

VARIABILIDADE ESPACIAL DE FATORES DE EROÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO SOB CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR¹

ZIGOMAR M. DE SOUZA², MARCÍLIO V. MARTINS FILHO³, JOSÉ MARQUES JÚNIOR³,
GENER T. PEREIRA⁴

RESUMO: Visando a avaliar a variabilidade espacial de fatores de erosão em Latossolo Vermelho eutroférico, foram obtidas amostras do solo em intervalos regulares de 50 m, em forma de grid, totalizando 206 pontos de amostragem. Foram coletadas amostras nas profundidades de 0,0-0,2 m para a determinação da composição granulométrica e do conteúdo de matéria orgânica. Os fatores de erosão locais, como erosividade (R), erodibilidade (K), relevo (LS), perda de solo (A), potencial natural de erosão (PNE), risco de erosão (RE) e expectativa de erosão (EE), foram avaliados. A variabilidade do solo medida pelo coeficiente de variação registrou-se média para K, alta para o RE e EE e muito alta para A, LS e PNE. As variáveis estudadas apresentaram estrutura de dependência espacial com grau moderado para as variáveis K, A, PNE e RE, e forte para o LS e EE. Mapas obtidos por krigagem foram apresentados para descrição dos padrões de distribuição dos fatores de erosão na paisagem.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, semivariograma, krigagem.

SPATIAL VARIABILITY OF THE EROSION FACTORS IN EUTRUOX RED LATOSOL UNDER SUGARCANE CROP

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the spatial variability of soil erosion factors on a Dark Red Oxisol under sugarcane conventional tillage. Soil samples were collected in 206 points, in a depth of 0.0-0.2 m, located in a 50 m regular grid for obtaining the soil texture and organic matter content. The local erosion factors were determined: erosivity (R), erodibility (K), relief (LS), soil erosion (A), natural potential of erosion (PNE), erosion risk (RE) and erosion expectation (EE). Geostatistical analysis was performed to measure and model the spatial variability of soil erosion factors. The soil variability was moderate with K, A, and PNE while the soil variability was higher with LS, RE, and EE. K, A, and PNE exhibited moderate spatial dependence, but spatial dependence of LS, RE and EE was strong. Kriging maps were presented for understanding of soil erosion factors distribution patterns within the landscape.

KEYWORDS: geostatistics, semivariogram, kriging.

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna tem como fundamento o desenvolvimento sustentável do ponto de vista econômico e, ainda, da não-degradação do meio ambiente, porém a intensificação da exploração agrícola, aliada ao uso e manejo inadequado do solo, tem provocado o aumento da erosão, a chamada erosão acelerada (WEILL, 1999). Essa provoca o assoreamento e a poluição das áreas baixas, rios e reservatórios, podendo, até mesmo, chegar à degradação de grandes extensões de terras. A degradação do solo nos trópicos, embora reconhecida como um problema grave e generalizado, ainda carece de

¹ Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor, financiada pela FAPESP

² Doutorando do Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, km 5, Jaboticabal - SP, zigomar@fcav.unesp.br. Bolsista da FAPESP.

³ Professor Doutor, Departamento de Solos e Adubos, UNESP, Jaboticabal - SP.

⁴ Professor Doutor, Departamento de Ciências Exatas, UNESP, Jaboticabal - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 21-7-2003

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 17-12-2004

estudos que avaliem aspectos físicos, químicos e ambientais, de forma integrada (SCHAEFER et al., 2002). O emprego da geoestatística, com o objetivo de avaliar a estrutura espacial das variáveis, introduz nova e importante ferramenta para a análise da variabilidade espacial de atributos do solo e fatores de erosão.

