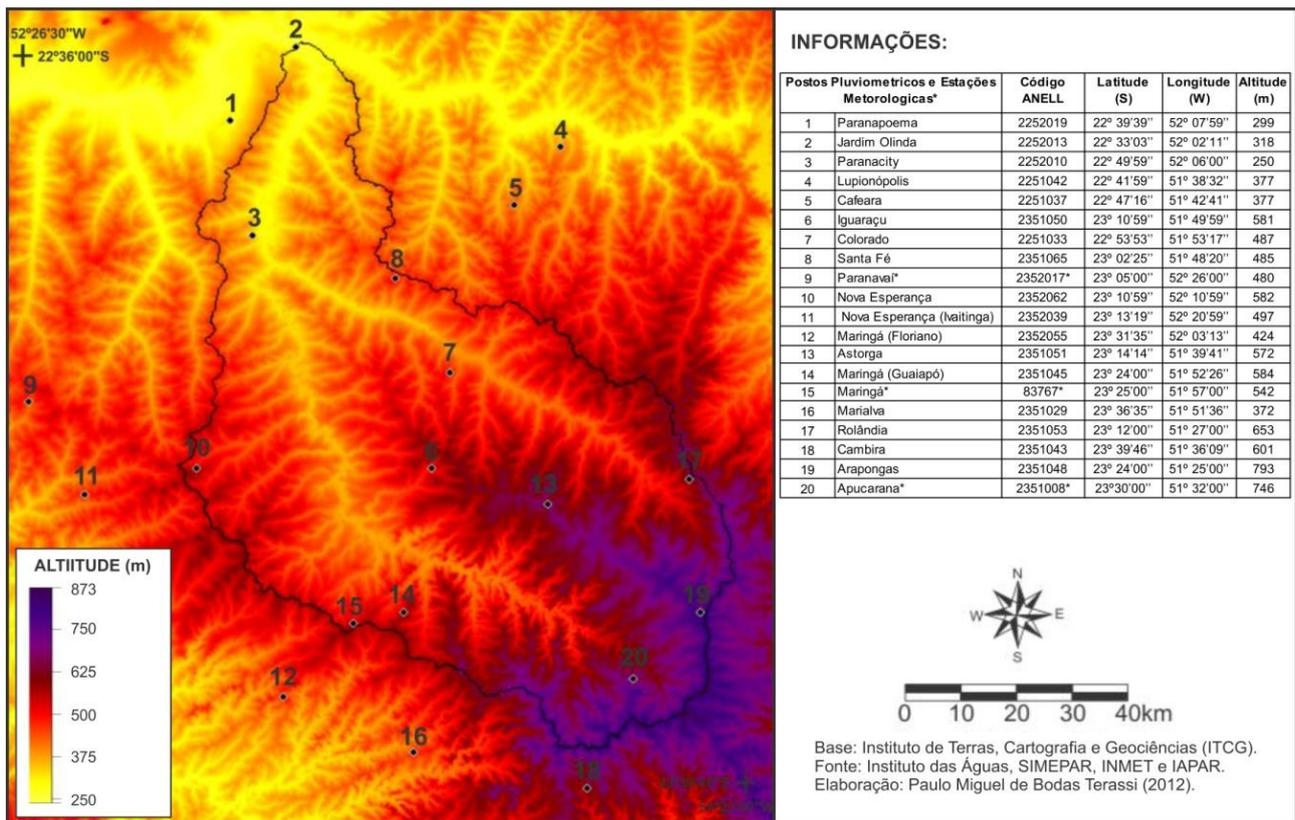


Figura 2 – Distribuição espacial da altimetria, postos pluviométricos e estações meteorológicas analisadas para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

A erosividade para a bacia foi calculada utilizando os dados de precipitação média mensal e anual de todos os postos pluviométricos e Estações Meteorológicas analisadas (Figura 2). Para estabelecer os valores do índice erosividade (EI_m) foi aplicada equação linear do tipo $Y = a + bx$, onde: Y = índice de erosividade (MJ.mm/ha/h/mês); a e b = coeficientes linear e angular, e $x = p^2/P$, apresentada por Rufino; Biscaia e Merten (1993) para o Estado do Paraná, onde identificaram 8 regiões isoerosivas. Os valores determinados para a área de estudo encontra-se na região isoerosiva 4 ($Y = 16,73 + 4,02$), atribuição que deu parâmetro para equação (1):

$$EI_m = 16,73 + 4,02 \left(\frac{p^2}{P} \right) * 9,80665 \quad (1)$$

Onde:

EI_m – Índice mensal de erosividade da chuva (MJ.mm/ha/h/mês);

p – Precipitação média mensal em milímetros;

P – Precipitação média anual em milímetros;

9,80665 – Conversão Kgf.m para MJ.

Os valores médios anuais dos índices de erosividade foram estabelecidos por meio do somatório dos índices mensais, equação (2).

$$EI = \sum_{n=1}^n EI_m \quad (2)$$

Onde:

EI – Índice anual de erosividade da chuva (MJ.mm/ha/h/ano);

EI_m – Índice mensal de erosividade (MJ.mm/ha/h/mês).

Os valores gerados através da estatística descritiva básica foram representados através de cartas de isoietas e cartas de isoerosivas, elaboradas no *software Surfer*, versão 9.0. Esse *software* utiliza o método reticulado para realizar a interpolação de dados, com os quais se gera valores para a construção das isolinhas. Para a interpolação dos dados no reticulado foi aplicado o método de *Krigagem* ou *Kriging*, considerado o mais adequado para este tipo de interpolação (LANDIM, 2000).

A carta de hipsometria dos postos pluviométricos (**Figura 2**) e de compartimentação altimétrica (**Figura 3**) foram elaboradas utilizando-se das informações adquiridas de imagens *SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission*), elaboradas pela *NASA* (**National Aeronautics and Space Administration**). Essas imagens contêm dados topográficos que recobrem o mundo todo e são disponibilizadas gratuitamente via sítio eletrônico pelo *USGS Eros Data Center* (*Centro de Dados do Departamento de Levantamento Geológico dos Estados Unidos*). De posse das imagens *SRTM* (*S23W051.hgt*, *S23W052.hgt* e *S24W052.hgt*) que recobrem a área da bacia hidrográfica do Rio Pirapó e seu entorno, foi possível a elaboração no *software Global Mapper versão 11* da carta de hipsometria e da carta de compartimentação altimétrica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A identificação da hipsometria da bacia hidrográfica permitiu agrupar três áreas de cotas altimétricas generalizadamente iguais, com a finalidade de subsidiar a análise da pluviosidade e da erosividade, em todas as escalas, e a relação destes com a rugosidade do relevo, haja vista a influência desse fator estático na determinação da variabilidade espacial dos elementos climáticos. A primeira área é denominada Alto Pirapó, e corresponde à porção mais elevada da bacia, que tem como principal característica cotas altimétricas que chegam aos 900 metros e, de forma geral, acima dos 550 metros. O segundo setor é nomeado Médio Pirapó, situado na porção central da bacia, sentido médio-jusante, caracterizado por uma hipsometria inferior a 550 metros e acima dos 350 metros. O terceiro compartimento é denominado Baixo Pirapó, com cotas altimétricas inferiores a

350 metros e que vão diminuindo em direção à sua foz no rio Paranapanema até 250 metros (Figura 3).

