

VARIABILIDADE ESPACIAL EM PARCELAS EXPERIMENTAIS DE PERDA DE ÁGUA E SOLO POR CHUVA NATURAL

SPATIAL VARIABILITY IN EXPERIMENTAL PLOTS OF SOIL AND WATER LOSSES BY NATURAL RAINFALL

Jackson Adriano Albuquerque¹ Dalvan José Reinert² Lúcio Debarba¹
Telmo Jorge Carneiro Amado³

RESUMO

A variabilidade espacial dentro de parcelas experimentais de perdas de água e solo tem sido frequentemente verificada, dificultando a interpretação de resultados de experimentos, contribuindo assim para o mascaramento de efeito de tratamentos. O experimento foi realizado na área do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, com declividade média de 5%. O objetivo foi caracterizar a variabilidade espacial, usando semivariogramas, em parcelas experimentais de perdas de água e solo. Parcelas de 22 por 3,5m, foram utilizadas para a determinação da estatura de plantas, espessura do horizonte A e produção de milho. Essas determinações foram realizadas no centro de cada parcela, em linha, no sentido do declive, totalizando 22 pontos. Ocorreu variabilidade espacial na estatura de plantas e na espessura do horizonte A. A produção de milho apresentou variação aleatória.

Palavras-chave: variabilidade espacial, perda de água e solo, espessura do horizonte A.

SUMMARY

Spatial variability in soil erosion experimental plots has been observed and results interpretation has been complicated. This study was carried out at experimental area of Soil Science Department, UFSM, Santa Maria, RS, in a Red Yellow Podzolic, 5% slope. The objective was to characterize the spatial variability in erosion experimental plots, by use of semivariograms. Thickness of A horizon, corn yield and corn height were measured in longitudinal transection on 22 by 3.5m plots. Each measurement was meter spaced resulting in 22 observation points. There was spatial variability of plant height and A horizon thickness, whereas corn yield was random.

¹Engenheiro Agrônomo, Aluno do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97119-900, Santa Maria, RS.

²Engenheiro Agrônomo, Professor Titular do Departamento de Solos da UFSM. Bolsista do CNPq.

³Engenheiro Agrônomo, Professor Assistente do Departamento de Solos da UFSM.

Key-words: spatial variability, soil and water losses, A horizon thickness.

INTRODUÇÃO

Estudos que envolvem o sistema solo-água-planta, freqüentemente apresentam resultados de difícil interpretação em razão de variações espaciais das propriedades e características do solo. A variabilidade espacial ocorre, de acordo com TRANGMAR et al. (1985), devido às diferentes taxas com que os processos e fatores de formação dos solos atuam, ao longo do tempo, sobre o material originário. Além disto, ocorrem alterações causadas pelo homem (CASSEL, 1983), principalmente pelo preparo do solo (CASSEL et al., 1986).

O conhecimento da variabilidade das características e propriedades do solo é fundamental quando se estuda a fertilidade do solo (YOST et al., 1982; CAMPBELL, 1978), características da água no solo (LIBARDI et al., 1986), espessura do horizonte A (AGBU & OLSON, 1990; MILLER et al., 1988; VIEIRA et al., 1991), relação solo planta (RUSSO, 1984) entre outros.

A geoestatística é utilizada para estudar a variabilidade espacial de propriedades do solo, e está baseada na teoria da variável regionalizada (MATHERON, 1962) aplicada a ciência do solo (BURGESS & WEBSTER, 1980), e auxilia à escolha, locação de experimentos e interpretação dos resultados (VIEIRA et al., 1991). O uso da geoestatística requer coleta de amostras previamente planejada, com a localização espacial de cada ponto de amostragem. Esta forma de amostragem tem como vantagem, em relação a coleta inteiramente casualizada, manter constante a amostragem em toda a área, e estudar a estrutura da variância (REICHARDT et al., 1986). Em áreas com variabilidade espacial a casualização deve ser evitada.

O semivariograma tem sido usado como uma ferramenta na avaliação da dependência espacial. Este apresenta três parâmetros: o efeito pepita que refere-se ao valor do semivariograma na interceptação do eixo Y e representa o componente da variação ao acaso; o patamar que é o máximo da semivariância, isto é, onde a curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance que é a distância em que o patamar atinge valores estáveis, marcando o limite da dependência espacial da grandeza medida ou o domínio de cada amostragem (REINERT, 1990).