O uso indiscriminado de tecnologia em áreas agrícolas no nordeste do Estado de São Paulo, onde se cultiva a cana-de-açúcar, com preparo superficial excessivo e queima dos resíduos, modifica significativamente os atributos do solo e tem promovido a degradação dos solos e, por consequência, do meio ambiente (FREITAS, 1987 e STONE & SILVEIRA, 2001). Nesse cenário, a erosão do solo tem papel decisivo na perda da renda líquida dos agricultores, principalmente em função da constante e elevada perda de solo e insumos que tal processo acarreta (SCHAEFER et al., 2001). Dentre os fatores naturais que afetam a erosão, o relevo condiciona o movimento da água no solo, interferindo na variação espacial dos seus atributos, sendo as rotas preferenciais dos fluxos de água que definem os mecanismos erosivos-depositacionais preponderantes. Esses fluxos, condicionados pelas feições do relevo, provocam a erosão, transportando e depositando os constituintes dos solos, ocasionando variabilidade de seus atributos. Considerando que a erosão influencia na variabilidade dos atributos do solo, pode-se assumir que a erosão dos solos, em determinada posição da paisagem, passa a ser um indicador ambiental de zonas específicas de manejo (SOUZA et al., 2002).

A erodibilidade do solo e outros fatores de erosão apresentam grande variabilidade espacial e temporal, explicada pela diversidade climática, a qual influi no potencial erosivo das chuvas, e pela variabilidade do solo, a qual tem influência na suscetibilidade à erosão (BERTOL et al., 2002). WANG et al. (2002) afirmaram que a geoestatística é importante ferramenta para o estudo dos processos de erosão, dada a sua notória variabilidade espacial. Porém, poucos trabalhos têm explorado o estudo da variabilidade espacial de fatores de erosão.

O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade espacial de fatores da erosão, em área sob cultivo de cana-de-açúcar, em Latossolo Vermelho eutroférico.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no nordeste do Estado de São Paulo, no município de Guariba - SP. As coordenadas geográficas são 21°19' de latitude sul e 48°13' de longitude oeste, com altitude média de 640 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico com inverno seco (Cwa), precipitação média de 1.400 mm e chuvas concentradas no período de novembro a fevereiro. A vegetação natural era constituída por floresta tropical subcaducifólia e mata ciliar.

O relevo é predominantemente suave ondulado, com declividades médias variando de 3 a 8%. A área experimental está sob cultivo de cana-de-açúcar há mais de 30 anos. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico textura muito argilosa (LVef) (EMBRAPA, 1999).

No terço inferior da encosta, por meio da análise detalhada das formas do relevo e da variação do gradiente do declive, o solo foi amostrado em malha regular, com intervalos de 50 m, perfazendo um total de 206 pontos, georreferenciados com o uso do GPS, em área de 40 ha, na profundidade de 0,0-0,2 m.

A composição granulométrica foi determinada pelo método da pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de baixa rotação por 16 h, seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997), com modificações. A fração argila foi separada por sedimentação, de acordo com a lei de Stokes, sendo a fração silte determinada por diferença. A fração areia, após secagem e pesagem, foi subdividida em cinco subfrações, areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF) e areia muito fina (AMF). Para a determinação da matéria orgânica, foi utilizado o método de RAIJ et al. (1987).

A erodibilidade (fator K) foi estimada utilizando-se da equação proposta por DENARDIN (1990), a qual gerou valor médio estatisticamente semelhante ao determinado com chuva simulada no local. O fator relevo (LS) foi determinado utilizando-se de dados de comprimento de rampa e grau de declive, determinado com a equação proposta por WISCHMEIER & SMITH (1978). A erosividade das chuvas (R) local foi estimada como sendo de $7.298 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, conforme método proposto por LOMBARDI NETO et al. (2000). O potencial natural de erosão (PNE) foi obtido com o produto R, K e LS (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Posteriormente, integraram-se os resultados relativos aos dados de PNE com os de C e P atuais (valores obtidos para uso e a cobertura vegetal do solo, respectivamente), o que possibilitou estimar as perdas médias anuais de solo por erosão (A) para a cultura da cana-de-açúcar. O PNE foi classificado como: muito baixo (<250), baixo (250-500), moderado (500-750), alto (750-1.000) e muito alto (>1.000). Posteriormente, foram integrados os planos de informação relativos aos dados de CP atual (valores obtidos para o uso e a cobertura vegetal do solo) e CP tolerável, obtendo-se informações relativas à expectativa de erosão (EE). O risco de erosão (RE) foi determinado e classificado conforme descrito por LAGROTTI (2000). A classificação utilizada foi a seguinte: muito baixa (<1), baixa (1-2), moderada (2-5), alta (5-10) e muito alta (>10). A classificação para perda de solo foi: muito baixa (<10), baixa (10-20), moderada (20-50), alta (50-100) e muito alta (>100). O valor de tolerância de perdas de solo por erosão adotado foi de $12 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

