

## **ESTIMATIVA DAS EROSIVIDADES ANUAIS E MAPEAMENTO PARA O ESTADO DO CEARÁ**

### ***Estimation of erosivity annual and mapping for the State of Ceará***

Jacques Carvalho Ribeiro Filho  
Mestrando em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA  
[jacquesfilho1@hotmail.com](mailto:jacquesfilho1@hotmail.com)

Júlio Cesar Neves dos Santos  
Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Campus Uberlândia  
[juliocesarnds@gmail.com](mailto:juliocesarnds@gmail.com)

José Ribeiro de Araújo Neto  
Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará  
[juniorfcelabas@gmail.com](mailto:juniorfcelabas@gmail.com)

Luis Cesar de Aquino Lemos Filho  
Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Campus Mossoró  
[lcafilho@ufersa.edu.br](mailto:lcafilho@ufersa.edu.br)

Jose Bandeira Brasil  
Mestrando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará  
[josebbrasil@gmail.com](mailto:josebbrasil@gmail.com)

**RESUMO:** A erosão hídrica tem apresentado elevado potencial de redução na capacidade produtiva dos solos além de ocasionar problemas ambientais relacionados ao assoreamento e poluição dos recursos hídricos. Entre os diversos fatores ligados à erosão, a erosividade das chuvas é um dos mais importantes. O potencial da chuva para gerar erosão do solo é conhecido como erosividade, sendo sua estimativa fundamental para a compreensão da vulnerabilidade do recurso solo de uma determinada região. Nesse sentido, o trabalho objetiva especializar as informações de erosividade anual das chuvas para o Estado do Ceará, Brasil. O Estado do Ceará está subdividido em 12 bacias hidrográficas, para uma melhor gestão dos recursos hídricos de cada região. Com área total de 148.825,6 km<sup>2</sup>, o estado apresenta a 1,75% do território nacional. O uso da geoestatística mostrou-se adequado para a mensuração da dependência espacial da chuva e erosividade para o Estado do Ceará, tendo o modelo teórico exponencial apresentando melhor resultado. Constatou-se que os maiores valores pluviométricos e índices de erosividade foram registrados nas bacias do litoral, já as menores, na área mais central do Estado do Ceará. Quanto à erosividade, nota-se que a região litorânea classifica-se como alta ( $7.000 < R < 9.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), já o restante do estado classifica-se como média ( $5.000 < R < 7.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

**Palavras-chave:** Erosão; Fator R; USLE.

**ABSTRACT:** Water erosion has a high potential for reducing soil production capacity, as well as environmental problems related to silting and pollution of water resources. Among the various factors associated with erosion, rainfall erosion is one of the most important. The potential of rainfall to generate soil erosion as known as erosivity and its estimate is fundamental for an understanding of the vulnerability of soil resource of a region. Thus, the work aims to specialize information of annual erosion of rainfall for the State of Ceará, Brazil. The State of Ceará is subdivided into 12 river basins, for a better

management of the water resources of each region. The total area of Ceará is 148,825.6 km<sup>2</sup>, the state presents 1.75% of the national territory. The use of geostatistics was adequate for a measurement of the spatial dependence of rainfall and erosivity for the State of Ceará, and the exponential theoretical model presented the best result. It was verified that the highest pluviometric heights and erosion indices were registered in the coastal basins, however the smallest areas are presented in the most central area of the State of Ceará. About the erosivity, it is noted that the coastal region is classified as high ( $7,000 < R < 9,000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ), and the rest of the state is classified as average ( $5,000 < R < 7,000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ).

**Keywords:** Erosion; Factor R; USLE.

## INTRODUÇÃO

A perda de solo, quando ultrapassa uma taxa tolerável, se torna fator crítico para o ambiente, sendo isto mais agravante quando se tem a ação antrópica (LIU *et al.*, 2012). A predição e quantificação de fatores das perdas de solo além de avaliar os riscos de erosão são importantes subsídios na definição de melhores estratégias de uso e manejo do solo em dada região (CARVALHO *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Na região semiárida o principal processo degradador do solo é a erosão hídrica, que refere-se à interação da chuva com o solo (BATISTA *et al.*, 2015). Normalmente pela geração de escoamento Hortoniano (em que a intensidade da precipitação supera a capacidade de infiltração). O conhecimento da intensidade das chuvas em um ambiente semiárido está entre os principais componentes para a prevenção da perda de solo (AMARAL *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2016).

