

Estimativa e espacialização da erosividade para as bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu

Dayse Thompson¹
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo²
Evaldo de Paiva Lima²
Alexandre Ortega Gonçalves²
Azeneth Eufrausino Schuler²
Isabelle Cristine Miranda Laureano²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Avenida Athos da Silveira, 274 - 21949-900 - Cidade Universitária-Rio de Janeiro - RJ, Brasil
daysethompson20@gmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Rua Jardim Botânico, 1024 - 22460-000 - Rio de Janeiro – RJ, Brasil.
{efidalgo, evaldo, aortega, marysol}@cnps.embrapa.br; isabellemiranda_21@yahoo.com.br

Abstract. Soil losses caused by rain events depend not only on the resistance that the soil offers to raindrop impact, but also on the rain kinetic energy, its intensity and duration. The influence of these factors on the rain capacity to cause erosion is estimated by the erosivity index -- the two most cited in the technical literature are EI_{30} and $KE > 25$. This study aims to estimate the erosivity indexes based on rainfall data of 19 stations and to present the spatial distribution on the watersheds of Guapi-Macacu and Caceribu rivers. The method applied allowed to analyse the distribution of the erosivity on this area and show that they are greater on the North of the area in all months. The results showed that, although both indexes have shown major differences in terms of their absolute values or their magnitude, they have similar behavior in terms of their relative values and their distribution in the study area.

Palavras-chave: erosion, erosivity indexes, spatial interpolation, erosão, índices de erosividade, interpolação espacial.

1. Introdução

A erosão do solo é um processo de duas fases que consiste na desagregação de partículas individuais do solo e seu transporte por agentes erosivos como a água e o vento. Uma terceira fase se inicia quando não há energia suficiente para o transporte das partículas e ocorre a deposição (Morgan, 2005). De acordo com Guerra (1999), no momento em que o solo é atingido por gotas de chuva, começa a atuar a erosão do tipo salpicamento, o qual se refere ao estágio inicial do processo erosivo e, a partir desse estágio, as partículas desestruturadas do solo estão prontas para serem transportadas por escoamento superficial. Nesse contexto, as perdas de solos ocasionadas pelas chuvas dependerão, não só da própria resistência do solo ao impacto das gotas, como também da energia cinética da chuva, sua intensidade e duração.

A influência desses fatores na capacidade da chuva em causar erosão é estimada por meio de índices de erosividade, sendo mais citados dois índices na literatura: EI_{30} e $KE > 25$. O índice de erosividade EI_{30} , proposto por Wischmeier e Smith (1958, citado por Morgan, 2005) relaciona os efeitos do impacto das gotas de chuva, o escoamento superficial e a erosão com a energia cinética (E) e a intensidade máxima de chuva medida em 30 minutos (I_{30}). Entretanto Hudson (1973, citado por Morgan, 2005), desenvolveu e propôs o uso do índice $KE > 25$, o qual apresentou melhor correlação com a perda de solos em ambientes tropicais. Esse índice de erosividade é calculado pela soma da energia cinética dos segmentos da chuva com intensidade superior a 25 mm.h^{-1} .

Considerando a importância da análise da capacidade erosiva das chuvas em estudos da vulnerabilidade das terras aos processos erosivos, o presente trabalho teve como principal

objetivo estimar os índices de erosividade EI_{30} e $KE > 25$ e apresentar suas distribuições espaciais nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu. Esse trabalho é parte do Projeto "As transformações na paisagem da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ e sua relação com a vulnerabilidade das terras", financiado com recursos da FAPERJ.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, localizadas na parte leste da Baía de Guanabara, Estado do Rio de Janeiro, pertencentes aos municípios de Guapimirim, Cachoeiras de Macacu, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá e Rio Bonito (Figura 1). A área total é de aproximadamente 2 111 km², sendo 1 284 km² da bacia do Guapi-Macacu e 827 km² do Caceribu.