BHATTI et al. (1991) conduzindo experimento em blocos ao acaso, pela análise da variância não verificaram diferenças entre os tratamentos, embora os

efeitos dos blocos foram significativos. Usando semivariograma demonstrou que as parcelas tem correlação espacial significativa, violando a condição de interdependência entre pontos, requerida na análise da variância. Ignorando a variabilidade espacial, interpretou que não houve resposta de produção com aplicação de fertilizante, porém a variabilidade espacial pode ter mascarado esta afirmação.

A variabilidade de plantas pode ser afetada pela espessura do horizonte A, pois em solos com horizonte B textural, o crescimento radicular e a parte aérea das plantas podem ser alterados (ALBUQUERQUE et al., 1992). Segundo KACHANOSKI et al. (1985) a variabilidade espacial da espessura do horizonte A pode ser devida, em parte, à variabilidade da curvatura superficial. Esta pode controlar a concentração de água na superfície ocasionando lixiviação e/ou escoamento superficial. Estes autores concluíram que a microtopografia foi responsável por 25% da variação da espessura do horizonte A. Uma grande variação da espessura do horizonte A, foi encontrada por AGBU & OLSON (1990). A erosão hídrica acelerada, em solos que possuem subsolos densos ou camadas que restringem o crescimento radicular, conduz a presença destas camadas para posições mais próximas à superfície (NIZEYIMANA & OLSON, 1988). Nestes solos o acesso das raízes à água e nutrientes fica limitado à camadas não restritivas, e a espessura da camada superficial é relevante.

VIEIRA & CAMARGO (1991) encontraram variabilidade da espessura do horizonte A, em experimento conduzido em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, no Estado de São Paulo. A partir deste estudo, instalou-se parcelas experimentais em áreas homogêneas, e descartou-se áreas heterogêneas. Para a seleção de pontos de coletas de dados em lavoura de milho, ALBUQUERQUE et al. (1992), utilizando a geoestatística, encontraram variabilidade espacial na espessura do horizonte A, com extremos de 25 e 120cm.

Estudando a espessura do horizonte A, MILLER (1988), encontrou solos mais rasos (< 50cm) na parte mais inclinada do terreno, e solos mais profundos (> 100cm) foram, predominantemente, localizados na parte terminal da pendente.

Este trabalho tem como objetivo, caracterizar a variabilidade espacial da espessura do horizonte A, estatura de plantas e produtividade do milho, em parcelas experimentais de perda de água e solo por chuva natural.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área do Departamento de Solos, no Campus da Universidade Federal

de Santa Maria, RS. O solo pertence a Unidade de Mapeamento São Pedro, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico ou Hapludalf (BRASIL, 1973), textura superficial franco arenosa e textura subsuperficial franco argilosa. A latitude do local é de 29°41' S, longitude de 53°48' W e altitude de 95m. O clima da região é Cfa (Koeppen), ou seja, clima subtropical úmido sem estiagem, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio entre -3 e 18°C (MORENO, 1961).

Em Abril de 1991, foram instalados quatro parcelas para medir perdas de água e solo por chuva natural. As parcelas tem 22m de comprimento por 3,5m de largura. Nestas parcelas foram avaliados dois tratamentos com duas repetições. Nas parcelas 1 e 3 a semeadura de aveia mais ervilhaca foi realizada em abril de 1992. Estas foram cortadas manualmente durante a floração e a massa verde foi deixada sobre a superfície do solo em setembro. Em outubro o milho foi semeado em sistema de plantio direto, com um metro entre linhas, e densidade de 50.000 plantas/hectare. Nas parcelas 2 e 4, o milho foi semeado sobre resteva de milho e feijão de porco do ano anterior. O feijão de porco foi semeado entre cada linha de milho, logo após a floração do milho do ano anterior. As culturas foram semeadas em nível, constituindo 22 linhas de 3,5m.

Em dezembro observou-se diferença de estatura de plantas dentro das quatro parcelas. Plantas mais altas localizaram-se na parte superior das parcelas, e plantas mais baixas na parte inferior. Iniciou-se então, um estudo da variabilidade espacial das propriedades do solo que poderiam estar relacionadas com a estatura de plantas.

A amostragem resultou em uma transeção por parcela para estatura de plantas, produtividade do milho e espessura do horizonte A. Os pontos foram demarcados a cada metro, no sentido da declividade. Para determinação da estatura de plantas, em cada ponto da transeção, foi medida a estatura de oito plantas. A medida foi realizada desde a superfície do solo até a inserção da última folha com bainha visível.