A variabilidade do solo foi, primeiramente, avaliada pela análise exploratória dos dados, calculando-se a média, mediana, desvio-padrão, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (SAS, 1995). A observação de valores extremos (máximos e mínimos) e distribuição de frequência revelou a existência de valores atípicos para as variáveis em estudo. Após a verificação da inexistência de erros dos dados de laboratório, optou-se pela reedição dos dados extremos, por meio da média de seus vizinhos.

A análise da variabilidade, usando geoestatística, foi realizada conforme VIEIRA et al. (1983) e ROBERTSON (1998), seguindo três passos: (1) análise espacial para obter o semivariograma; (2) escolha de modelo para ajustar o semivariograma, e (3) obtenção de valores das variáveis em estudo em local não amostrado, para interpolação através da krigagem.

O uso do semivariograma em geoestatística é recomendado pela maior possibilidade de satisfazer as hipóteses de estacionaridade exigidas. O semivariograma foi estimado utilizando-se do estimador clássico:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que, $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separados por um vetor h . O gráfico de $\hat{\gamma}(h)$, em função dos valores correspondentes de h , é denominado semivariograma.

Foram ajustados aos dados os seguintes modelos: (a) esférico (Esf), $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 [1,5 (h/a) - 0,5 (h/a)^3]$ para $0 < h < a$ e $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1$ para $h > a$; (b) exponencial (Exp), $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-3 h/a)]$ para $0 < h < d$, em que: d é a distância máxima na qual o semivariograma é definido; (c) gaussiano (Gau), $\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-3h^2/a^2)]$.

O ajuste dos dados, a partir do semivariograma, possibilitou definir os seguintes parâmetros: efeito pepita (C_0) - valor da semivariância quando $h = 0$; alcance da dependência espacial (a) - valor de h quando a semivariância se estabiliza próximo a um valor constante, e patamar ($C_1 + C_0$) - valor da semivariância quando se obtém um valor constante.

A razão entre o efeito pepita e o patamar permite a classificação da continuidade espacial dos atributos do solo (TRANGMAR et al., 1985). Essa razão foi utilizada para definir as classes distintas

de dependência espacial dos atributos do solo, utilizando-se da classificação de CAMBARDELLA et al. (1994).

Para determinar a existência ou não da dependência espacial, ajustaram-se semivariogramas, utilizando-se do programa GS⁺ (ROBERTSON, 1998). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, consideraram-se o melhor R² (coeficiente de determinação) e o menor SQR (soma de quadrados do resíduo). Para a elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis, foi utilizado o programa SURFER (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva para as variáveis erodibilidade (K), relevo (LS), perda de solo (A), potencial natural de erosão (PNE), risco de erosão (RE) e expectativa de erosão (EE) são apresentados na Tabela 1. Os resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov indicaram normalidade apenas para a variável K. SOUZA et al. (2003), estudando a influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um latossolo, verificaram normalidade para a variável K.

Mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, segundo ISAACS & SRIVASTAVA (1989) e GONÇALVES et al. (2001), o qual não foi observado nos dados das variáveis estudadas, ou seja, ocorre estacionaridade de segunda ordem, a qual pode ser observada nos patamares bem definidos dos semivariogramas ajustados (Figura 1). Para dados obtidos na natureza, o ajuste de uma distribuição teórica é apenas aproximado. A normalidade dos dados não é exigência da geoestatística, é conveniente apenas que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as análises (CRESSIE, 1991).

