

Análise espacial da erosão hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de café conilon¹

Spatial analysis of water erosion in the red-yellow latosol under conilon coffee cultivation

Samuel de Assis Silva², Julião Soares de Souza Lima³, Rone Batista de Oliveira⁴, Gustavo Soares de Souza² e Michel de Assis e Silva⁵

Resumo - Com o objetivo de estudar o comportamento espacial da erosão hídrica em um Latossolo Vermelho Amarelo, desenvolveu-se esse estudo na Fazenda Experimental de Bananal do Norte do INCAPER no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES, em uma área cultivada com café conilon. O solo foi amostrado na profundidade de 0,0 – 0,20 m em uma grade irregular com 109 pontos amostrais. As variáveis analisadas foram as frações granulométricas do solo, erodibilidade do solo (K), o potencial natural de erosão (PNE), a perda de solo (A) e o risco de erosão (RE). As variáveis analisadas apresentaram dependência espacial na profundidade estudada, com índice de dependência espacial moderado e semelhante padrão de distribuição espacial. A perda de solo na área está relacionada com a distribuição espacial das frações granulométricas.

Palavras-chave: Variabilidade espacial. Geoestatística. Conservação do solo. *Coffea canephora* Pierre x Froenher.

Abstract- This work aimed to study the spatial behavior of the water erosion in a red-yellow latosol. Then a study was developed in an area with conilon coffee cultivation in an Experimental Farm of Bananal do Norte of INCAPER in Cachoeiro de Itapemirim - ES. Soil samples were obtained from 0,0 to 0,20 m depth in an irregular grid with 109 samples. The analyzed variables were granulometric fractions, erodibility (K), natural erosion potential (PNE), soil loss (A) and erosion risk (RE). All the variables showed space dependency with moderate index of space dependency and similar standard of space distribution. The soil loss is related with the space distribution of the granulometric fractions.

Key words: Spatial variability. Geostatistics. Soil conservation. *Coffea canephora* Pierre x Froenher.

¹ Recebido para publicação em 11/06/2007; aprovado em 06/08/2007
Trabalho de pesquisa. Parceria do CCA/UFES com o INCAPER-ES

² Eng. Agrônomo, aluno de Mestrado em Produção Vegetal, CCA-UFES, bairro Alto Universitário, Caixa Postal 16, CEP 29.500-000, Alegre – ES. samuel-assis@hotmail.com

³ Eng. Agrícola, D.Sc. Prof. do Dep. de Eng. Rural, CCA/UFES. limajss@yahoo.com.br

⁴ Eng. Agrônomo, aluno de Doutorado em Agronomia, UNESP, Botucatu – SP. roneantiversus@yahoo.com.br

⁵ Eng. Agrônomo, Centro de Ciências Agrárias – UFES, Alegre – ES. michelsilv@gmail.com

Introdução

As práticas agrícolas realizadas sem um planejamento adequado, em algumas regiões do Brasil, têm provocado grandes distúrbios ao meio ambiente. Um dos principais problemas ocorre no meio físico, como perdas de solo por erosão hídrica em função do revolvimento excessivo do solo, por esse se encontrar sem cobertura, facilitando o arraste das partículas, principalmente em áreas declivosas, contribuindo para o aparecimento de ravinas, voçorocas e com a turbidez dos cursos d'água.

A erosão acentuada do solo consiste em um dos principais problemas ambientais causados pela atividade agrícola. Em regiões tropicais a erosão hídrica tem grande importância, contribuindo para a degradação dos solos ocasionando a perda de sua camada mais fértil (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). A estimativa de perda de solo por erosão para uma determinada área é o princípio para planejar ações corretivas, contudo, existem dificuldades para se avaliar de forma exata e precisa a extensão, magnitude e taxas de erosão acelerada, assim como seus impactos ambientais e econômicos (WEILL, 1999).

A erosão é função de vários fatores, todos interligados, conforme modelo de predição proposto por Wischmeier e Smith (1978), conhecido como Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Os principais são: a erosividade (R) ou o potencial erosivo das precipitações (energia cinética de impacto das gotas e do escoamento superficial); a erodibilidade do solo (K) ou susceptibilidade do solo ao salpico e ao escoamento; a topografia, representada pelo comprimento e declividade do solo (SL); a taxa de cobertura do solo pela vegetação (C) e práticas conservacionistas (P) (TOMMASELLI et al., 1999).