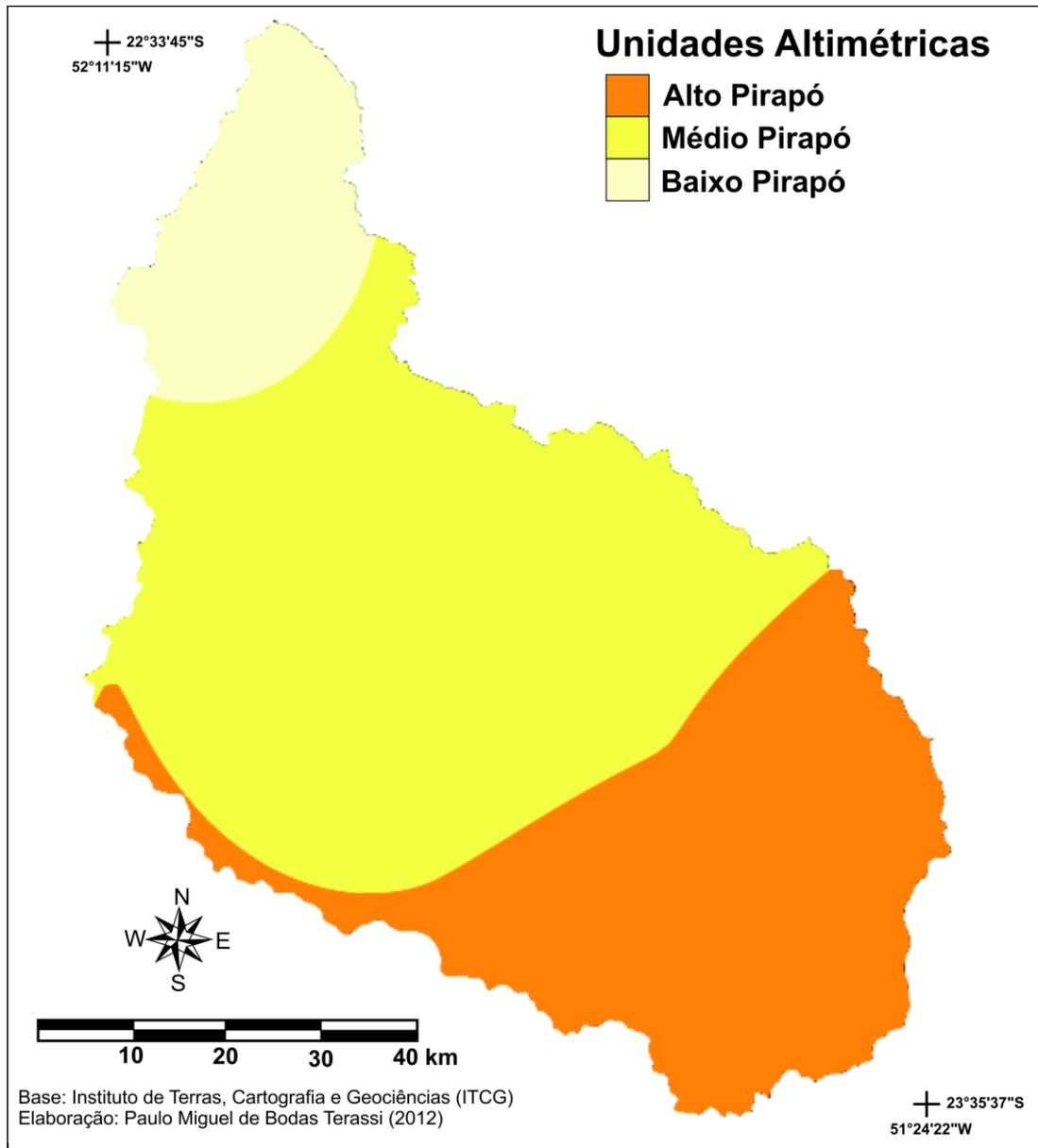


Figura 3: Compartimentação altimétrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR.

O resultado dos totais pluviométricos anuais mostrou que a bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta uma significativa variabilidade espacial e interanual da pluviosidade, revelando uma amplitude pluviométrica de aproximadamente 300 mm e uma média anual de 1.482,3 mm, com uma distribuição diretamente controlada pelos fatores estáticos “orografia” e dinâmicos “sistemas atmosféricos” atuantes sobre a região (RIBEIRO, 1987; BALDO; DZIUBADE e GALIANE, 2012). Tanto que na porção sul, no Alto Pirapó, onde são encontradas as maiores

altitudes (acima dos 600 metros), concentram-se também os maiores valores médios anuais, que superam os 1.600 mm, enquanto que no setor norte, no denominado Baixo Pirapó, porções com menores altitudes (abaixo dos 400 metros), apresentou totais pluviométricos médios anuais de aproximadamente 20% inferiores aos verificados em relação à porção mais chuvosa da bacia, chegando a valores inferiores a 1.300 mm (Figura 4 - A e 5).

Os valores de erosividade encontrados para a bacia são relativamente elevados (SANTOS, 2008), com uma média anual de aproximadamente 7.418,2 MJ.mm/ha/h/ano, concordado com os valores encontrados por Waltrick *et al.* (2011) para as regiões norte e noroeste do Paraná. Além disso, mostrou conformidade com a distribuição pluviométrica (Figuras 4 - A e 6), apresentando os maiores valores do índice erosividade média anual nas porções sul e sudeste, no Alto Pirapó, com valores extremos superando os 8.000 MJ.mm/ha/h/ano, seguido de uma tendência de redução gradativa no Baixo e Médio Pirapó, aonde o índice de erosividade são inferiores a 7.200 MJ.mm/ha/h/ano, com o índice mínimo de 6.800 MJ.mm/ha/h/ano (Figura 4 - B).

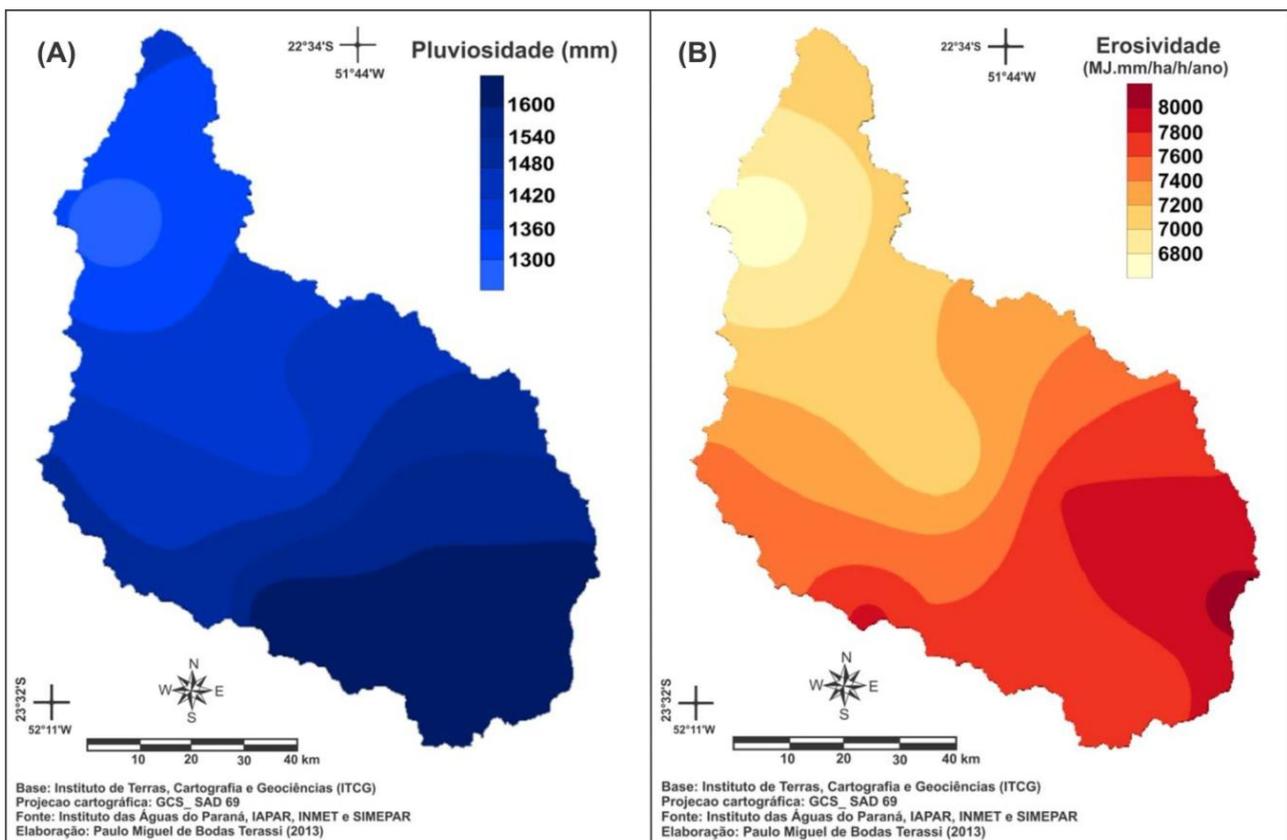


Figura 4 - Distribuição da pluviosidade média anual (A); erosividade média anual (B) da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