A área envolve das escarpas serranas às planícies costeiras, passando por colinas, maciços e tabuleiros costeiros, envolvendo uma diversidade de ambientes. As altitudes máximas são observadas junto às nascentes dos rios e possuem cerca de 2 000 m no rio Guapimirim e 1 700 m no Rio Macacu. As colinas e maciços costeiros, situados na área de transição entre as escarpas da serra do Mar e as planícies costeiras, ou ainda, no limite sul da bacia do Caceribu, apresentam formação menos acidentada, tendo as colinas forma arredondada e os maciços altitudes inferiores a 1 000 m.

O clima na maior parte da região é quente e chuvoso, tipicamente tropical, com médias de chuvas anuais entre 1 200 e 1 600 mm (Amador, 1997), sendo do tipo AW, de acordo com a classificação de Koppën. Os meses do verão (dezembro, janeiro e fevereiro) são bastante úmidos com precipitação de até 350 mm. Entretanto, no período seco de inverno este padrão se reverte, quando as precipitações ultrapassam 90 mm por mês. Observa-se ainda que a precipitação se intensifica em direção à Serra do Mar, onde os valores são bastante elevados.

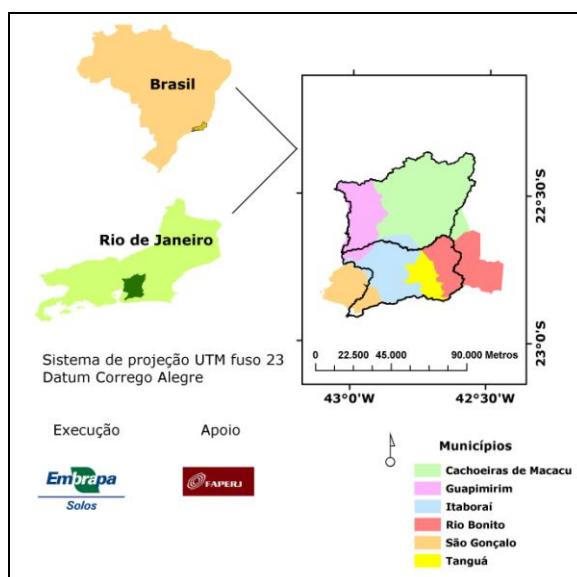


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2. Seleção das estações e cálculo da precipitação média mensal e anual

Para o cálculo da erosividade foram utilizados dados pluviométricos diários de estações, pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), presentes nas bacias hidrográficas dos rios Guapimirim e Macacu (bacia Guapi-Macacu) e Caceribu e próximas às bacias, em condições climáticas similares. No total, utilizaram-se dados de 19 estações e, devido a descontinuidades no registro dos dados, optou-

se por analisar os dados em dois períodos: 1977 a 1994, com um total de 17 estações, e 1995 a 2005, com 8 estações.

2.3. Cálculo de erosividade

O cálculo da erosividade em cada estação e período foi realizado empregando as equações estimadas por Gonçalves et al. (2006) para o Estado do Rio de Janeiro. Os autores utilizaram dados pluviográficos de 14 estações distribuídas no Estado para calcular índices de erosividade. Inicialmente calcularam EI_{30} e $KE > 25$ para cada evento de chuva erosiva em cada uma das estações e totalizaram os resultados mensalmente, obtendo os índices mensais. Os valores de erosividade calculados a partir de dados pluviográficos foram correlacionados com a precipitação média mensal e com o coeficiente de chuva, obtidos a partir de dados pluviométricos. Como resultado, Gonçalves et al. (2006) obtiveram as equações de regressão para estimativa da erosividade em cada estação meteorológica.

No presente trabalho, foram utilizadas as equações de regressão ajustadas por Gonçalves et al. (2006) para quatro estações localizadas na área das bacias Guapi-Macacu e Caceribu. A estimativa da erosividade para essas quatro estações, aqui denominadas “estações de referência”, foi realizada aplicando-se as equações propostas aos dados disponíveis. Para as demais estações pluviométricas utilizadas neste estudo, foi feita a análise da distribuição da precipitação mensal média nas séries históricas correspondentes, visando selecionar a estação de referência que apresentasse comportamento similar com cada uma das estações.