Segundo Lombardi Neto et al. (1976), o cafeeiro deixa a superfície do solo suscetível às perdas de solo e água sendo os primeiros sessenta meses o período crítico da cultura. Prochnow et al. (2005), constataram que a cultura do cafeeiro mostrou-se eficiente no controle das perdas de terra, diminuindo-as em 78% nos primeiros cinco anos e em 99% do quinto ano em diante, independentemente dos espaçamentos estudados.

Considerando que a erosão influencia na variabilidade espacial dos atributos do solo, pode-se assumir que ela, em determinada posição da paisagem, passa a ser um indicador ambiental de zonas específicas de manejo (SOUZA et al., 2002).

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). Dada essa notória variabilidade espacial a geoestatística é importante ferramenta para o estudo dos processos erosivos (WANG et al., 2002).

Diante de todo o exposto o presente estudo objetivou estudar a variabilidade espacial da erosão hídrica em um latossolo vermelho amarelo distrófico sob cultivo de café conilon.

Material e Métodos

A área de estudo localiza-se no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES, no distrito de Pacotuba, na Fazenda Experimental Bananal do Norte pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), entre latitudes de 20° 45' 17.31" S e longitudes de 41° 17' 8.86" W. O clima da região é do tipo Cwa, com verão chuvoso e inverno seco de acordo com a classificação de Köpen. A região apresenta alta sazonalidade climática, sendo que as estações de baixas e altas pluviosidades estão bem definidas.

O experimento foi conduzido em uma área cultivada a cinco anos com café conilon (*Coffea canephora* Pierre x Froenher), variedade Robusta Tropical, com espaçamento de 2,90 x 0,90 m, situada no terço superior e médio de uma elevação com topo arredondado e vertente com perfil convexo com declividade média de 33,52 graus, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura argilosa (EMBRAPA, 1999). A amostragem de solo foi realizada na profundidade de 0,0 – 0,20 m em uma malha irregular de aproximadamente 10000 m², com 109 pontos amostrais, definidos como células (Figura 1). As coordenadas de cada ponto amostral foram definidas com auxílio de um GPS topográfico.

As frações granulométricas do solo (argila, silte e areia total) foram determinadas em laboratório, de acordo com metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997).

A perda de solo na área foi estimada pela Equação Universal (EUPD) desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978):

$$A = R \cdot K \cdot SL \cdot C \cdot P$$

em que: A é a perda de solo (t ha⁻¹ ano⁻¹); R a erosividade da chuva (MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹); K a erodibilidade do solo (t ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹); SL o fator topográfico que combina o

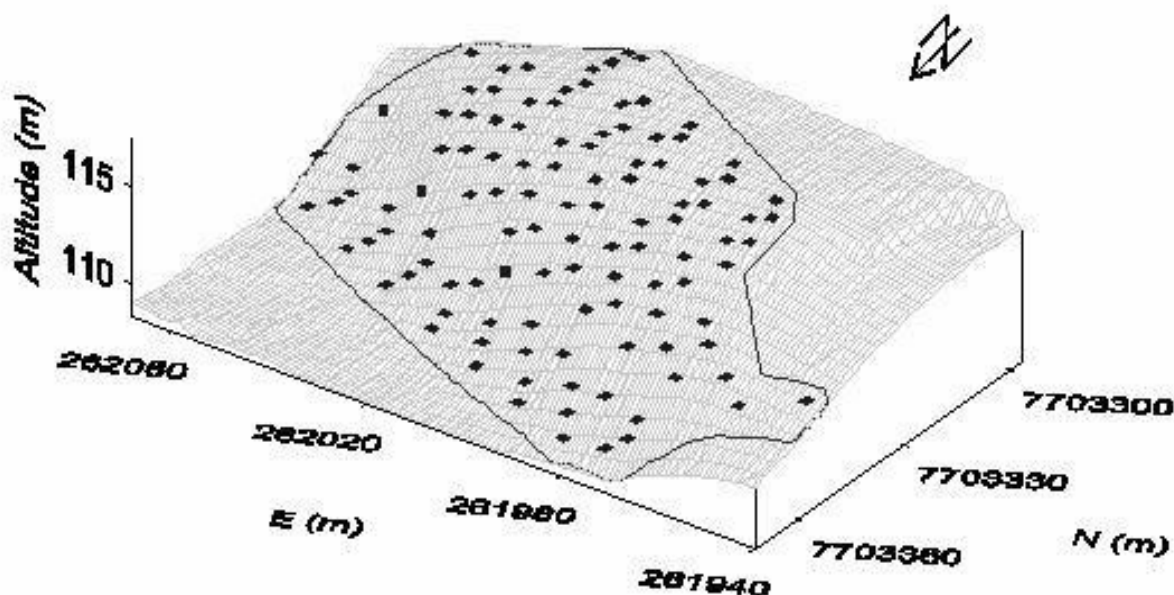


Figura 1 - Modelo digital de elevação (MDE) da área de estudo com a distribuição dos pontos amostrais