A medida desta grandeza é realizada por índices, tais como o índice de erosividade padrão EI30 (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Diversos autores, tem desenvolvido equações empíricas que relacionam o índice de erosividade (EI) com precipitações anuais e mensais (BAZZANO *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2014). A obtenção de dados de chuva com base em registros pluviográficos é um processo relativamente caro e a determinação da erosividade das chuvas a partir de pluviogramas diários é um procedimento moroso (CASSOL *et al.*, 2008). Wischmeier e Smith (1978) recomendam a utilização de séries históricas de 10 a 20 anos de dados pluviométricos para geração do fator R confiável, expressando assim, o potencial da chuva de provocar a erosão do solo, sendo variável de região para região (BAZZANO *et al.*, 2007). A obtenção da melhor correlação entre erosividade e perdas de solo é

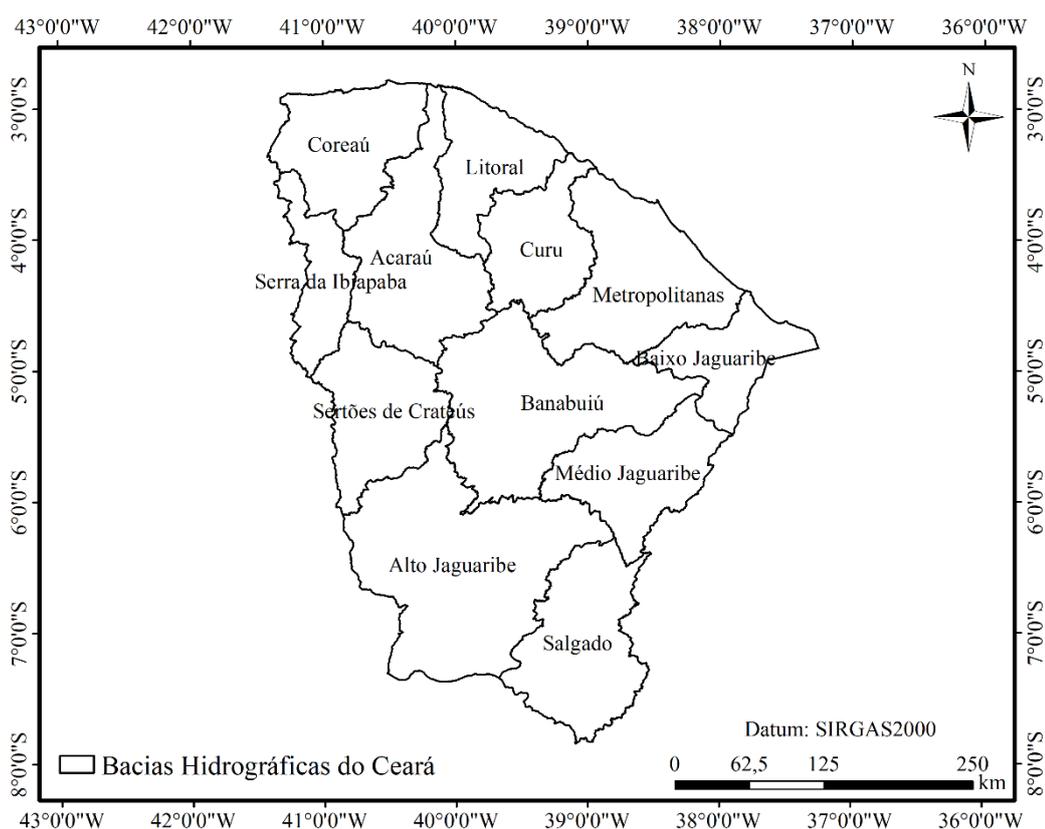
dificultada pela falta de conhecimento das características físicas das chuvas. Para isso é cada vez mais comum o uso de técnicas geoestatísticas (GUIMARÃES *et al.*, 2016).

O uso de técnicas de geoestatísticas em programas de SIG, permite a geração de mapas de isolinhas, identificando regiões homogêneas em relação a erosividade (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Mapas de erosividades médias anuais têm sido utilizados como entrada para várias análises ambientais relacionadas com a distribuição espacial da erosão do solo (WALTRICK *et al.*, 2015).