2.4. Espacialização dos índices de erosividade EI_{30} e $KE > 25$

Os índices de erosividade mensais foram especializados para análise de sua distribuição, com a utilização do programa ARCGIS 10 da ESRI. Para tal, utilizou-se a ferramenta de interpolação pelo inverso da distância ponderada (em inglês *Inverse Distance Weighted*, IDW) do módulo de análise Geoestatística.

Para aplicação de IDW, a ponderação pode ser feita pelo inverso da distância elevada a qualquer potência. Nesse trabalho, foram testados dois valores de potência: dois e três, cujos resultados foram comparados utilizando a ferramenta de validação cruzada. A validação cruzada permite comparar modelos e analisar a adequação do modelo selecionado para prever valores em locais onde não há dados disponíveis. Para tal, o modelo é aplicado sucessivas vezes, com número de vezes igual ao número de pontos de valor conhecido. A cada rodada do modelo é retirado um ponto de valor conhecido, sendo estimado o valor no local e calculada a raiz quadrada da média dos erros de predição (em inglês, *Root Mean Square Prediction Error*, *RMSPE*). Para esse trabalho, selecionou-se a potência de IDW que minimizou os valores de *RMSPE* para aplicação do algoritmo de interpolação dos dados.

3. Resultados e Discussão

3.1. Precipitação média mensal e total anual em cada estação meteorológica

Os resultados de precipitação pluviométrica mensal média e anual para os diferentes períodos analisados mostraram a variabilidade desse termo na área das duas bacias hidrográficas (Figura 2). Nota-se que, os valores mensais médios de precipitação foram elevados na parte norte da bacia hidrográfica do Guapi-Macacu.

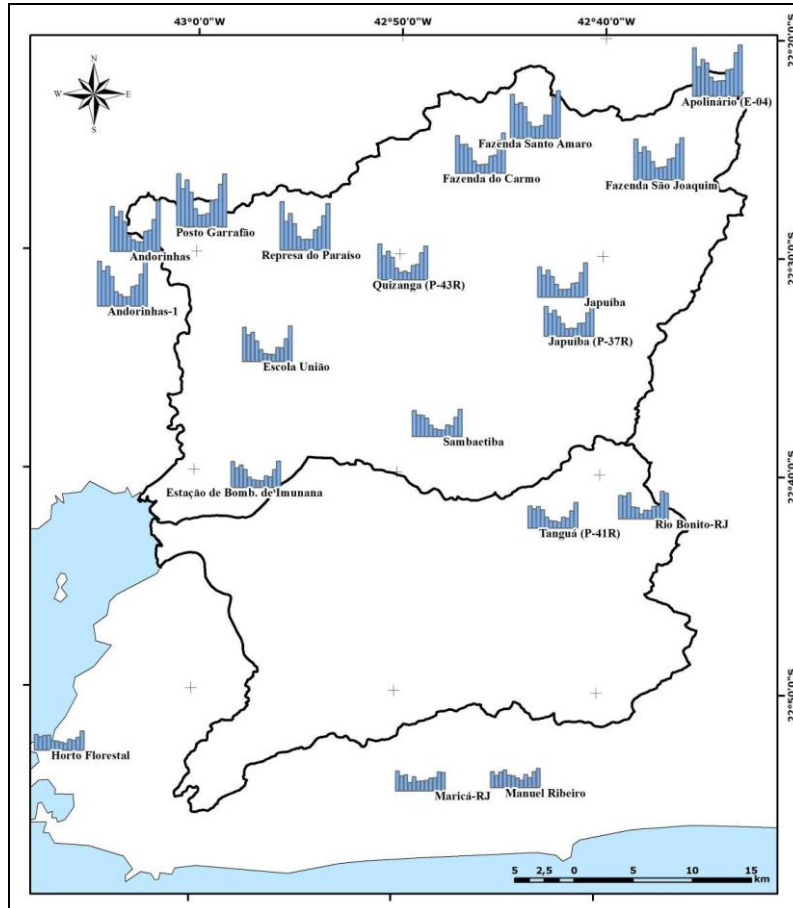


Figura 2. Distribuição da precipitação pluviométrica, em termos médios, ao longo do ano.