efeito do grau de declividade (S) e do comprimento (L) da encosta; C o fator de cobertura vegetal do solo e P o fator práticas conservacionistas.

Considerando a inexistência de dados pluviográficos para a área em estudo que permitissem estimativas do fator erosividade das chuvas (R) por procedimentos mais complexos, optou-se por utilizar o método proposto por Bertoni e Lombardi Neto (1999), utilizando dados de precipitação da estação pluviométrica do INCAPER, o que não compromete a generalidade das informações obtidas, conforme Aquino et al. (2006).

A erodibilidade (K) foi estimada através do modelo indireto utilizado por Bertoni e Lombardi Neto (1990) e Mannigel (2002). A determinação dos valores dos fatores topográficos (SL), por sua vez, foi com base na equação proposta por Wischmeier e Smith (1978), enquanto que os valores de cobertura vegetal (C) e práticas conservacionistas foram baseados nos resultados obtidos por Prochnow et al. (2005) em estudos com café.

O potencial natural de erosão (PNE) foi obtido com o produto R, K e LS (WISCHMEIER; SMITH, 1978) e classificado como muito baixo (< 250 t ha⁻¹ ano⁻¹), baixo (250-500 t ha⁻¹ ano⁻¹), moderado (500-750 t ha⁻¹ ano⁻¹), alto (750-1.000 t ha⁻¹ ano⁻¹) e muito alto (>1.000 t ha⁻¹ ano⁻¹), segundo classificação proposta por Souza et al. (2005).

O risco de erosão (RE) é a razão entre a perda de solo calculada pela perda tolerável para cada tipo de solo.

O limite de perda de solo tolerável foi de 12,0 t ha⁻¹ ano⁻¹, de acordo com limites estabelecidos para Latossolos por Bertol e Almeida (2000). Foram definidas as classes para o Risco de Erosão: muito baixa (< 1); baixa (1 - 2); moderada (2 - 5); alta (5 - 10) e muito alta (> 10), conforme Lagrotti (2000).

Primeiramente, foi realizada uma estatística descritiva e exploratória para a textura do solo, risco de erosão e demais fatores envolvidos na EUPS. Para a verificação dos dados candidatos a valores discrepantes “outliers” foram analisados os quartis superiores e inferiores e testada a normalidade dos dados pelo teste Shapiro-Wilk’s a 5% de probabilidade (W), pelo software Statistica. Em seguida, realizou-se a análise geoestatística, dentro da qual se buscou avaliar o atendimento da hipótese de estacionalidade assumida (VIEIRA et al. 1983; GONÇALVES et al., 2001) por meio de ajuste do semivariograma estimado pela seguinte equação:

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

em que: N(h) é o número de pares de valores medidos Z(x_i), Z(x_i + h), separados por um vetor h. Os modelos teóricos para ajuste foram: esférico, exponencial, gaussiano, linear sem patamar e efeito pepita puro. A escolha do modelo se-

guiu os critérios adotados pelo software GS+ (ROBERTSON, 1998), que utiliza a menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2). O ajuste dos dados a partir do semivariograma possibilitou definir os seguintes parâmetros: efeito pepita (C0), patamar (C0+C), alcance (a) e o índice de dependência espacial (IDE). O IDE é calculado pela relação $[C/(C0+C)]$, conforme critérios estabelecidos por Zimback (2001), e assume os seguintes intervalos: fraco para valores de IDE < 25%; moderado entre $25\% \leq IDE < 75\%$ e forte para IDE $\geq 75\%$.

Para as variáveis e fatores da EUPS que apresentaram dependência espacial foram estimados valores para locais não amostrados pelo método da krigagem ordinária e construídos mapas temáticos pelo software SUFER.