Como nas demais regiões semiáridas, a escassez de informações e avaliações do potencial de erosividade das chuvas geram um obstáculo para a criação de programas de manejo e conservação do solo, não sendo possível a realização de ações antecipadas até mesmo em práticas agrícolas para o controle erosivo (DIAS & SILVA, 2003; CABRAL *et al.*, 2014). O estado do Ceará é composto por regiões assoladas por eventos adversos que proporcionam secas ou enchentes nas suas diversas bacias hidrográficas (SANTOS *et al.*, 2015). Baseado nas diferenças climáticas do estado e para uma melhor gestão dos recursos hídricos de cada região, o Ceará está subdividido em 12 bacias hidrográficas. Nesse sentido o presente trabalho tem por objetivo, espacializar as informações de erosividade anual das chuvas para o Estado do Ceará, Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O Estado do Ceará localiza-se no domínio da região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas 2,5° S e 10° S e 34° W e 42°W; com área de 148.825,6 km<sup>2</sup>, sendo subdividido em 12 bacias hidrográficas (Figura 1): Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas, Baixo Jaguaribe, Serra da Ibiapaba, Sertões de Crateús, Banabuiú, Médio Jaguaribe, Alto Jaguaribe e Salgado.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 1 – Localização das 12 bacias que compõem o Estado do Ceará.

As temperaturas médias do Ceará variam de 23° a 27° C, sendo que o Estado possui três distintos climas, segundo a classificação climática de Köppen: BSw'h', Aw' e Cw', havendo uma predominância em aproximadamente 80% do tipo BSw'h' (semiárido quente com temperatura média mensal sempre superior a 18° C no mês mais frio).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2014), 92,99% do território estado encontra-se dentro do polígono das secas. Quanto às características pedológicas, os Neossolos são os solos predominantes no território cearense, representando 36,32% da área total, ficando os Argissolos com 24,92%, Luvisolos com 16,89%, Planossolos com 11,40%, Latossolos com 5,48% e outros em menor extensão (16,4 %) (EMBRAPA, 2015). A formação dos solos cearenses, de acordo com suas classes, tem-se que 1/3 do território caracteriza-se por apresentar natureza cristalina, marcadas por reterem poucas quantidades de água e mais susceptíveis a erosão.

A partir dos dados climatológicos disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2015) para o período entre 1981 e 2014, utilizou-se 135 postos meteorológicos localizados em sedes de municípios no Estado do Ceará, para calcular a erosividade da chuva, o coeficiente de chuva e sua relação com a erosividade. A obtenção da série temporal e dados consistiu-se na coleta das seguintes variáveis: altitude, latitude, longitude, precipitações mensais e anuais. Os coeficientes de chuva (Equação 1) foram determinados conforme a equação proposta por Fournier (1960), com algumas modificações:

**Equação (1):  $RC = p^2 * P-1$**

Onde:

**RC** - Coeficiente de chuva mensais;

**p<sup>2</sup>** - Precipitação média mensal (mm);

**P-1** – Precipitação média anual (mm).

Após a obtenção dos dados para cada posto climatológico, gerou-se a partir da equação de erosividade desenvolvida para Iguatu-CE, por Santos *et al.* (2014) (Equação 2) um banco de dados para erosividade (fator R), para o Estado do Ceará.

**Equação (2):  $I30 = -0,0787*RC^2 + 44,201*RC$**

Onde:

**EI30** – Índice de erosividade;

**RC** - Coeficiente de chuva mensais.

Após a determinação do fator EI30, foi construído um banco de dados contendo a localização geográfica e a erosividade das chuvas para cada posto, para a determinação da variabilidade espacial das linhas isoerosivas para o Estado do Ceará. As análises de estatística e geoestatísticas foram realizadas no programa GeoR (RIBEIRO JÚNIOR & DIGGLE, 2001). Foram obtidas as medidas de posição (média, valores máximo e mínimo) e dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação), antes da análise geoestatística. Após a análise exploratória e construção dos semivariogramas experimentais, foram ajustados os semivariogramas teóricos pela máxima verossimilhança para os modelos esférico, exponencial e gaussiano. A

estrutura de dependência espacial dos modelos testados foi avaliada pelo grau da dependência (forte, moderado ou fraco), conforme Cambardella *et al.* (1994). Uma vez detectada a estrutura de dependência espacial, os mapas de contorno foram construídos por meio do interpolador geoestatístico de krigagem ordinária com uso do software QGIS versão 2.14.12. De posse do mapa da erosividade média, foi realizada a classificação (Tabela 1) de acordo com Santos (2008).