A variável K apresentou CV de 14% (Tabela 1), valor que é considerado médio segundo os critérios adotados por WARRICK & NIELSEN (1980), concordando com o resultado obtido por SOUZA (2001); já para as variáveis RE e EE, o CV foi alto (32,15 e 36,21%, respectivamente). As variáveis A, LS e PNE apresentaram valores muito altos de CV (86,10; 82,41 e 80,12%, respectivamente), estando de acordo com os resultados obtidos por MELLO (2002) e SOUZA (2001), que obtiveram valores de CV acima de 70% para essas variáveis.

TABELA 1. Estatística descritiva para as variáveis erodibilidade (K, t h MJ⁻¹ mm⁻¹), relevo (LS), perda de solo (A, t ha⁻¹ ano⁻¹), potencial natural de erosão (PNE, t h ano⁻¹), risco de erosão (RE) e expectativa de erosão (EE).

Estatística	Fatores de Erosão					
	K	LS	A	PNE	RE	EE
Número	206	206	206	206	206	206
Média	0,011	1,13	4,24	128	2,96	-1,71
Mediana	0,012	0,59	2,25	95	3,12	-1,81
DP ¹	0,002	1,62	7,71	174,03	0,94	0,57
Variância	2,61 x 10 ⁻⁶	2,64	59,48	30.289,11	0,90	0,32
CV ²	14	82,41	86,10	80,12	32,15	36,21
Assimetria	0,14	2,69	6,10	1,35	-1,25	1,87
Curtose	-0,16	3,11	3,11	6,72	3,65	3,66
d ³	0,06*	0,31	0,36	0,32	0,21	0,25

¹ desvio-padrão; ² coeficiente de variação; ³ estatística do teste de Kolmogorov-Smirnov, significativo a 5% de probabilidade (*).