Resultados e Discussão

Através da análise exploratória foi possível identificar a presença de valores discrepantes “outliers” nos dados da erodibilidade (K), potencial natural de erosão (PNE), perda de solo (A) e risco de erosão (RE), bem como sua influência sobre as medidas de posição e dispersão. Nesse caso, optou-se pela retirada dos valores discrepantes.

Os resultados obtidos pela análise estatística descritiva (Tabela 1) demonstram que para todas as variáveis estudadas os valores das medidas de tendência central (média e mediana) foram bem próximas, indicando distribuições simétricas, o que é confirmado pelo valor de assimetria próximo de zero. Entretanto, pelo teste Shapiro-Wilks as variáveis estudadas não apresentam normalidade. De acordo com Cressie (1991) a normalidade dos dados não é exigência da geoestatística, e sim conveniente ape-

nas que a distribuição não apresente extremidades muito alongadas, o que poderia comprometer as análises.

O coeficiente de variação (CV), segundo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), de baixa para CV < 12%; média de $12\% < CV < 60\%$ e alta para CV > 60%, apresentou-se acima de 12%, sendo, portanto, considerado de média variação para todas as variáveis. Os valores de CV das frações granulométricas (argila, silte e areia) estão de acordo com os observados por Gonçalves et al. (2001), enquanto que os valores de CV para as variáveis PNE e A contradizem os observados por Souza et al. (2005), trabalhando em um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar, onde o CV foi considerado muito alto (maior que 80%). Entretanto, esses mesmos autores encontraram valores médios de CV para RE e K, o que está de acordo com os observados nesse estudo.

Os valores médios mensais de R e precipitação pluviométrica são apresentados na Figura 2, onde se constata que os maiores valores ocorreram nos meses de março e dezembro.

Observa-se a sazonalidade da R, uma vez que os menores valores ocorrem no inverno e os maiores valores ocorrem no verão (novembro a março) onde são esperadas maiores perdas de solo por erosão na área em estudo, pois as perdas de solo são diretamente proporcionais ao produto da energia cinética total da chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Os resultados da análise geoestatística (Figuras 3) indicam que os atributos argila e areia total apresentam dependência espacial na profundidade de 0-0,20 m, ajustando-se o modelo esférico para alcance de 55 e 62,9 m, respectivamente. O silte ajustou-se ao modelo efeito pepita puro, indicando ausência de dependência espacial e que a média dos dados é representativa.

Tabela 1 - Estatística descritiva e distribuição de frequência da erodibilidade, potencial natural de erosão, perda de solo e risco de erosão em área cultivada com café conilon

Variáveis	Média	Mediana	CV (%)	s	Mínimo	Máximo	C _s	C _k	w
Argila	410,64	409,90	21,57	88,59	101,00	602,80	-0,60	1,38	*
Silte	188,97	191,17	36,95	69,83	14,18	508,55	0,88	3,35	*
Areia	395,16	397,42	17,17	67,84	101,00	567,83	-0,63	2,41	*
K	0,14	0,14	28,57	0,04	0,07	0,27	0,49	-0,20	*
PNE	21,97	21,50	30,00	6,59	10,03	40,85	0,49	-0,20	*
A	10,98	10,75	29,96	3,29	5,02	20,42	0,49	-0,20	*
RE	0,92	0,90	29,35	0,27	0,42	1,70	0,49	-0,20	*

Argila (g kg⁻¹); Silte (g kg⁻¹); Areia (g kg⁻¹); K – erodibilidade do solo (t ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹); PNE – potencial natural de erosão (t ha⁻¹ ano⁻¹); A – perda de solo (t ha⁻¹ ano⁻¹); RE- risco de erosão (t ha⁻¹ ano⁻¹); CV - coeficiente de variação; s - desvio-padrão; C_s - Coeficiente de assimetria; C_k - coeficiente de curtose; * distribuição não normal pelo teste Shapiro-Wilk's (W) a 5% de probabilidade

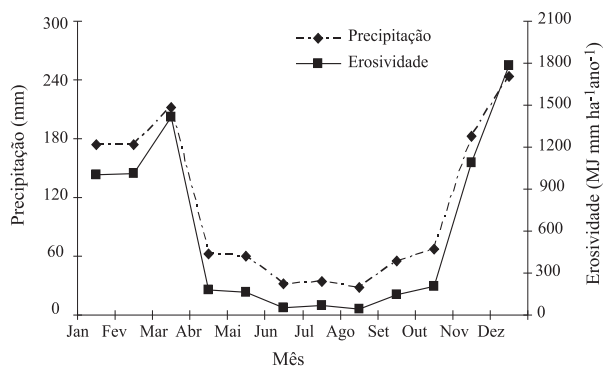


Figura 2- Distribuição dos valores médios mensais da erosividade e da precipitação pluvial em área sob cultivo de café conilon