Tabela 1 -Classes de erosividade da chuva média anual

Classes de Erosividade	Valores de Erosividade
	MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Muito Baixa	R < 2500
Baixa	2500 < R < 5000
Média	5000 < R < 7000
Alta	7000 < R < 9000
Muito Alta	R > 9000

Fonte: Adaptado de Santos, 2008

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, encontra-se a estatística descritiva para chuva e erosividade para o Estado do Ceará, das 135 estações pluviométricas. São observados os valores da média ( $\mu$ ), mediana ( $\eta$ ), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficientes de variação (CV), valor máximo e mínimo (Vmax e Vmin), assimetria (Ass) e curtose (Cur). Conforme a classificação proposta por Warricke Nielsen (1980), onde a variável é classificada como de baixa variação (CV<12%), média (12<CV<60%), alta (CV>60%), as variáveis chuva e erosividade, apresentaram variação classificada como média, pois não tiveram CV superior a 60% e inferior a 12%. Segundo Vanni (1998), coeficiente de variação menor que 35%, a série é homogênea e a média tem significado, podendo ser utilizada como representativa da série de onde foi obtida, o que ocorreu nesse estudo.

Tabela 2 -Estatística descritiva para chuva e erosividade.

Atributos	Chuva (mm)	Erosividade (MJ mm ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
$\mu$	890,87	6.317,53
$\eta$	841,25	6.219,77
$\sigma$	238,98	1.474,95
CV	26,83	23,35
$V_{\max}$	1670,00	10.940,00
$V_{\min}$	449,00	3.680,00
Cur	0,77	0,66
Ass	1,02	0,11

Fonte: elaborado pelos autores

Embora a análise estatística descritiva dê uma ideia da normalidade, essa só poderá ser comprovada através dos testes de aderência a normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk. Na Tabela 3 observa-se que os resultados dos testes de aderência à normalidade, sendo o teste de Kolmogorov-Smirnov mais recomendado para esse estudo, pois a amostragem possui mais de 50 observações (MAROCO, 2007).

Tabela3 - Testes de normalidade, Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para chuva e erosividade

Atributo	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk	
	p-value	p-lilliefors	K-S	p-value	W
Chuva	0,09878	0,0008509	0,10555	1,83E-06	0,92669
Erosividade	0,2811	0,0177	0,85192	0,0008632	0,96225

Fonte: elaborado pelos autores

Os resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk indicaram que os dados não apresentam normalidade. A normalidade dos dados não é exigência da geoestatística. Mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, em que a média e a variabilidade dos dados são constantes na área de estudo, tendo em vista que os semivariogramas apresentam patamares bem definidos (CAVALCANTE *et al.*, 2007).

Na Tabela 4, notou-se os valores do efeito pepita (C0), patamar (C0+C), alcance (A) e grau de dependência espacial (GD) para os modelos testados (exponencial, esférico e gaussiano) pela máxima verossimilhança, onde é possível

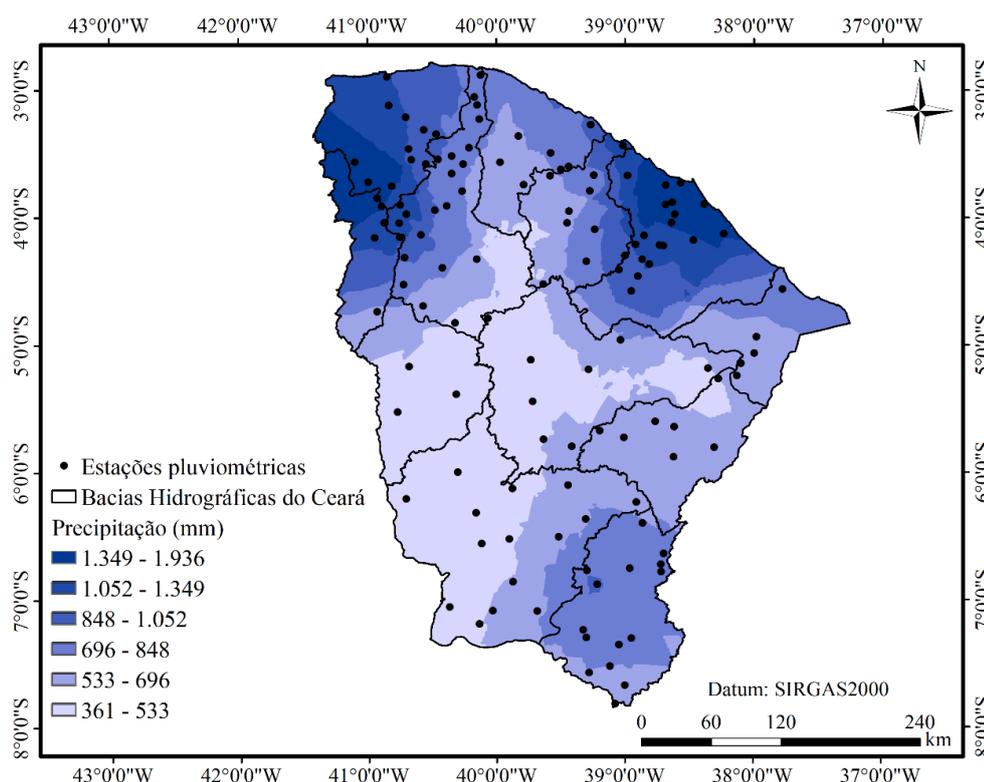
observar, os resultados das análises geoestatísticas para a precipitação e erosividade. Empregando-se a escala de dependência espacial determinada por Cambardella *et al.* (1994), verificou-se que, para todos os semivariogramas obtidos, apresentaram forte dependência espacial, visto que, seus valores de efeito pepita ( $C_0$ ) foram inferiores a 25% do valor do patamar ( $GD < 25\%$ ).