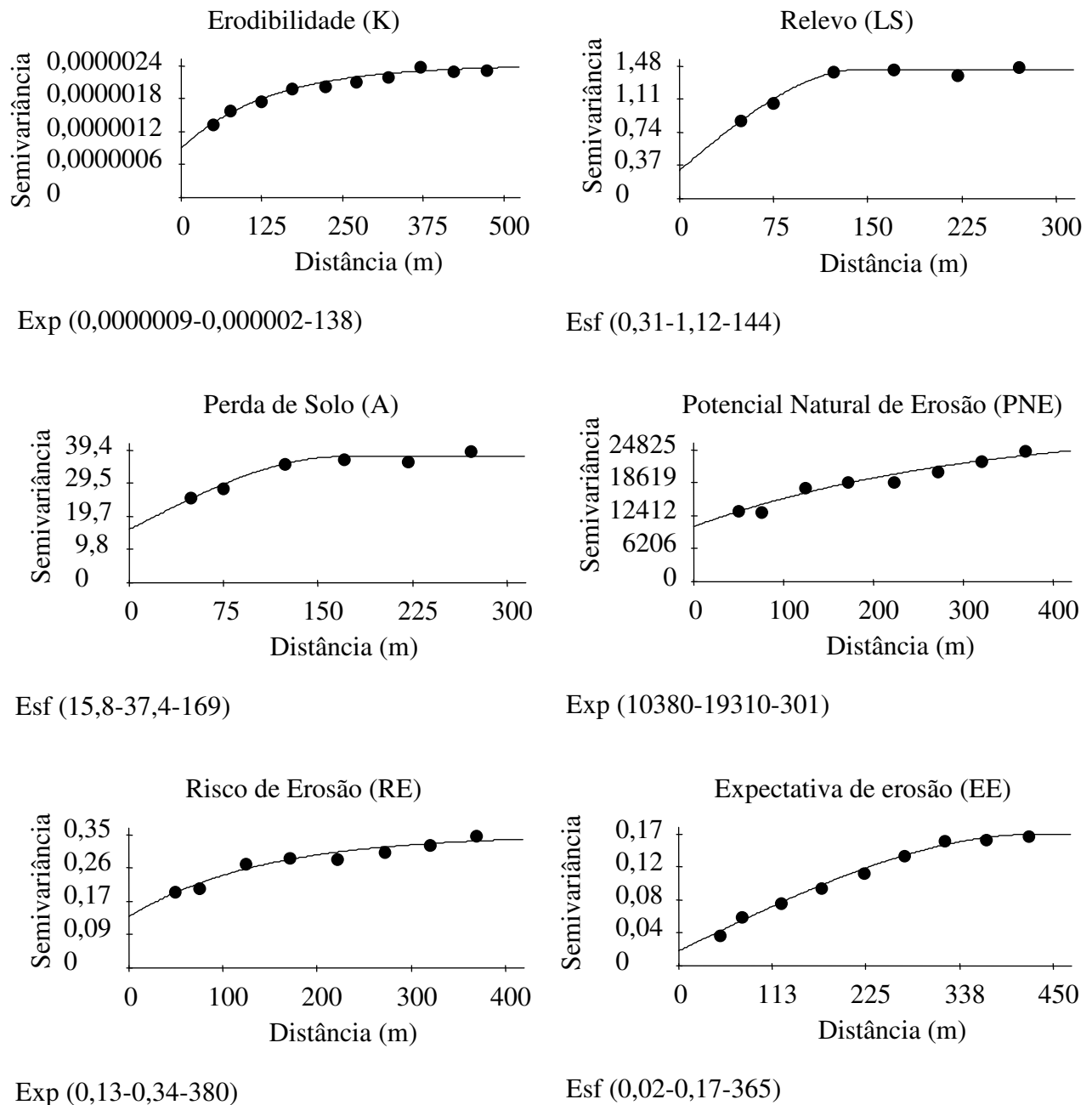


FIGURA 1. Semivariogramas dos fatores de erosão: erodibilidade (K, $t h MJ^{-1} mm^{-1}$), relevo (LS), perda de solo (A, $t ha^{-1} ano^{-1}$), potencial natural de erosão (PNE, $t h ano^{-1}$), risco de erosão (RE) e expectativa de erosão (EE). Esf e Exp ($C_0; C_0+C_1; a$) é o modelo esférico e exponencial ajustado; C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 = patamar; a = alcance.

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 2 e Figura 1) mostraram que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial na profundidade estudada. O modelo exponencial ajustou-se à semivariância estimada das variáveis K, PNE e RE, concordando com o resultado obtido por MELLO (2002), que encontrou o modelo exponencial para a variável PNE, e o modelo esférico ajustou-se à semivariância estimada das variáveis LS, A e EE. SOUZA (2001) também obteve o modelo esférico para a variável A. Todas as variáveis analisadas apresentaram coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,90, ou seja, no mínimo 90% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. Os modelos exponencial e esférico

ajustaram-se à semivariância das variáveis em estudo, estando de acordo com resultados de pesquisas que indicam esses modelos como os de maior ocorrência para os atributos do solo (SALVIANO et al., 1998).

TABELA 2. Modelos e seus parâmetros estimados nos semivariogramas experimentais para as variáveis erodibilidade (K, t h MJ⁻¹ mm⁻¹), relevo (LS), perda de solo (A, t ha⁻¹ ano⁻¹), potencial natural de erosão (PNE, t h ano⁻¹), risco de erosão (RE) e expectativa de erosão (EE).

Parâmetro	Fatores de Erosão					
	K	LS	A	PNE	RE	EE
Modelo	Exponencial	Esférico	Esférico	Exponencial	Exponencial	Esférico
¹ C ₀	0,0000009	0,31	15,78	10.380	0,13	0,02
² C ₀ +C ₁	0,000002	1,43	37,45	29.690	0,34	0,17
³ a	138	144	169	301	380	365
⁴ C ₀ (C ₀ +C ₁) %	45	22	42	35	38	12
⁵ R ² %	97	98	95	94	94	99
⁶ SQR	2,87 x 10 ⁻¹⁴	5,79 x 10 ⁻³	7,81	6,51 x 10 ⁶	1,12 x 10 ⁻³	1,22 x 10 ⁻⁴

¹ efeito pepita; ² patamar; ³ alcance; ⁴ grau de dependência espacial; ⁵ coeficiente de determinação; ⁶ soma dos quadrados dos resíduos.