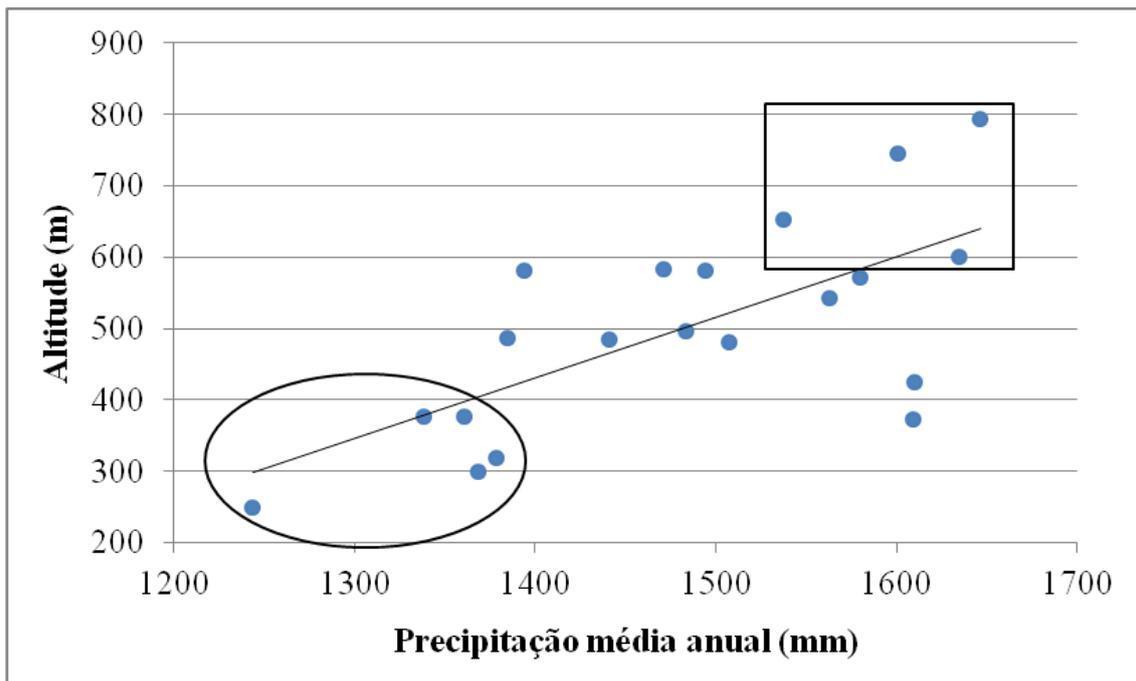


Figura 5 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação média anual e as altitude dos postos pluviométricos situados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

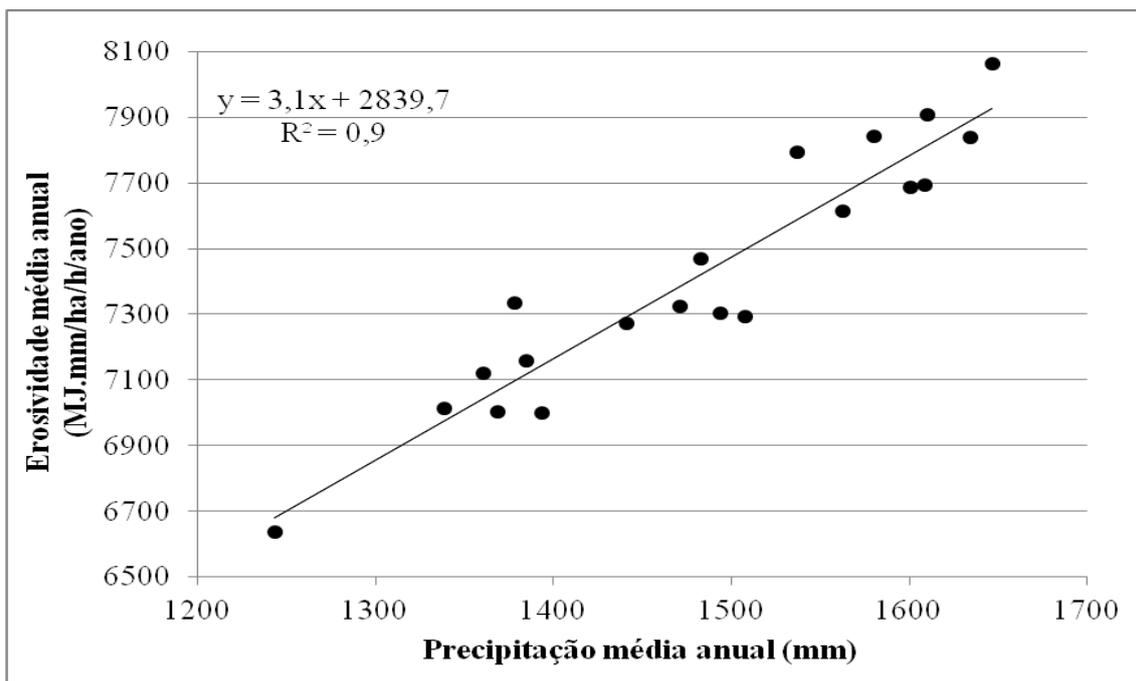


Figura 6 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação média anual e erosividade média anual da para os postos pluviométricos situados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

Quanto à distribuição sazonal da precipitação os maiores valores pluviométricos estão concentrados no verão e primavera, com médias variando entre 490,2 mm e 455,8 mm, respectivamente (**Figura 7 - A e B**), enquanto que os menores valores são encontrados nas estações do outono e inverno, que apresentam médias variando entre 301,7 mm e 234,6 mm, respectivamente

(**Figura 7 - C e D**). Embora apresente uma variação significativa nos totais médios registrados, que entre o período mais chuvoso (verão e primavera) e o mais seco (outono e inverno) chega a 42,35%, o comportamento na distribuição da precipitação é muito semelhante para ambas às estações, apresentando uma maior tendência de concentração das chuvas no Alto Pirapó e redução gradativa em direção ao Baixo Pirapó (**Figura 7**). 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.

Monteiro (1968), Nimer (1989) e Danni-Oliveira (2007) 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 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.

O índice de erosividade sazonal demonstrou que o período mais susceptível aos eventos de maior erosividade das chuvas ocorre habitualmente no verão e primavera, período os quais os totais pluviométricos médios são mais elevados (WALTRICK *et al.*, 2011). A distribuição dos resultados possibilitou identificação de uma porção com uma concentração mais significativo de erosividade média no verão, que ultrapassa os 3.300 MJ.mm/ha/h sobre o Alto Pirapó, sendo que no setor noroeste, no Baixo Pirapó, verifica-se a ocorrência dos menores índices de erosividade para a estação, abaixo dos 2.500 MJ. mm/ha/h (**Figura 8 - A**). Na primavera os maiores índices de erosividade das chuvas foram obtidos no setor leste, com índices superando os 2.600 MJ.mm/ha/h, ao passo que no setor noroeste a média para a estação mostrou-se abaixo dos 2.000 MJ.mm/ha/h

(Figura 8 - B).

Inversamente, a dinâmica atmosférica e a consequente redução da pluviosidade média no inverno e outono indicaram menores valores de erosividade. O inverno, período de maior redução da pluviosidade, apresentou as menores médias do índice de erosividade numa faixa que se estende de leste a norte da bacia, com valores inferiores aos 700 MJ.mm/ha/h, e os maiores valores no extremo sudoeste que superam os 900 MJ.mm/ha/h (Figura 8 - C). O outono, por sua vez, apresenta os maiores índices de erosividade no extremo sul ou sudoeste, com valores acima dos 1.700 MJ.mm/ha/h, enquanto que os menores valores são identificados no extremo noroeste da bacia, com média abaixo dos 1.000 MJ.mm/ha/h (Figura 8 - D).