Tabela 4 -Semivariogramas testados (exponencial, esférico e gaussiano) para chuva e precipitação

Atributo	Modelo	$C_0$	$C_0 + C$	A (km)	GD= ( $C_0/C_0+C$ ) x 100 (%)
Chuva	Exponencial	100	41.590	363	0,24
	Esférico	2.400	39.460	269	6,08
	Gaussiano	100	39580	216,5	0,25
Erosividade	Exponencial	1.000	1.278.000	390	0,08
	Esférico	86.000	1.205.000	289	7,14
	Gaussiano	3.000	1.209.000	226,9	0,25

Fonte: elaborado pelos autores

Com base na espacialização do coeficiente de chuva através do método de krigagem, durante o período de estudo, a distribuição espacial da precipitação média anual, com valores variando de 1.670 mm, no litoral a valores inferiores a 449 mm, no sertão evidenciando a alta variabilidade da precipitação no Estado do Ceará (Figura 2). Santos *et al.* (2008), encontraram valores variando do mínimo de 600 mm a 1.400 mm, em um período de 71 anos.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 2- Mapa da precipitação média normal para o estado do Ceará.

Observa-se ainda na Figura 2 que os menores índices pluviométricos foram registrados nas bacias hidrográficas localizadas na parte central do Estado do Ceará, ficando as mesmas entre as classes de 361 – 696 mm (Figura 2), sendo esta classe menor que a média pluviométrica do Estado do Ceará que é de 874,94 mm (BARRETO *et al.*, 2013).

Verificou-se ainda na Figura 2 que os maiores valores pluviométricos ocorreram nas bacias localizados nas regiões litorânea, sendo as maiores alturas pluviométricas e erosividade registradas nas bacias hidrográficas Litorânea e do Curu, e na região noroeste do Estado nas bacias do Coreaú e Serra da Ibiapaba. Santos *et al.* (2015) fazendo análise histórica das bacias hidrográficas, mostraram que uma tendência de aumento na precipitação para as seguintes bacias hidrográficas: Bacia do Salgado, Ibiapaba e do Coreaú, mas não sendo registrada diferença estatística.

Já no mapa gerado com base na erosividade e usando a equação polinomial desenvolvida por Santos *et al.* (2014), verificou-se que os maiores índices de erosividade estão localizados nas regiões litorâneas, sendo que os pontos de registros das mais elevadas alturas pluviométricas e erosividade ocorreram nas bacias

hidrográficas litorâneas e do Curu, e na região noroeste do Estado nas bacias do Coreaú e Serra da Ibiapaba (Figura 3). Amaral *et al.* (2014), estudando a variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba, encontraram uma correlação de 90% entre erosividade e as chuvas para aquele estado. Em seus estudos Liu *et al.* (2012) observam a forte correlação entre chuva e intensidade com a produção de sedimentos