Para as variáveis da EUPS e o RE, nas Figuras 4, os semivariogramas experimentais foram ajustados, também, pelo modelo esférico, com alcance de 42,6 m; 43,10 m; 44,10 m e 51,9 m; para as variáveis PNE, K, A e RE, respectivamente. Nesses casos, os pontos localizados numa área de raio menor ou igual ao alcance são mais similares e estão dependentes espacialmente entre si. O ajuste do modelo esférico difere do encontrado por Mello et al. (2006) com

o exponencial para PNE, A e RE em Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa.

As frações granulométricas (argila e areia total), as variáveis da EUPS e o RE apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superior a 0,81 no ajuste dos modelos teóricos ao semivariograma experimental. Valores semelhantes de R^2 para tais variáveis foram observados por Souza et al. (2005), em latossolo cultivado com cana-de-açúcar.

O índice de dependência espacial (IDE) para argila, areia total, variáveis da EUPS e o RE apresentam moderada dependência espacial, com valores entre 25% a 75%, conforme classificação proposta por Zimback (2001).

Na análise dos semivariogramas, observa-se que PNE, K e A apresentam o mesmo padrão espacial. Este fato está relacionado com o mesmo modelo de ajuste (esférico) e alcances bem próximos, variando de 42,6 a 44,10 m, o que é corroborado com a interligação entre esses fatores, uma vez que estes são dependentes entre si. De acordo com Mello et al. (2006) os latossolos apresentam menor variabilidade, quando comparados com outros solos, devido aos diferentes fatores de formação, materiais de origem, tempo de exposição desses e relevo, os quais podem influenciar o processo de erosão.

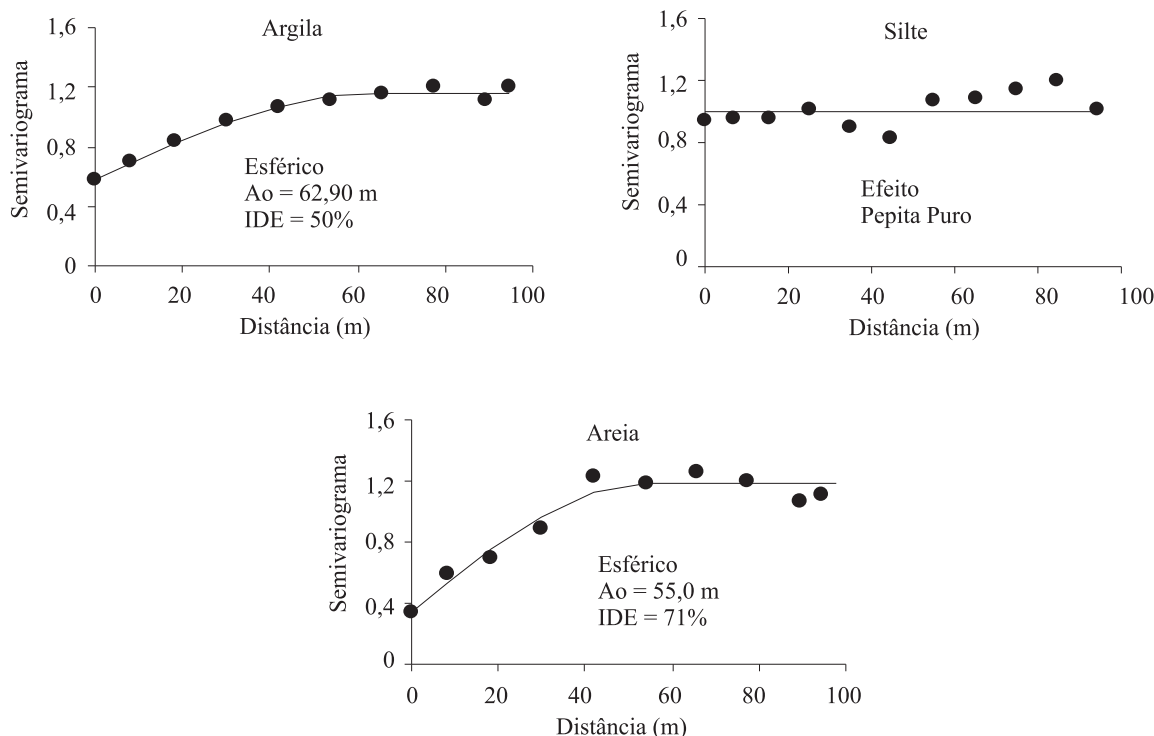


Figura 3- Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados (Ao = alcance e IDE = índice de dependência espacial) das frações granulométricas (argila, silte e areia total)