A relação entre o efeito pepita (C₀), que é a variabilidade não explicada, e o patamar do semivariograma (C₀+C₁) pode indicar o grau da dependência espacial das variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). Observa-se, na Tabela 2, que as variáveis K, A, PNE e RE apresentaram dependência espacial moderada, e as variáveis LS e EE apresentaram forte dependência espacial. O alcance representa a distância em que os pontos amostrais estão dependentes espacialmente entre si (JOURNAL & HUIJBREGTS, 1991), ou seja, os pontos localizados numa área de raio menor ou igual ao alcance são mais similares. Nota-se que existiram dois grupos de alcance, ou seja, as variáveis K, LS e A apresentaram valores próximos do alcance (138; 144 e 169 m, respectivamente), e as variáveis PNE, RE e EE também apresentaram valores próximos entre si (301; 380 e 365 m, respectivamente).

Avaliando-se a porcentagem de ocorrência dos valores de PNE, A e RE para o solo em estudo (Tabela 3), nota-se que o PNE ocorre em 82% dos pontos amostrados na classe muito baixa e baixa, sendo alto e muito alto em apenas 7% dos pontos amostrados, os quais têm maior efeito do fator relevo (LS). Para a variável A, verifica-se que, em 92% dos pontos amostrados, as perdas de solo estão nas classes muito baixa e baixa, e apenas 8% dos pontos amostrados apresentam alta perda de solo. A variável RE apresenta-se com valor baixo e muito baixo em 88% dos pontos amostrados e apenas 4% apresentam RE alto, não sendo verificada a ocorrência de pontos na classe muito alta, tanto para A como para RE (Tabela 3).

TABELA 3. Porcentagem de ocorrência dos valores do potencial natural de erosão (PNE), da perda de solo (A) e do risco de erosão (RE), no Latossolo Vermelho eutroférico (LVef).

PNE	Ocorrência no LVef	A	Ocorrência no LVef	RE	Ocorrência no LVef
	Porcentagem		Porcentagem		Porcentagem
<250	75	<10	86	<1	78
250-500	7	10-20	6	1-2	10
500-750	11	20-50	7	2-5	8
750-1.000	7	50-100	1	5-10	4
>1.000	0	>100	0	>10	0

Os parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados foram utilizados para estimar valores em locais não amostrados por meio da krigagem (Figura 2). Por meio dos mapas de krigagem, observa-se que a variável K (Figura 2A) apresentou valores variando de 0,009 a 0,013 t h MJ⁻¹ mm⁻¹; a

variável LS (Figura 2B) variou de 0,0 a 6,4 (baixa declividade); a variável A (Figura 2C) de 0,0 a 24 t ha⁻¹ ano⁻¹, e a maior ocorrência foi de muito baixa a baixa perda de solo. A variável PNE (Figura 2D) variou de 0,0 a 520 t h ano⁻¹, mostrando maior ocorrência de valores muito baixo e baixo. Já para a variável RE (Figura 2E), os valores estiveram entre 0 e 4, porém com valores concentrando na classe muito baixo e baixo, e a variável EE (Figura 2F) variou de 0,0 a 2,4 o que caracteriza baixa expectativa de erosão para a área em estudo. De maneira geral, observa-se que as variáveis estudadas apresentaram certa tendência na área em estudo. Na região onde o relevo se encontra mais acentuado (Figura 2B), estimaram-se as maiores perdas de solo, risco de erosão e expectativa de erosão (Figuras 2C, 2E e 2F), sendo resultados semelhantes também obtidos por MELLO (2002) e SOUZA (2001).