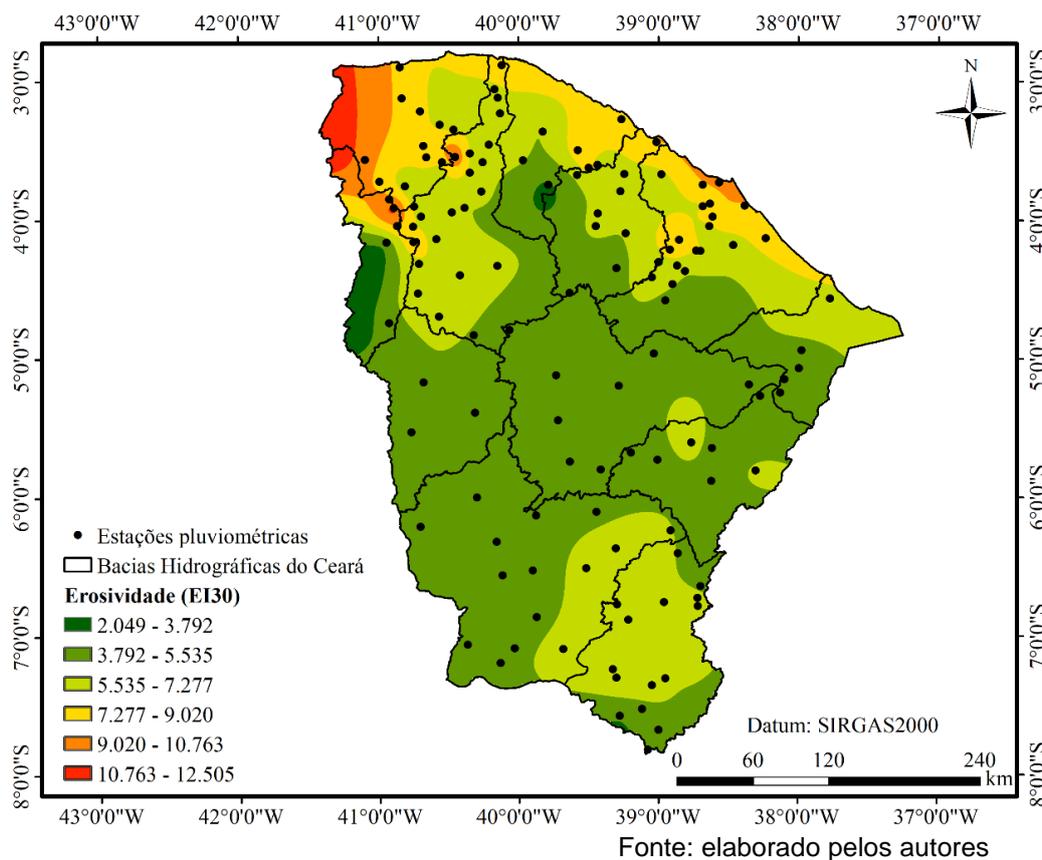


Figura 3- Mapa da erosividade media anual normal para o estado do Ceará.

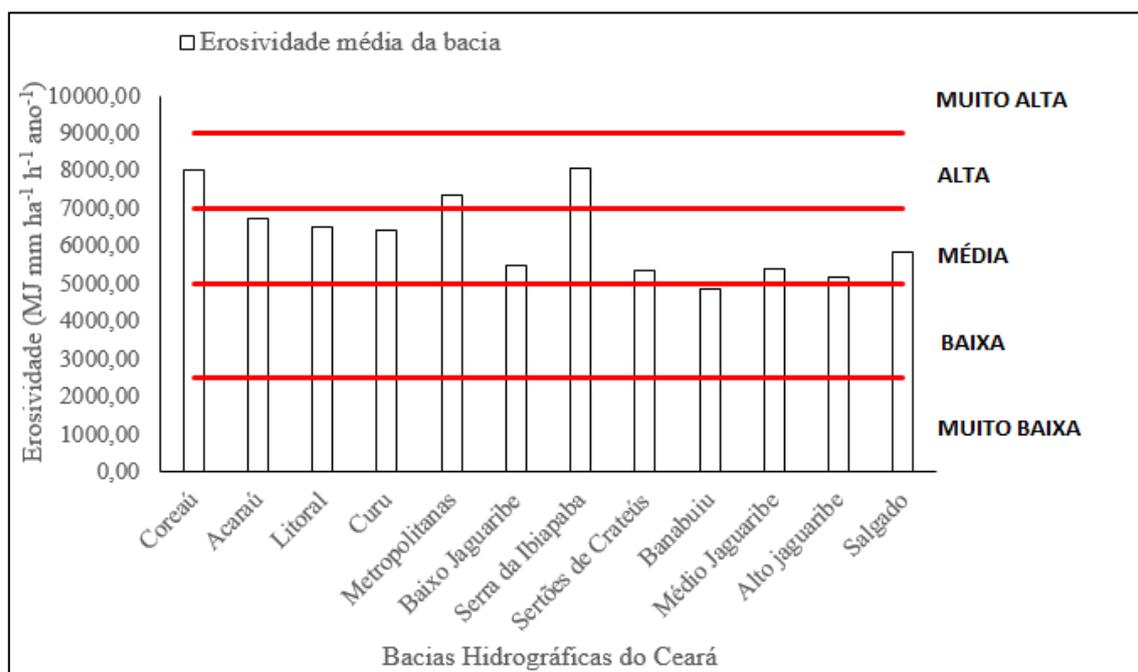
Observa-se ainda na Figura 3 que os menores índices de erosividade (2.049 a 5.535 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), estão localizados nas bacias hidrográficas dos Sertões de Crateús, Banabuiú e Alto Jaguaribe. Esses valores são superiores aos valores mínimos encontrados por Oliveira (2015), que trabalhou com dados de 142 estações pluviométricas espalhadas em todo o Brasil e obteve valores de erosividade entre 468,3 e 20.000 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Santos *et al.* (2015) em seus estudos, evidenciaram que bacias hidrográficas apresentam comportamentos distintos para as tendências pluviométricas, mostrando que a bacia hidrográfica do Banabuiú tende a ter aumento com diferença significativa em suas alturas precipitadas, já a bacia