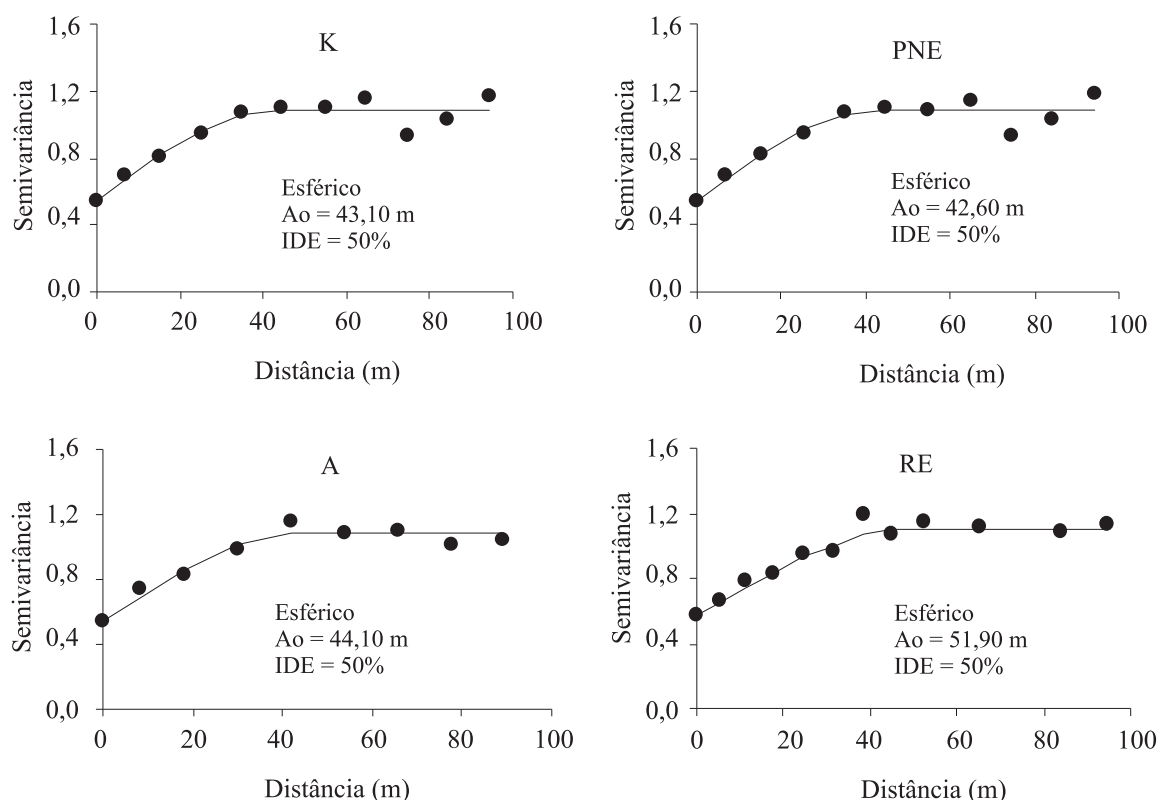


Figura 4 - Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados (Ao = alcance e IDE = índice de dependência espacial) das variáveis erodibilidade (K), perda de solo (A), potencial natural de erosão (PNE) e risco de erosão (RE)

A presença de dependência espacial observada para as variáveis, indica que práticas de manejo e/ou conservacionistas baseadas na média dos valores são falhas, uma vez que, não considera a variabilidade espacial da textura do solo, podendo levar a valores distorcidos de perda de solo na área em estudo. Esse fato sugere que no planejamento conservacionista é preciso levar em consideração a necessidade de controle localizado de erosão, podendo utilizar as técnicas da agricultura de precisão como ferramenta no auxílio desse controle.