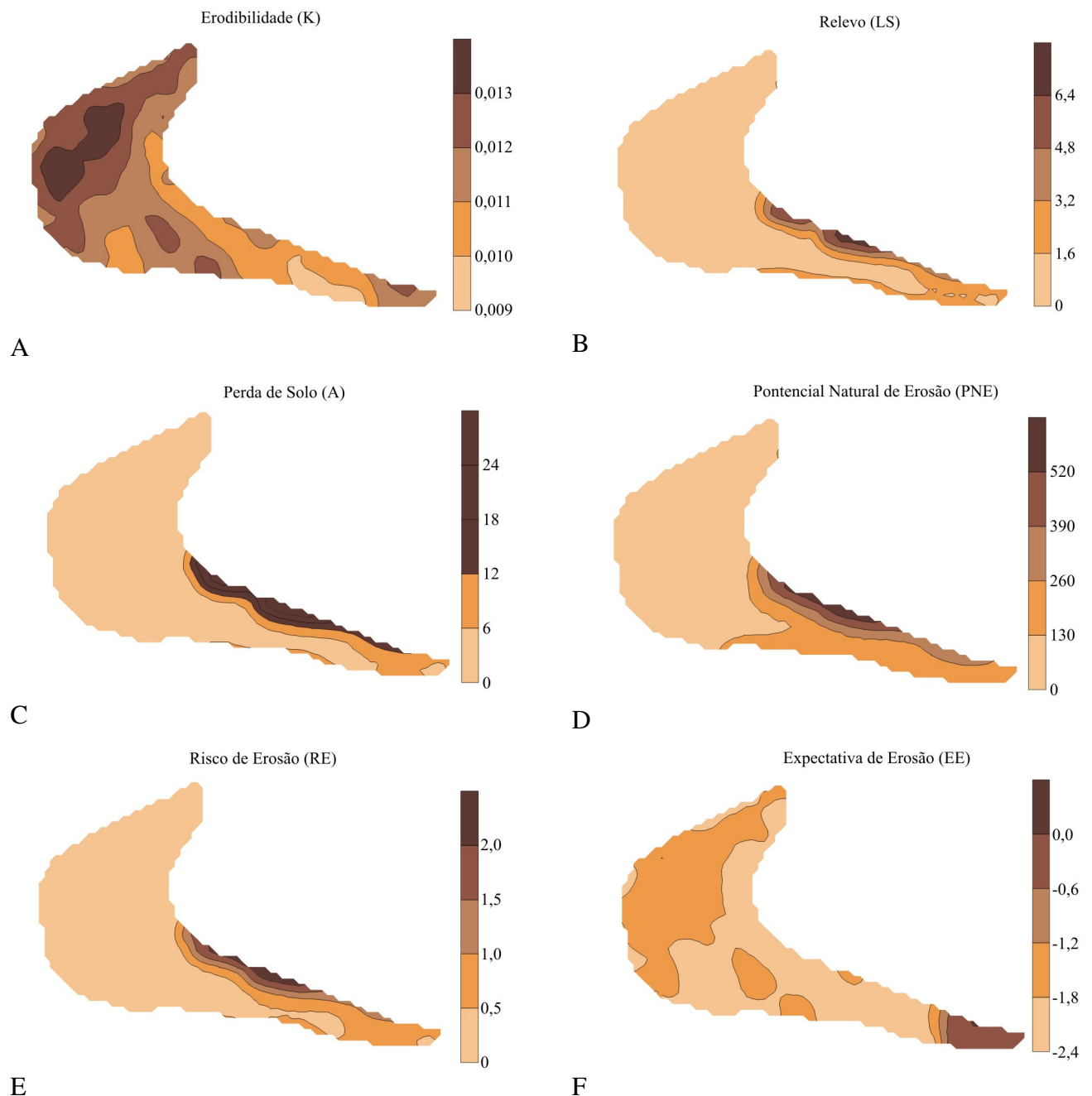


FIGURA 2. Distribuição espacial das variáveis erodibilidade (K, t h MJ⁻¹ mm⁻¹), relevo (LS), perda de solo (A, t ha⁻¹ ano⁻¹), potencial natural de erosão (PNE, t h ano⁻¹), risco de erosão (RE) e expectativa de erosão (EE).