hidrográfica do Alto Jaguaribe tende a diminuir, sem apresentar diferença estatística em sua altura pluviométrica, o que mudaria esse cenário de erosividade. Para a bacia hidrográfica dos sertões de Crateús não apresentou série histórica para o estudo de Santos *et al.* (2015).

Na Bacia hidrográfica do Coreaú os menores valores de erosividade foram de  $6.333 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , bem como na parte oeste da bacia hidrográfica metropolitana (Figura 3). Esses valores estão dentro da mesma ordem de grandeza dos valores encontrados por Batista *et al.* (2015) na região oeste da bacia hidrográfica metropolitana, que constatou valores na faixa de erosividade ( $6.333$  a  $7.605 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Essas regiões estão localizadas em áreas de maiores altitudes no Estado do Ceará, sofrendo assim o efeito das precipitações orográficas, ocasionando um efeito em mesoescala que influencia a região do Maciço de Baturité (MOTA e VALLADARES, 2011; BATISTA *et al.*, 2015).

Verificou-se nas Figuras 2 e 3, que os valores médios de precipitação corroboram com os valores de Andrade *et al.* (2016), contudo, o maior número de estações utilizadas nesse estudo possibilitou um maior detalhamento de dados. Em relação à erosividade anual para a região litorânea, que ficou na classe de  $7.277$  a  $9.020 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo estes valores superiores aos encontrados por Dias e Silva (2003), que estimou para a região  $6.774 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Observa-se que as bacias hidrográficas, Metropolitanas, Coreaú e Serra da Ibiapaba são classificadas como erosividade alta, conforme a (Figura 4). Já a bacia hidrográfica do Banabuiú foi a única classificada como tendo erosividade baixa. As bacias do Curu, Baixo Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Alto Jaguaribe, Salgado, Acaraú, Litoral, e Sertões de Crateús são classificadas, quanta a erosividade, como média, sendo que de forma geral a erosividade média das bacias hidrográficas do estado do Ceará é de  $6.258,30 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , podendo ser classificada como média. Amaral *et al.* (2014), estudando a erosividade para o Estado da Paraíba encontraram erosividades de  $5.032 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo também classificada como médio.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 4- Classificação das erosividades médias das bacias hidrográficas do Estado do Ceará.

## CONCLUSÕES

O uso da geoestatística mostrou-se adequado para a mensuração da dependência espacial da chuva e erosividade para o Estado do Ceará, tendo o modelo teórico exponencial apresentado melhor resultado.

Os maiores índices pluviométricos e de erosividade foram registrados nas bacias hidrográficas mais próximas ao litoral e em bacias hidrográficas onde apresentou altitudes elevadas e os menores na parte central do Estado do Ceará.

O índice de Erosividade variou de 5.346 a 8.072 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo que a erosividade média para todo o Estado do Ceará foi de 6.258 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo classificado como de erosividade média.

A Bacia hidrográfica do Coreaú mostra-se mais susceptível a perdas de solo pelos altos índices de erosividade.

## AGRADECIMENTOS

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal no Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. M.; SENA, M. G. T.; SILVA, A. G. R.; PEREIRA, F. J. S.; LOPES, F. B. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016.

AMARAL, B. S. D.; CARVALHO NETO, J. F.; DANTAS, J. C.; SILVA, R. M. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia e Física*, v. 07, p. 691-701, 2014.