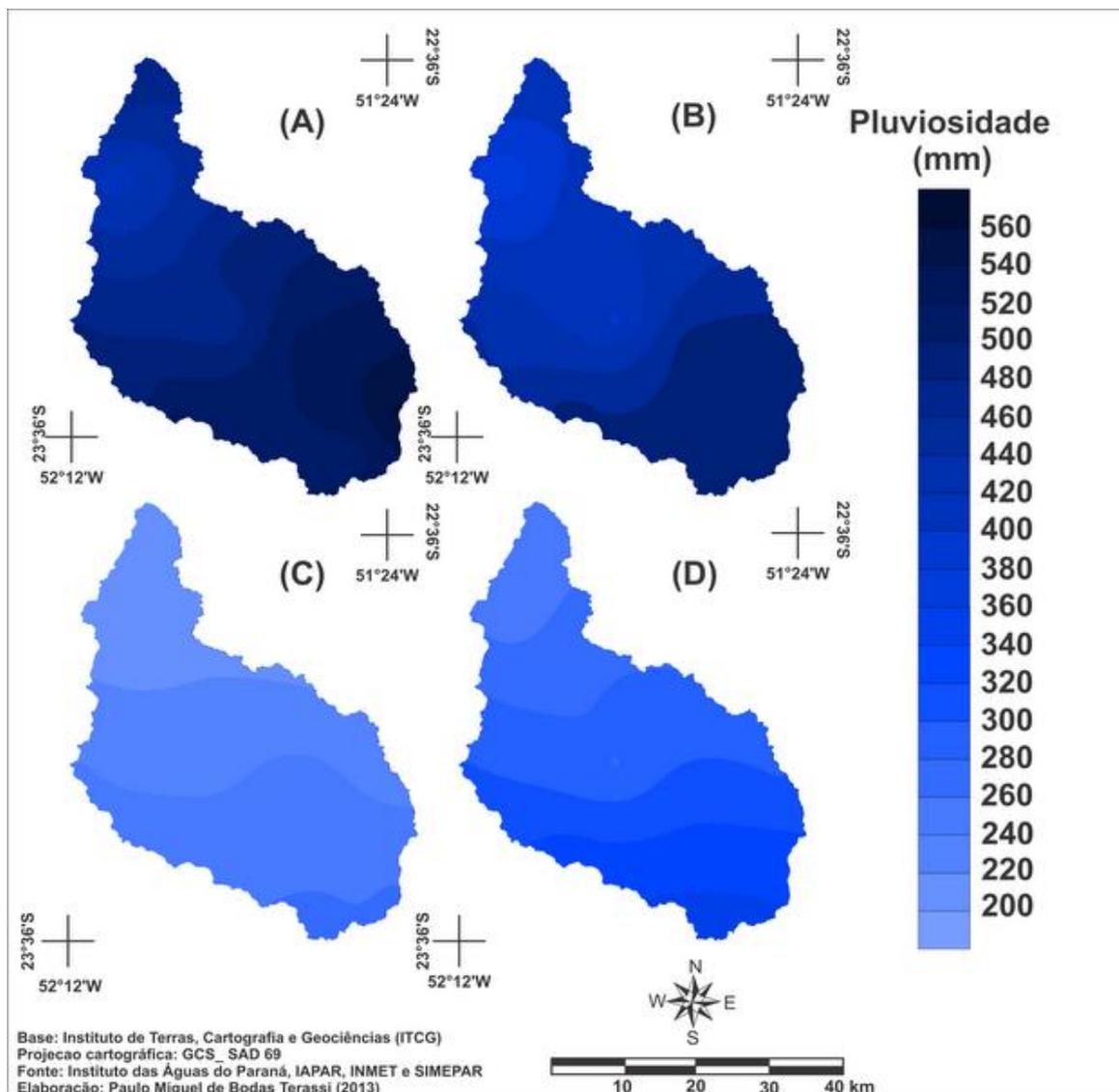


Figura 7 - Distribuição da pluviosidade média sazonal para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

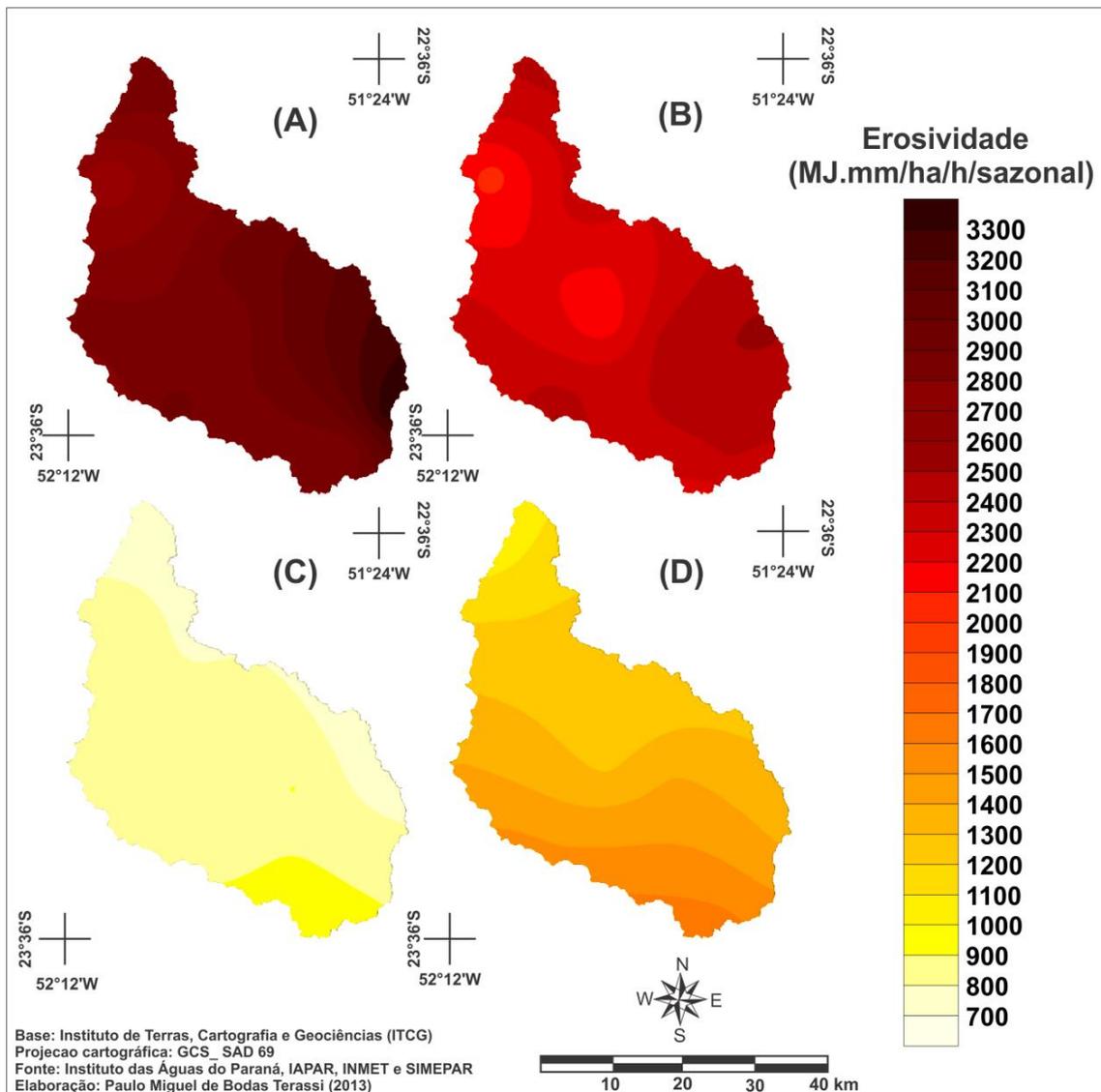


Figura 8 - Distribuição da erosividade média sazonal para o verão (A), primavera (B), inverno (C) e outono (D) na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

A dinâmica atmosférica regional impõe condições de significativa variabilidade pluviométrica mensal à bacia hidrográfica do rio Pirapó. Verificaram-se, de modo geral, totais pluviométricos mais elevados nos meses de verão e primavera, período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro, enquanto que as menores médias pluviométricas ocorrem entre os meses de abril a agosto, período de abrangência do outono e inverno. O mês com os maiores totais pluviométricos é janeiro, com uma média de aproximadamente 197 mm (Figura 9 - A). Nos meses de fevereiro e março observa-se uma redução gradativa nos valores pluviométricos médios em relação a janeiro. Em fevereiro a média pluviométrica se aproximou de 163 mm (Figura 9 - B), enquanto que no mês de março a média registrada foi de aproximadamente 130 mm (Figura 9 - C).