Os parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados foram utilizados para estimar valores, por meio da krigagem ordinária, em locais não amostrados (Figura 5).

Através dos mapas temáticos é possível observar que a maior ocorrência da variável K foi no intervalo de 0,10 a 0,21 t ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹. Para a variável A, nota-se maior ocorrência entre 5,5 a 12,5 ton ha⁻¹ ano⁻¹, valores esses que estão dentro do limite de tolerância anual de perda de solo, de 12 ton ha⁻¹ ano⁻¹ para latossolos, sugerido por Bertol e Almeida (2000). Já para a variável RE, os riscos variam de muito baixo (< 1) a baixo (1 - 2). Todos os valores da variável PNE encontram-se na classe muito baixo (< 250),

mesmo em pontos localizados nas regiões onde a declividade é maior. Resultados semelhantes foram encontrados por Mello et al. (2006), onde a quase totalidade da área em estudo apresentou valores entre muito baixo e baixo para as variáveis PNE, A e RE.

Ainda na Figura 5, é possível observar que os maiores teores de argila estão concentrados na parte superior da área, sendo o inverso do observado para a perda de solo (A), onde os maiores valores se encontram na parte inferior, onde há maior teor de areia. Esse fato indica que o teor de argila do solo, que está diretamente relacionada às propriedades de coesão, estabilidade dos agregados, e permeabilidade, está contribuindo diretamente para a redução das perdas de solo, uma vez que solos com elevados percentuais de argila são mais coesos e mais estáveis estruturalmente, enquanto que solos ricos em areia e silte favorecem uma maior erodibilidade devido à elevada instabilidade dos agregados. A presença de maiores teores de areia na porção inferior da área, pode estar relacionada à pedofoma convexa do terreno, onde ocorre divergência de águas, na qual há remoção do sistema, dos materiais carregados pela água das chuvas através da erosão laminar.