BARRETO, F. P.; BARRETO, H. B. F.; SANTOS, W.O.; MAIA, P. M. E.; PAIVA, C. A. Análise espacial e temporal do período chuvoso no estado do Ceará. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 9, p. 12-18, 2013.

BATISTA, C. T.; VERÍSSIMO, C. U. V.; SANTOS, M. P. Avaliação do cálculo de erosividade em escala regional com o auxílio de geoprocessamento na Serra de Baturité – CE. *REGNE*, v. 1, p. 22-36, 2015.

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* 31, pg. 1205-1217, 2007.

CABRAL, L. J. R. S; VALLADARES, G. S; AQUINO, C. M. S. Erosividade das chuvas em parte do alto curso do Rio Banabuiu-Sertão Central do Ceará. *RevistaEquador*, v. 3, n. 2, p. 51-61, 2014.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; NOVAK, J. M.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58:1501-1511, 1994.

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 e Ambiental*, 9:7-14, 2005.

CASSOL, E.A.; ELTZ, F.L.F.; MARTIN, D.; LEMOS, A.M.; LIMA, V.S.; BUENO, A.C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(3), pp. 1239-1251, 2008.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. D. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. *Ciência Rural*, v. 37, v. 2, p. 394-400, 2007.

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, p. 335-345, 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Solos do Nordeste, Acesso em 17 – 08 – 2015. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ce>

FAO, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. 2014. Acesso em 23-05-2014. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/008/ad772s/AD772S05.html>

FOURNIER, F. .Climateterosion. Paris, Press Universitaires de France, 201p.1960

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia: Disponível em – [http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Download\\_de\\_series\\_historicas/DownloadChuvasPublico.php](http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Download_de_series_historicas/DownloadChuvasPublico.php). Acesso em: 17-08-2015

GUIMARÃES, W. D.; GRIPP JUNIOR, J.; MARQUES, E. A. G.; SANTOS, N. T.; FERNANDES, R. B. A. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. *Revista Ciência Agrônômica*, 47:247-255, 2016.

LIU, Y.; FU, B.; LÜ, Y.; WANG, Z.; GAO, G. Hydrological responses and soil erosion potential of abandoned cropland in the Loess Plateau, China. *Geomorphology*, Amsterdam, v. 138, n. 1, p. 404-414, 2012.

MAROCO, J. Análise Estatística com utilização do SPSS. 3.ed. Lisboa: Edições Silabo Ltda, 2007. 824p.

MOTA, L.H. S. O.; VALLADARES, G. S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. *Revista ciência agrônômica (UFC. Online)*, v. 42, p. 49-50, 2011.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosionriskmappingappliedtoenvironmental zoning. *WaterResources Management*, v.25, n.3, p.1021-1036, 2011.

OLIVEIRA, J. P. B.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; ZANETTI, S. S. Espacialização da erosividade das chuvas no Brasil a partir de séries sintéticas de precipitação. *BrazilianJournalofAgriculturalSciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, n. 4, 2015.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. *R-NEWS*, 1:15-18, 2001.

QGIS Development Team, <2017>. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>

SANTOS, C. N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós Graduação em Agronomia. 2008.

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M. ; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R. ; RIBEIRO FILHO, J. C. Erosividades das chuvas em Iguatu-CE: correlação com o coeficiente de chuva e aplicação as normais climatológicas do nordeste. In: Anais... XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014, João Pessoa. XI ENES, 2014.

SANTOS, M. Â. C. M. ; COSTA, I. M. ; COSTA, J. A. ; MATEUS, A. E. ; SOUSA, R. F. ; SALES, W. S. ; LOBO, J. T. ; SILVA, G. ; MIRANDA, V. G. ; MORENO, N. B. C. ; CALDAS, A. C. A. ; MONTEIRO, B. L. ; SILVA, D. F. . Tendências no nível do rio de bacias hidrográficas do Estado do Ceará e suas causas climáticas. Revista Brasileira de Geografia e Física, [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe), p. 927 - 938, 06 fev. 2015.

VANNI, S.M. Modelos de regressão: Estatística aplicada. São Paulo, Legmar Informática, 1998. 177p.

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

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p.

ZHOU, J.; FU, B.; GAO, G.; LÜ, Y.; LIU, Y.; LÜ, N.; WANG, S. Effects of precipitation and restoration vegetation on soil erosion in a semi-arid environment in the Loess Plateau, China. CATENA, Amsterdam, v. 137, m. 1 – 4, p. 1-11, 2016.

*Submetido em: 21/09/2017*  
*Aceito para publicação em: 13/10/2017*