Primeiro mês do outono, abril é marcado por gradativa redução pluviométrica, própria a tal

sazonalidade, com uma pluviosidade média 101,6 mm (Figura 9 - D). O mês de maio apresenta um ligeiro aumento da pluviosidade média em relação aos meses de abril e junho, com uma média de aproximadamente 110 mm (Figura 9 - E). O acréscimo na pluviosidade média para o mês de maio ocorre devido as frequentes incursões de 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, como afirma Baldo (2006) em seus estudos para um período semelhante para a bacia hidrográfica do rio Ivaí, Paraná. No mês de junho a média pluviométrica ficou próxima a 90 mm (Figura 9 - F), apresentando um decréscimo típico para essa época do ano que é marcada pelo fim do outono e início do inverno. O comportamento da pluviosidade média mensal delineou a distribuição temporal e espacial dos valores obtidos do índice de erosividade para a bacia hidrográfica do rio Pirapó.

Observa-se que a maior concentração dos valores mais elevados do índice de erosividade das chuvas encontra-se, também, entre os meses de janeiro, fevereiro, março e outubro, novembro e dezembro, com o mesmo padrão de distribuição, sempre verificados no Alto Pirapó. Os menores índices de erosividade foram identificados entre o período de meses que vai de abril a setembro, como comportamento típico da porção do Médio e Baixo Pirapó, onde são encontradas suas menores altitudes. O mês mais chuvoso para toda a área em estudo, janeiro tem uma erosividade média superior a 1.600 MJ.mm/ha/h para a porção leste e inferior a 1.200 MJ.mm/ha/h para o setor oeste e noroeste (Figura 10 - A). A figura 11 corresponde ao gráfico de dispersão e correlação linear gráfica entre a pluviosidade média e a erosividade média para o mês de janeiro, que embora apresente um relativamente baixo coeficiente de determinação, demonstra de forma clara que o habitualmente mês mais chuvoso apresenta as maiores médias do índice de erosividade, com dois distintos padrões: o primeiro, de pluviosidade acima dos 200 mm médios mensais e de erosividade média mensal superior a 1.480 MJ/ha/h/mês, e o segundo, com média pluviométrica inferior a 190 mm e de erosividade média mensal abaixo dos 1.300 MJ/ha/h/mês.

O mês de fevereiro apresenta uma redução da erosividade média em relação a janeiro, com valores mais elevados nos setores leste e oeste, acima dos 1.100 MJ.mm/ha/h/mês, e menores valores no setor central, abaixo dos 700 MJ.mm/ha/h/mês (Figura 10 - B). Os resultados da aplicação do índice de erosividade para o mês de março mostrou que, tendo como principal característica o fim da estação chuvosa, este período apresenta uma significativa redução nas suas médias quando comparado aos meses anteriores, com valores máximos de aproximadamente 750 MJ.mm/ha/h/mês, no Alto Pirapó, e mínimos próximos a 450 MJ.mm/ha/h/mês, no Baixo Pirapó (Figura 10 - C). No mês de abril os valores do índice de erosividade obtidos estão acima dos 500

MJ.mm/ha/h/mês, no setor oeste, e abaixo dos 350 MJ.mm/ha/h/mês em grande parte da bacia (Figura 10 - D). Em relação a abril, maio apresenta um significativo aumento da pluviosidade que repercute no aumento do índice de erosividade em todas as áreas, sendo que no setor oeste os índices obtidos foram superiores a 800 MJ.mm/ha/h/mês e inferiores a 450 MJ.mm/ha/h nos setores leste e norte (Figura 10 - E). Para o mês de junho o índice de erosividade indicou os menores valores nos setores norte e central, abaixo dos 350 MJ.mm/ha/h/mês, e maiores valores no setor sul, acima dos 500 MJ.mm/ha/h/mês (Figura 10 - F).

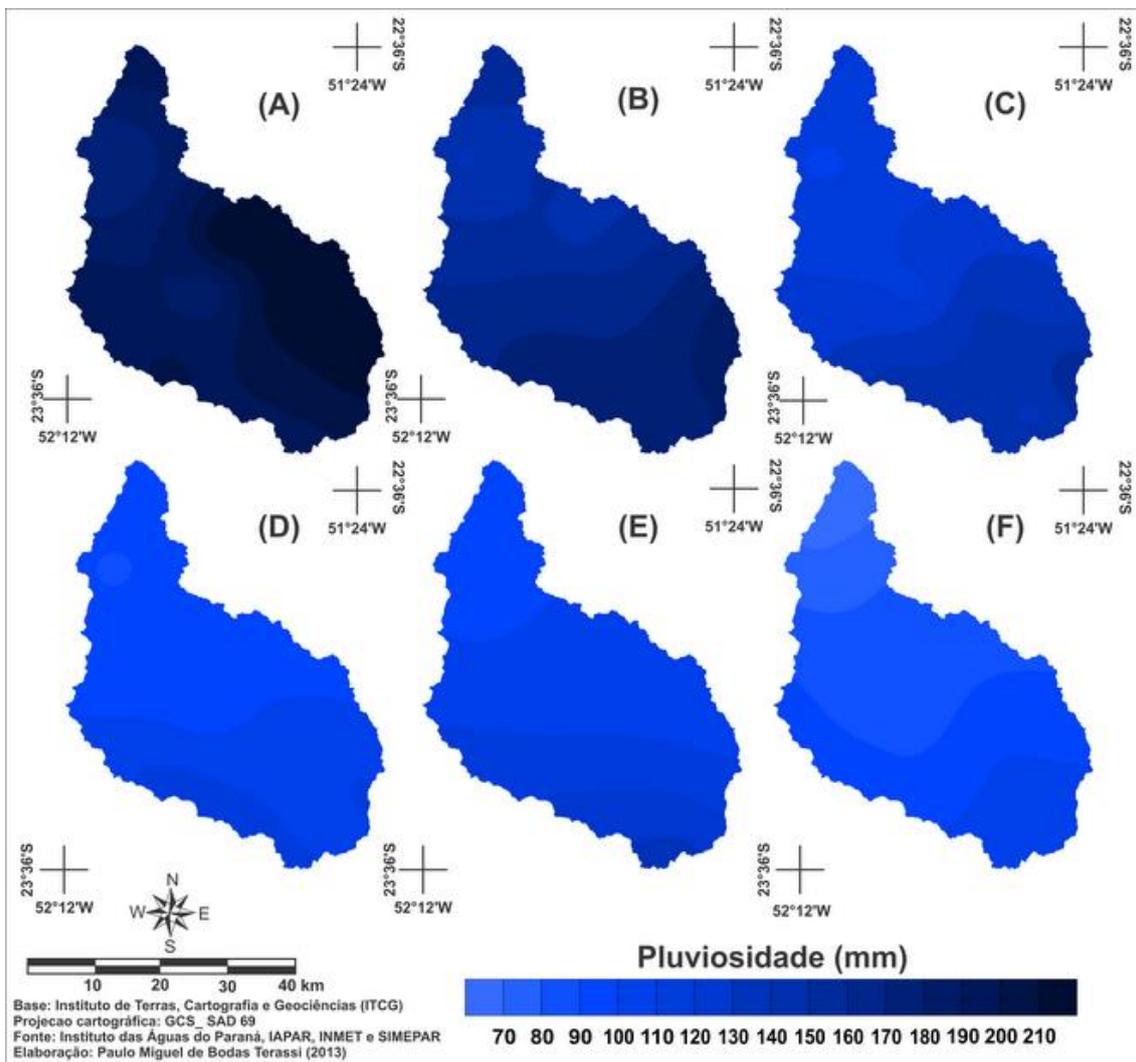


Figura 9 - Distribuição da pluviosidade média mensal para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D), maio (E) e junho (F) na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