3.2. Distribuição da erosividade na área das bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu

Os resultados de erosividade estimados, conforme era esperado, concordaram com os valores mensais elevados de precipitação, sendo os maiores valores mensais de erosividade observados para as estações das escarpas serranas ou próximas a essas, ou seja, na parte norte da bacia hidrográfica do Guapi-Macacu.

De forma geral, os índices de erosividade EI_{30} e $KE > 25$ foram similares tanto no que se refere aos meses de ocorrência dos valores máximos e mínimos bem como nas estações de ocorrência desses registros. A principal diferença entre os índices é a ordem de grandeza dos resultados, que está diretamente relacionada ao princípio teórico de sua formulação.

Os erros de predição ao se aplicar os pesos 2 e 3 para a interpolação do inverso da distância ponderada apresentaram seus valores mínimos variando entre os pesos e os meses analisados. Porém, os menores erros ocorreram com maior frequência para o peso igual a 2, o que justificou a escolha desta potência para o interpolador inverso da distância ponderada.

A espacialização dos índices de erosividade mensais EI_{30} e $KE > 25$ para o período de 1977 a 1994 é apresentada nas Figuras 3 e 4. Por restrição de espaço, é apresentada somente a espacialização do índice EI_{30} para o período de 1995 a 2005 (Figura 5). É importante ressaltar que a matriz resultante da interpolação tem seus limites restritos às coordenadas das estações para as quais havia dados pluviométricos disponíveis. Devido a isso, a interpolação nem sempre abrangeu toda a área de estudo, principalmente quando foram utilizados os dados do período de 1995 a 2005.