A porcentagem de ocorrência dos valores observados para as variáveis A, PNE e RE (Tabela 2) e os mapas de krigagem das mesmas variáveis (Figura 2C, 2D e 2E) demonstram que os seus padrões de distribuição espacial na área são semelhantes, principalmente das classes com valores muito baixo e baixo para essas variáveis, e que não apresentam valores considerados muito altos, concordando com os resultados obtidos por MELLO (2002).

CONCLUSÕES

Na variabilidade do solo medida pelo coeficiente de variação, registrou-se média para erodibilidade (K), alta para o risco de erosão (RE) e expectativa de erosão (EE) e muito alta para perda de solo (A), relevo (LS) e potencial natural de erosão (PNE).

As variáveis erodibilidade (K), perda de solo (A), potencial natural de erosão (PNE) e risco de erosão (RE) apresentaram grau de dependência espacial moderado e as variáveis relevo (LS) e expectativa de erosão (EE), grau de dependência espacial forte, o que permitiu o seu mapeamento, utilizando-se de técnicas geoestatísticas.

A porcentagem de ocorrência para os valores das variáveis perda de solo (A), potencial natural de erosão (PNE) e risco de erosão (RE) e os mapas de krigagem das mesmas variáveis apresentaram padrões de distribuição espacial semelhantes para valores muito baixo e baixo dessas variáveis.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; AMARAL, A.J. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico alumínico léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.2, p.465-71, 2002.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.58, n.5, p.1501-11, 1994.
- CRESSIE, N. *Statistics for spatial data*. New York: John Wiley, 1991. 900 p.
- DENARDIM, J.E. *Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*. 1990. 122 f. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- FREITAS, G.R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.19-41.
- GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.; MATA, J.D.V. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.23, n.5, p.1.149-57, 2001.
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press, 1989. 561 p.
- JOURNEL, A.G.; HUIJBREGTS, C.J. *Mining geostatistics*. London: Academic Press, 1991. 600 p.
- LAGROTTI, C.A.A. *Planejamento agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP: estudo de caso da microbacia hidrográfica do córrego Jardim*. 2000. 115 f. Tese (Doutorado em

Planejamento e Desenvolvimento Rural) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

LOMBARDI NETO, F.; PRUSKI, F.F.; TEIXEIRA, A. de F. *Sistema para o cálculo da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 1 CD ROM.

MELLO, G. *Variabilidade espacial de atributos do solo em áreas intensamente cultivadas nas regiões de Jaboticabal e Monte Alto – SP*. 2002. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, J.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

ROBERTSON, G.P. *GS⁺: Geostatistics for the environmental sciences - GS⁺ User's Guide*. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152 p.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* (L) em área severamente erodida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, n.1, p.115-22, 1998.

SAS. Statistical Analysis System for Windows. *Computer program manual*. Cary, 1995.

SOUZA, C.K. *Relação solo-paisagem-erosão e variabilidade espacial de latossolos em área sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Jaboticabal (SP)*. 2001. 186 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

SOUZA, Z.M.; BARBIERI, D.M.; VERTUAN, H.V.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; BENTO, M.J.C. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar na região de Jaboticabal (SP). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002. 1 CD ROM.

SOUZA, C.K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V.; PEREIRA, G.T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.6, p.1067-74, 2003.

SURFER. *Surfer 7.0*. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. User's Guide. New York: Golden Software, 1999. 619 p.

SCHAEFER, C.E.R.; SOUZA, C.M.; VALLEJOS, M.; VIANA, J.H.M., GALVÃO, J.C.C.; RIBEIRO, L.M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.3, p.765-69, 2001.

SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D.D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI, F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE, M.B. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.5, p.669-78, 2002.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.2, p.395-401, 2001.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; WADE, M.K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.38, n.1, p.45-94, 1985.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, Oakland, v.51, n.1, p.1-75, 1983.

WANG, G.; FANG, S.; SHINKAVERA, S.; GERTNER, G.; ANDERSON, A. Spatial uncertainty in prediction of the topographical factor for the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.45, n.1, p.109-18, 2002.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. p.319-44.

WEILL, M.A.M. *Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba-SP), através do índice de tempo de vida*. 1999. 100 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: Department of Agriculture, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).