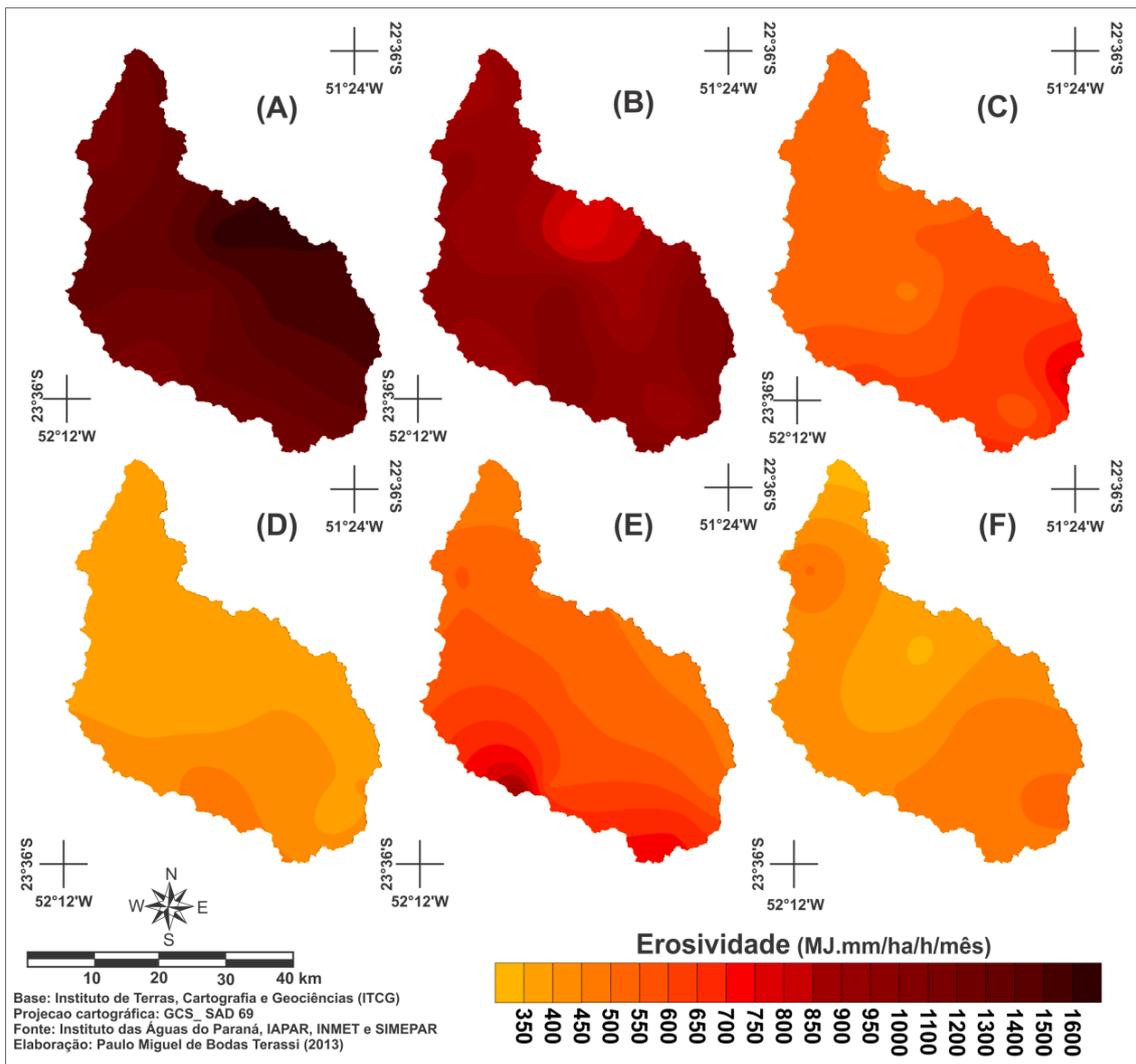


Figura 10 - Distribuição da erosividade média mensal para os meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D), maio (E) e junho (F) na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

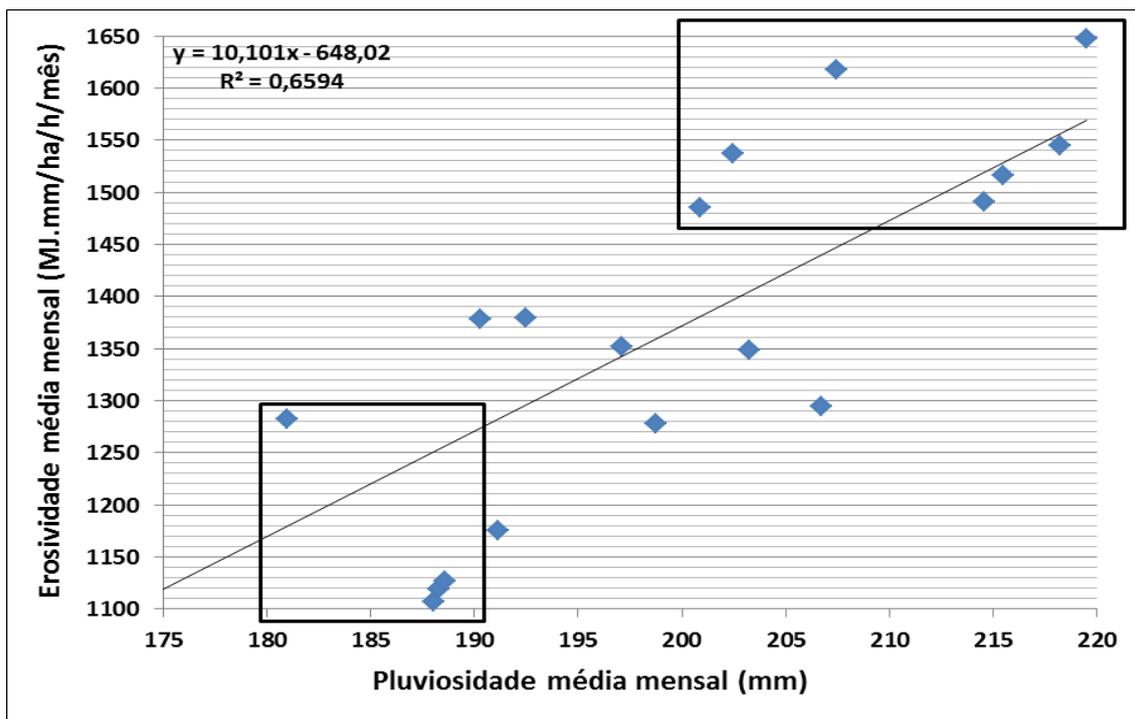


Figura 11 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação média e a erosividade média do mês de janeiro para os postos pluviométricos situados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

Nos meses de julho e agosto as médias pluviométricas foram as mais baixas do ano, com respectivos 61,5 mm e 51,9 mm, destacando o mês de agosto como o mais seco (**Figura 12 - A e B**). A significativa redução nos totais médios pluviométricos dos meses de junho, julho e agosto esta diretamente relacionada à menor intensidade de atuação dos processos convectivos quando comparados ao período do verão, e a condição atmosférica da permanência da massa Tropical Atlântica associada com a Tropical Atlântica continentalizada, que inibem a entrada do sistema frontal polar atlântico, e que ocasionam maior estabilidade do tempo atmosférico (NIMER, 1989; BALDO, 2006). Em setembro ocorre um habitual aumento nas médias pluviométricas e que, marcado pelo fim da estação seca do inverno e o início da primavera, apresenta uma média de aproximadamente 120 mm (**Figura 12 - C**).

O mês de outubro marca a entrada da primavera e apresenta uma pluviosidade mais elevada em relação a setembro e novembro 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 (BALDO, 2006). Em outubro a média pluviométrica é de aproximadamente 141 mm (**Figura 12 - D**). Para a média pluviométrica mensal do mês de novembro é notável uma pequena redução dos totais pluviométricos em relação ao mês de outubro, com valores mais elevados acima de 150 mm no Alto Pirapó e abaixo de 100 mm no Baixo Pirapó (**Figura 12 - E**). No mês de dezembro os valores médios registrados foram superiores aos observados em novembro, com

aproximadamente 178 mm (**Figura 12 - F**), sendo juntamente com janeiro os meses mais chuvosos para a bacia do rio Pirapó.