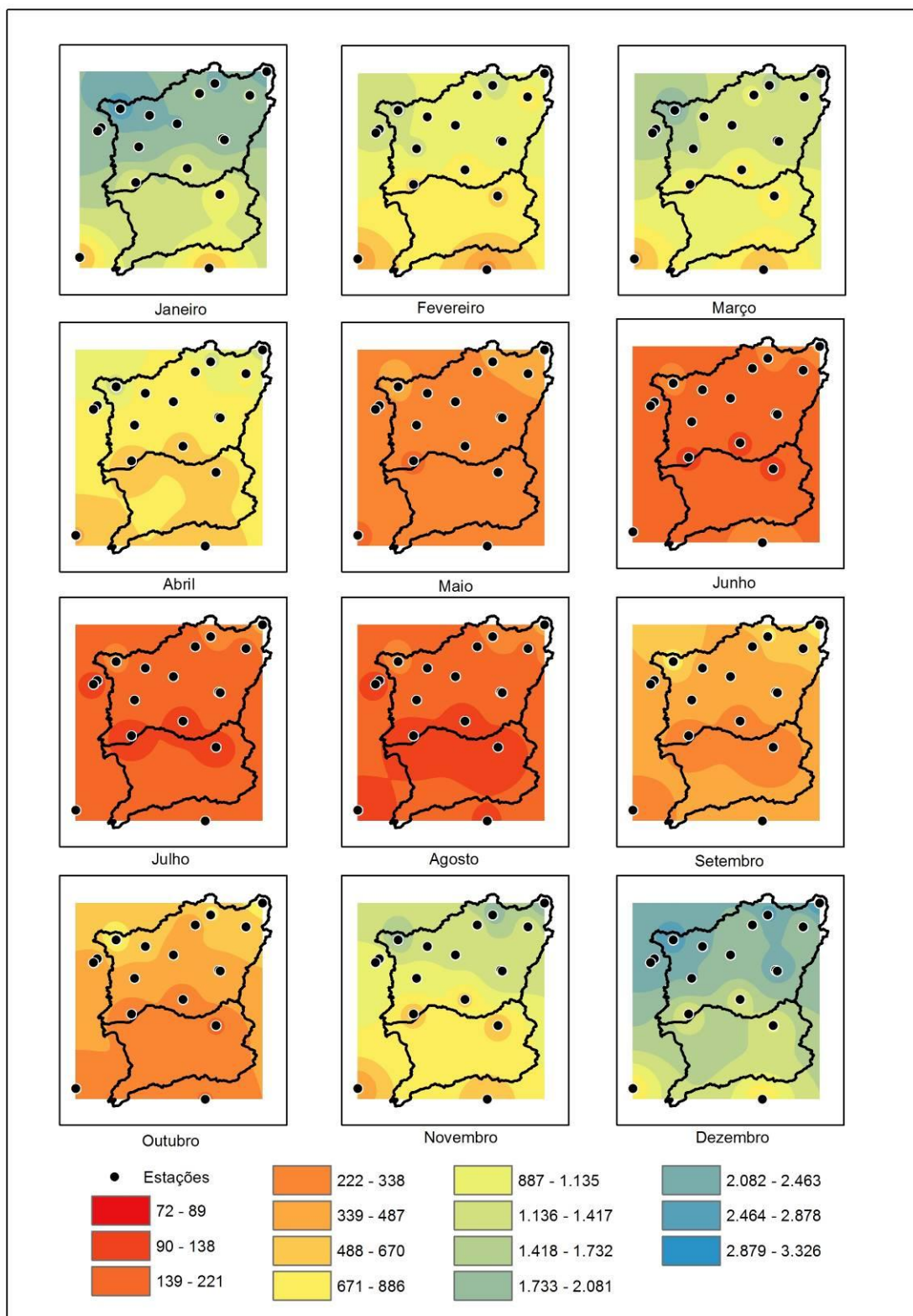


Figura 3. Índices de erosividade mensais EI_{30} ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}$) no período 1977 a 1994.