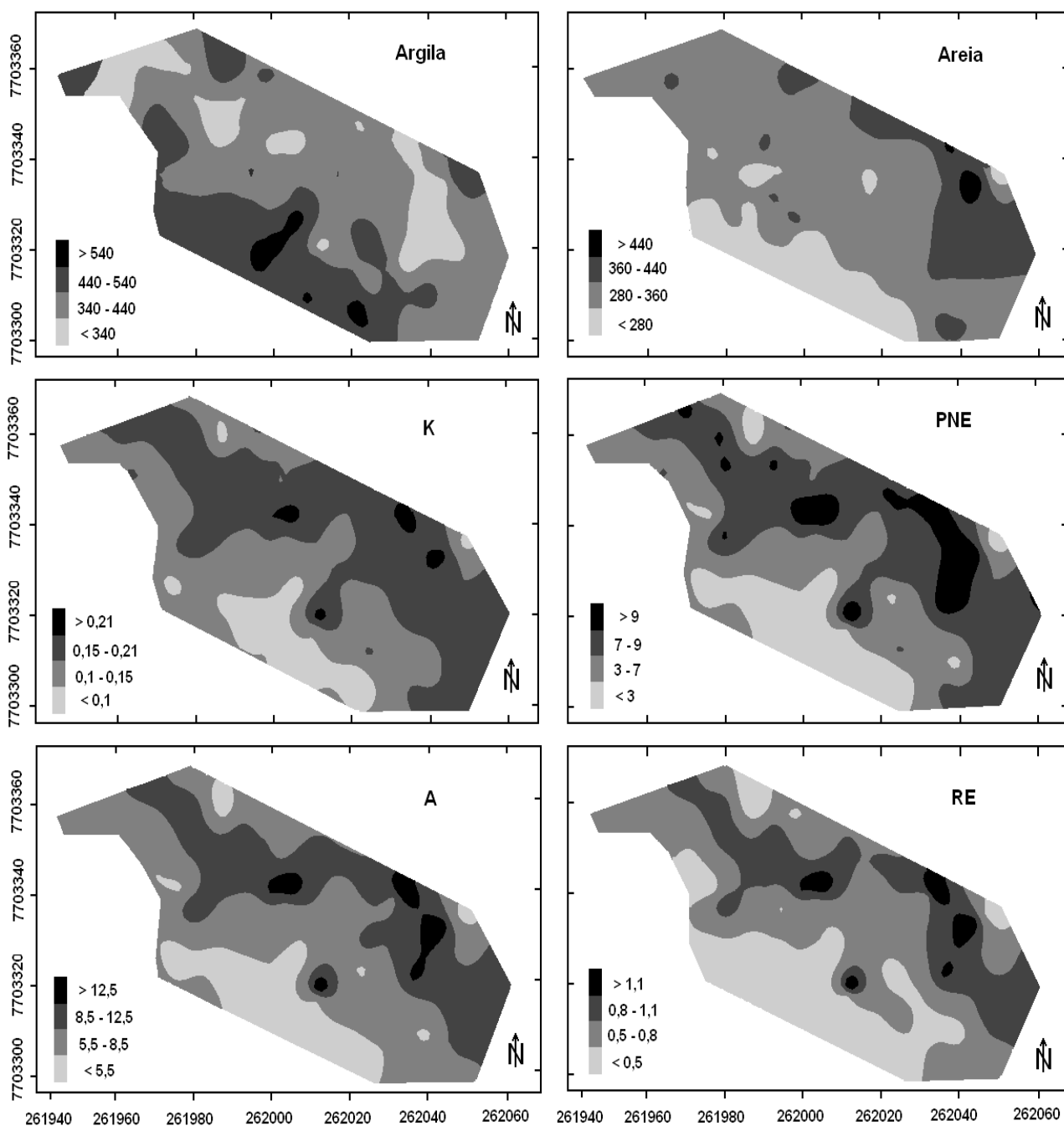


Figura 5 - Distribuição espacial das variáveis, argila (g kg^{-1}), areia (g kg^{-1}), erodibilidade ($\text{t ha}^{-1} \text{MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$), potencial natural de erosão ($\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), perda de solo ($\text{ton ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e risco de erosão em área cultivada com café conilon

A cobertura vegetal do terreno pode ter influenciado na obtenção de baixos valores, tanto para a perda de solo como para o risco de erosão. De acordo com Prochnow et al. (2005), a cultura do cafeeiro é eficiente no controle das perdas de solo, diminuindo-as em 78% nos primeiros cinco anos e em 99% do quinto ano em diante, independentemente dos espaçamentos utiliza-

dos. Parte dessa diminuição deriva da interceptação da água da chuva, a qual é a quantidade de água que é diretamente retida e evaporada pela superfície da vegetação. Ou seja, boa parte da precipitação não atinge a superfície do solo, e o restante tem condições favoráveis para infiltrar, motivo pelo qual reduz as perdas de solo pelo escoamento superficial.

Conclusões

1. Com exceção do silte, todas as variáveis apresentaram dependência espacial.
2. As variáveis K, PNE e A apresentaram o mesmo padrão de distribuição espacial com ajuste do modelo esférico e alcances bem próximos.
3. A perda de solo na área está relacionada com a distribuição espacial das frações granulométricas, uma vez que os menores valores foram determinados na parte superior (> concentração de argila) e os maiores na parte inferior (> concentração de areia total).

Referências

- AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 3, p.287-291, 2006.
- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 657-668, 2000.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico aluminico léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, n. 2, p. 465-71, 2002.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.
- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991. 900 p.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análise exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. Maringá. *Acta Scientiarum*. v. 23, n. 5, 2001.
- LAGROTTI, C. A. A. **Planejamento agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim, SP: Estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego do Jardim**. 2000. 115p. Tese (Doutorado) Campinas: FEAGRI/UNICAMP.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.; BENATTI JÚNIOR, R. Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosão em Latossolo Roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. *Anais...* Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 581-583.
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. de P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. da R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum* Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 315-322, 2006.
- PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; MARIA, I. C. de; CASTRO, O. M. de; VIEIRA, S. R. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 91-98, 2005.
- ROBERTSON, G. P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide. Plainwell, **Gamma Desing Software**, 1998. 152 p.
- 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, Z. M. de; MARTINS FILHO, M. V.; MARQUES JÚNIOR, J., PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de fatores de erosão em latossolo vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 1, p. 105-114, 2005.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, T. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.
- WANG, G.; FANG, S.; SHINKAVERA, S.; GERTNER, G.; ANDERSON, A. Spatial uncertainty in prediction of the topographical factor for the resided 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 de erosão do solo e avaliação do seu impacto na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP) através do índice de tempo de vida**. Piracicaba, 1999. 100p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning**. Washington: Department of Agriculture, 1978. 58p. Agriculture Handbook, 537.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001.