O índice de erosividade para os meses de julho e agosto indicam que a bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta habitualmente neste período o menor risco aos eventos de erosividade das chuvas. Para o mês de julho as maiores médias do índice de erosividade foram verificadas setor oeste, acima dos 250 MJ.mm/ha/h/mês, e menor no setor norte, abaixo dos 150 MJ.mm/ha/h/mês (Figura 13 - A). Em agosto, o mês de menor erosividade média, os maiores valores foram identificados no setor sul, acima dos 200 MJ.mm/ha/h/mês, enquanto no setor leste os valores da erosividade mensal foram abaixo dos 150 MJ.mm/ha/h/mês (Figura 13 - B). Em especial, destaca-se o mês de agosto que o mês de agosto, de menor pluviosidade e índice de erosividade, tem um padrão de postos pluviométricos com média mensal da precipitação inferior a 50 mm e índice de erosividade inferior a 160 MJ/mm/ha/h/mês, enquanto que dois postos pluviométricos foram representativos ao apresentarem pluviosidade média superior a 60 mm e índice de erosividade média superior a 200 MJ/mm/ha/h/mês (Figura 14).

O mês de setembro apresentou um significativo aumento nas médias do índice de erosividade, sendo os maiores índices observados na porção noroeste, com valores acima dos 550 MJ.mm/ha/h/mês e menores, inferiores a 400 MJ.mm/ha/h/mês, situados na porção central e extremo leste da bacia (Figura 13 - C). O mês de outubro apresenta o potencial erosivo maior devido o aumento registrado nas chuvas em relação aos meses de setembro e novembro, com valores médios do índice de erosividade superiores aos 800 MJ.mm/ha/h/mês nas porções extremo sudeste e sudoeste e inferiores aos 550 MJ.mm/ha/h/mês na porção centro-oeste (Figura 13 - D). Em novembro verifica-se uma ligeira queda nas médias do índice de erosividade, com os menores valores, inferiores a 450 MJ.mm/ha/h/mês, sendo encontrados no extremo norte, enquanto que os maiores, superiores a 700 MJ.mm/ha/h/mês, se estende numa faixa que vai da porção sul ao sudeste (Figura 13 - E). O mês de dezembro apresenta um aumento do potencial erosivo, devido à elevação de suas médias pluviométricas. A distribuição do índice de erosividade apresentou uma maior concentração da porção sudoeste, passando pela central e se estendendo do leste ao nordeste da bacia, com superiores aos 1.100 MJ.mm/ha/h/mês, enquanto que nos extremos noroeste e sul os valores encontrados são inferiores a 850 MJ.mm/ha/h/mês (Figura 13 - F).

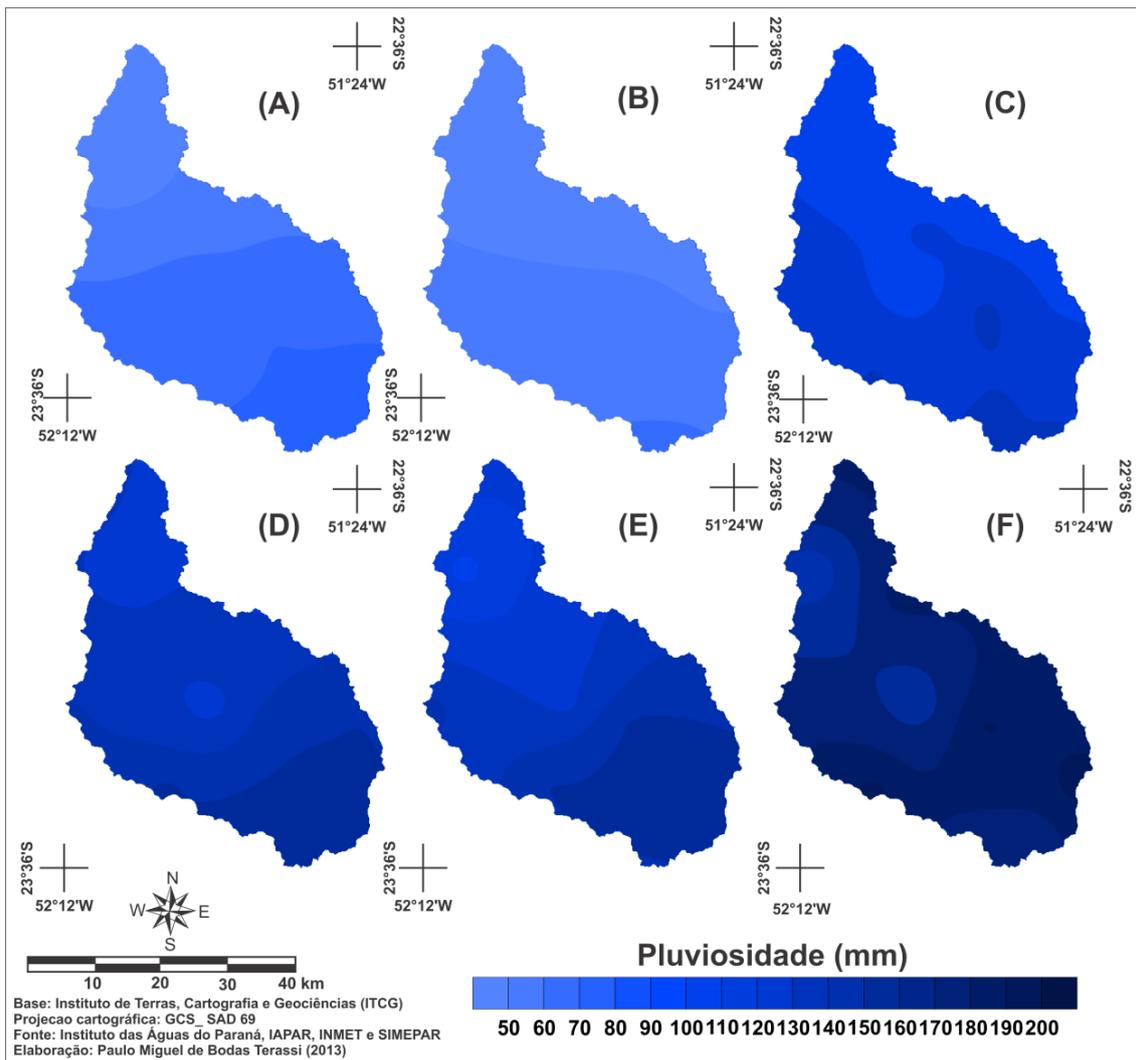


Figura 12 - Distribuição pluviométrica média mensal para os meses de julho (A), agosto (B), setembro (C), outubro (D), novembro (E) e dezembro (F) na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