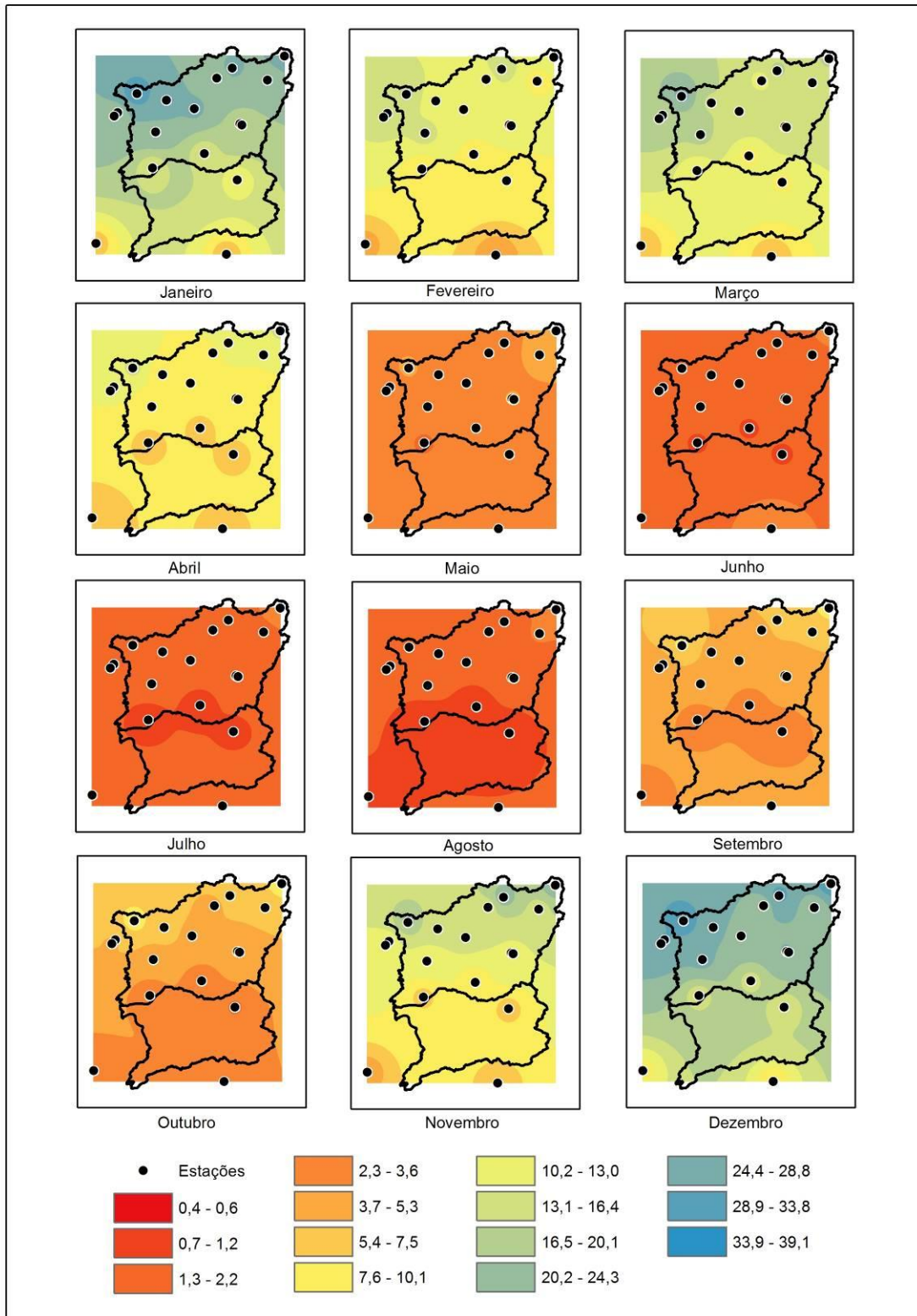


Figura 4. Índices de erosividade mensais $KE > 25$ ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$) no período 1977 a 1994.