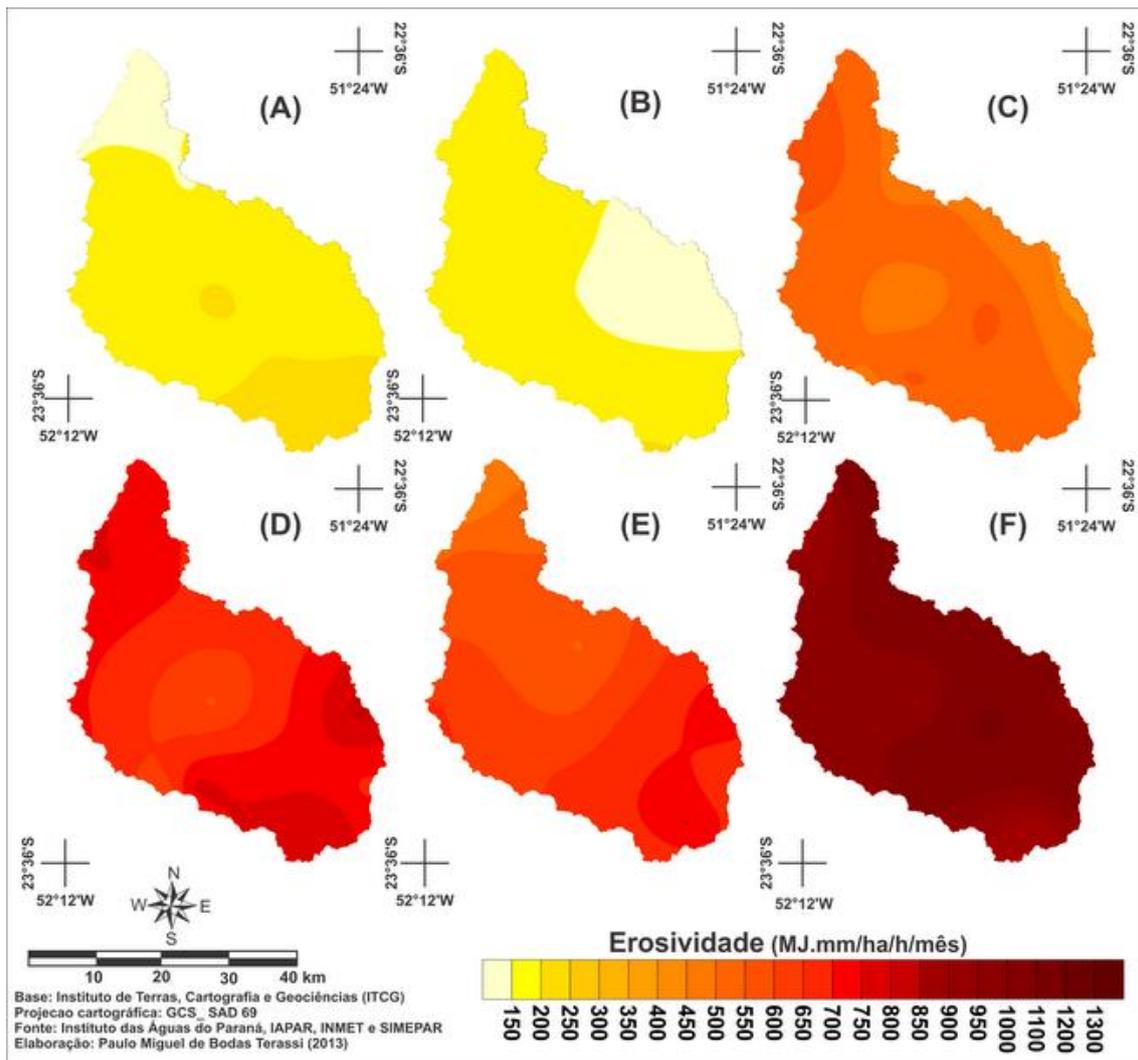


Figura 13 - Distribuição da erosividade média mensal para os meses de julho (A), agosto (B), setembro (C), outubro (D), novembro (E) e dezembro (F) na bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

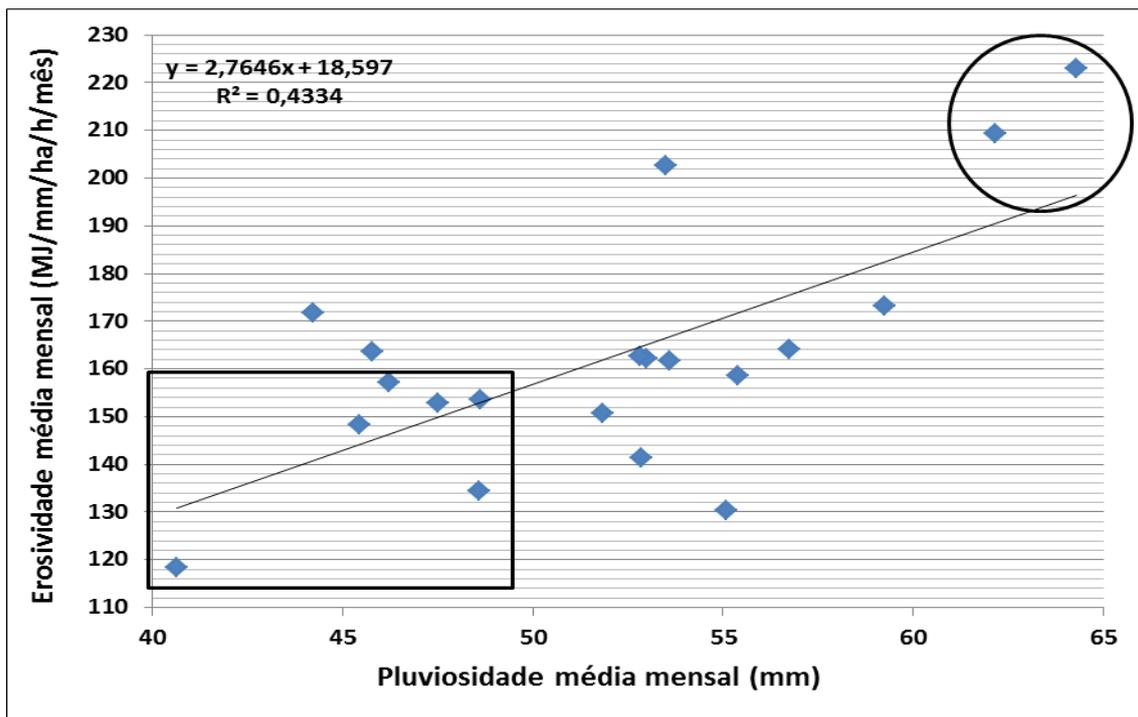


Figura 14 - Dispersão e correlação linear gráfica da precipitação média e a erosividade média do mês de agosto para os postos pluviométricos situados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das médias pluviométricas anuais indicaram que o setor Alto Pirapó apresentam totais pluviométricos superiores a 1.600 mm, enquanto o Baixo Pirapó tem uma pluviosidade média que chega a ser inferior a 1.300 mm. Essa diferença na distribuição espacial do volume de pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó também é significativa nas escalas sazonal e mensal, sendo que na porção do Alto Pirapó a pluviosidade média é superior em relação ao Médio e Baixo Pirapó. A dinâmica atmosférica regional responde pela maior concentração de chuvas nos meses de verão e primavera, período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro, e que apresentam as maiores médias pluviométricas, enquanto que o período que vai de abril a agosto, que correspondem ao outono e inverno, verifica-se uma redução da pluviosidade média.

Os resultados da aplicação do índice de erosividade em todas as escalas analisadas indicaram que a bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta um maior potencial a erosividade das chuvas na porção sul, região a qual o efeito orográfico favorece os maiores valores de pluviosidade média. Quanto à distribuição temporal da erosividade das chuvas, observou-se que o período de maiores índices de erosividade das chuvas vai de janeiro a março e de outubro a dezembro, enquanto o período que vai de abril a junho e julho a setembro, devido à diminuição dos totais

pluviométricos médios, apresenta menores índices da erosividade das chuvas. Tais informações indicam quais são as áreas e os períodos mais necessitados de medidas preventivas para a conservação do solo em relação ao potencial erosivo das chuvas.

REFERÊNCIAS

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica da Bacia do Rio Ivaí**. 2006. 153f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, 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.

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.

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.

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. 30 p.

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.

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, Ed. Betrand Brasil, p. 17-50, 2010.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_uf.shtm>>. Acesso em 25 de julho de 2013.

ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências) Áreas Oficiais das Bacias Hidrográficas. 2013. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>. Acesso em 16 de maio de 2013.

LANDIM, P. M. B. Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. Rio Claro: UNESP. **Textos Didáticos**. 2000. 20p. Disponível em <<http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/sig/pdf/interpo.pdf> >. Acesso em 28 de junho de 2013.

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 Edição. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2012. 526p.

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

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

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: **Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. 2ª Edição. v.4, Tomo I. Rio de Janeiro, IBGE, p.114-166. 1968.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: História de uma procura**. São Paulo: Editora Contexto, v. 01. 2001.154 p.

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) **Imagens SRTM** (Shuttle Radar Topography Mission). 2012. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>> Acesso em 04 de dezembro de 2012.

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

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.

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.

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**, Viçosa, v. 17, n.3, p. 439-444, 1993.

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. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

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.

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.

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

WALTRICK, P. C., MACHADO, M. A. M., OLIVEIRA, D., GRIMM, A. M.; DIECKOW, J. Erosividade de Chuvas no Estado do Paraná: Atualização e Influência do “El Niño” e “La Niña”. **Boletim Técnico**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Núcleo Estadual do Paraná. Edição 1. Curitiba. 2011. 38p.

Recebido em: 07 de Junho de 2014

Aceito em: 09 de Outubro de 2014