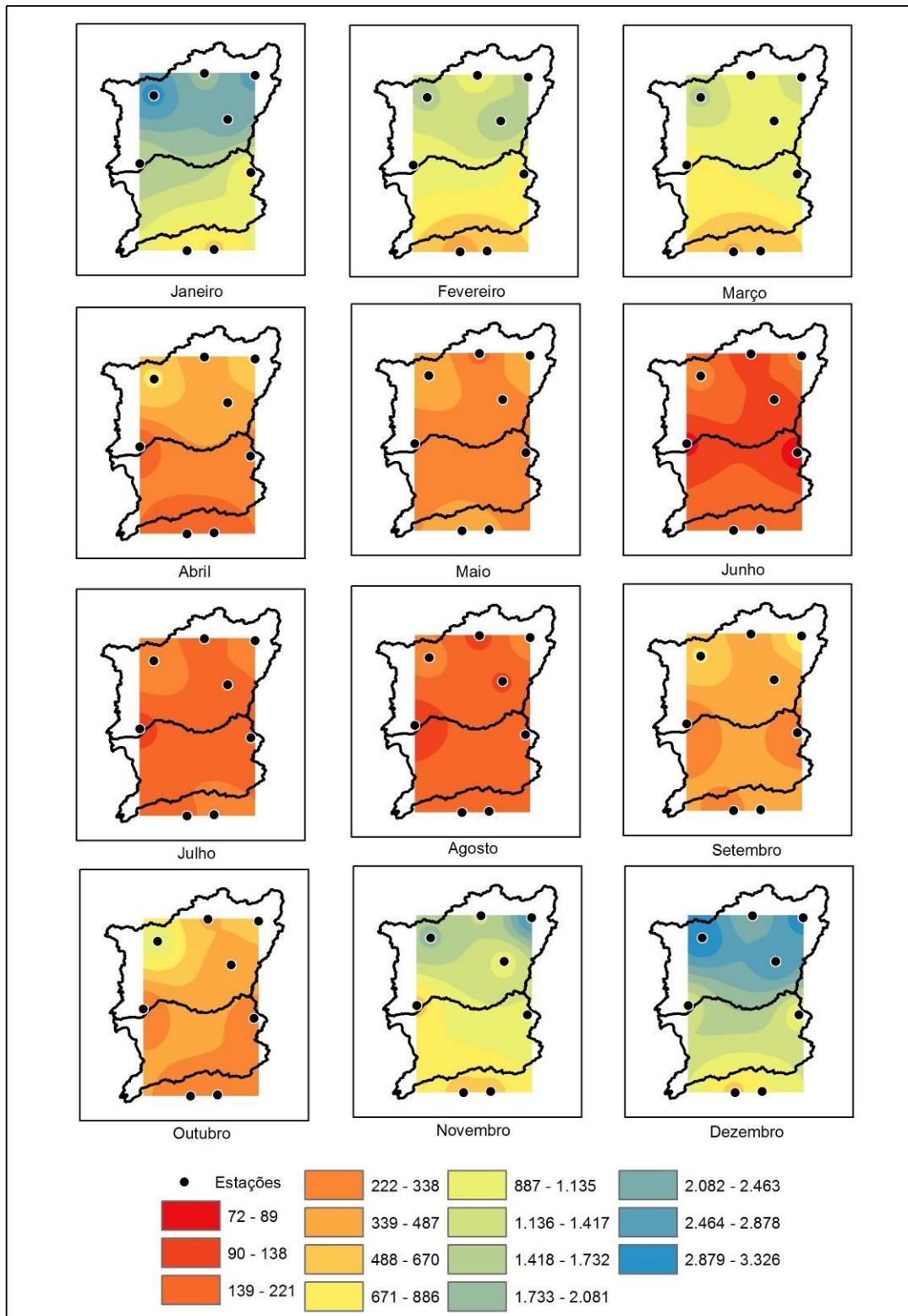


Figura 5. Índices de erosividade mensais EI_{30} ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}$) no período 1995 a 2005.

As classes de erosividade foram estabelecidas de forma a manter as amplitudes proporcionais aos valores máximos e mínimos de cada índice de erosividade (EI_{30} e $KE > 25$) nos dois períodos. Observa-se que os resultados em termos da distribuição dessas classes de erosividade nas bacias não diferem muito, apresentando configuração bastante similar. Dessa forma, pode-se concluir que os índices de erosividade mensais ao longo das bacias

apresentam comportamento similar em termos dos valores relativos, embora, como visto anteriormente, apresentem grandes diferenças ao serem considerados os valores absolutos.

Analisando ambos os períodos estudados 1977 a 1994 e 1995 a 2005, em todos os meses, os índices de erosividade são maiores na parte norte da área de estudo. Para os meses de janeiro e dezembro os valores ao norte da área se encontram nas faixas superiores a $1\,733 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ para EI_{30} e $20,2 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ para $\text{KE} > 25$. Os menores índices de erosividade são encontrados na bacia do Caceribu, onde atingem seus valores máximos nos meses de janeiro e dezembro, em que se apresentam nas faixas de EI_{30} entre 887 e $1\,732 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ e $\text{KE} > 25$ entre 10,2 e $20,1 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$.

Conclusões

O método aplicado permitiu analisar a distribuição da erosividade na área das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu e identificar que, em todos os meses do ano os índices de erosividade são maiores na parte norte dessa área.

Os índices de erosividade mensais ao longo das bacias apresentam comportamento similar em termos dos valores relativos, embora apresentem grandes diferenças em termos de valores absolutos ou de ordem de grandeza, o que é resultado da diferença em sua concepção e formulação original.

Agradecimentos

À Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo fornecimento dos dados pluviométricos utilizados neste trabalho.

Referências bibliográficas

- Amador, E. S. **Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza**. 1997. 539 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências/UFRJ, Rio de Janeiro, 1997.
- Guerra, A. J. T. O início do processo erosivo. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Orgs). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. Cap. 1, p. 15-55.
- Gonçalves, F. A., Silva, D. D., Pruski, F. F., Carvalho, D. F., Cruz, E. S. Índice e espacialização da erosividade das chuvas para o Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 10, n. 2, p. 269-276, 2006.
- Morgan, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3 ed. Malden, EUA: Blackwell, 2005.