A produtividade da cultura do milho, foi avaliada em células de 1,0 x 2,5m, desalinhadas, nos 22 pontos dentro de cada parcela. A espessura do horizonte A foi medida, através de sondagens com o trado holandês, em transeção demarcada ao lado de cada parcela para evitar movimento de solo no interior das parcelas.

A análise estatística foi feita de acordo com BURGESS & WEBSTER (1980) e WEBSTER (1985), seguindo dois passos: (i) análise espacial para computar o semivariograma e; (ii) escolha de um modelo para ajustar o semivariograma. O semivariograma foi

usado para quantificar a variabilidade espacial. Algoritmos de cálculo de VIEIRA (1991^a) e ROBERTSON (1987) foram usados para computar o semivariograma. O semivariograma informa o efeito pepita, patamar e alcance.

O modelo do semivariograma foi ajustado pelo programa de análise estatística SAS. Quatro modelos foram analisados para ajustar o semivariograma: linear, esférico, exponencial e gaussian. Estes modelos tem sido usados para ajustar semivariogramas de propriedade do solo (WEBSTER, 1985). O melhor ajuste foi escolhido baseado na soma dos quadrados do resíduo, coeficiente de determinação e aproximação visual conforme REINERT (1990) e VIEIRA (1991^a).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores variações de espessura do horizonte A, foram observadas nas parcelas 1 e 2 (Figura 1). Os valores máximos e mínimos da espessura do horizonte A foram de 95 e 56cm para as parcelas 1 e 2, respectivamente. As médias de espessura registrada nas parcelas 1, 2, 3 e 4, foram 78,1, 68,7, 75,0 e 82,0cm, respectivamente (Tabela 1). Segundo FIORIN et al. (1992) a maior espessura do horizonte A em solos que apresentam subsolos densos, a ponto de restringir o crescimento radicular, possibilita um maior armazenamento de água disponível às plantas. Proporcionando, desta forma condições mais favoráveis de crescimento das culturas em períodos de restrição hídrica.

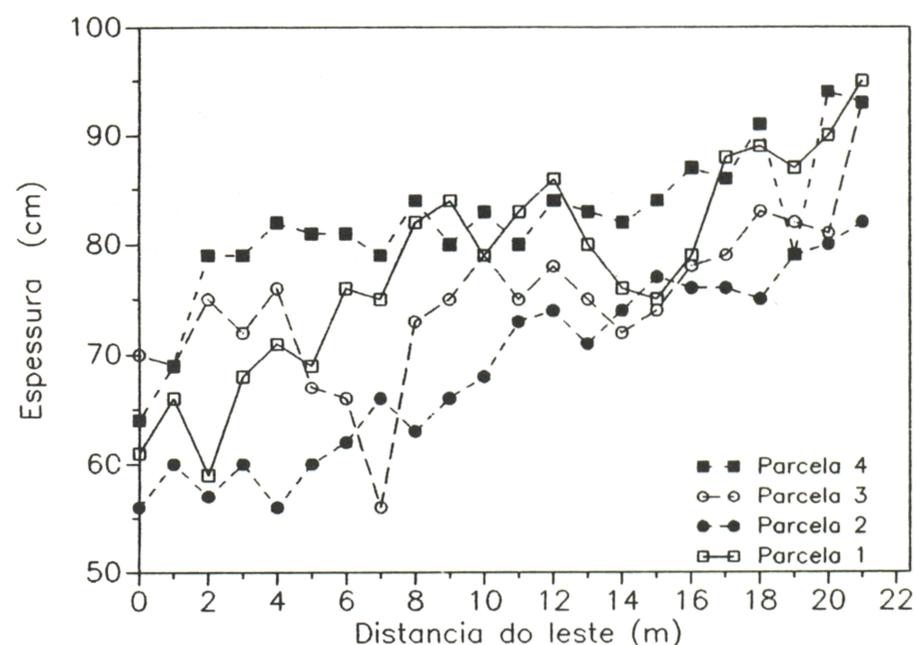


Figura 1. Espessura do horizonte A, das parcelas experimentais de perda de solo e água por chuva natural. Santa Maria, RS.

Tabela 1 - Valores da média, coeficiente de variação (CV), efeito pepita (C_0), patamar (C), alcance (A), coeficiente de determinação (R^2) e modelo de ajuste do semivariograma dos parâmetros: espessura do horizonte A (cm); estatura de plantas (m); e produtividade do milho (kg/ha), nas parcelas experimentais de perda de água e solo por chuva natural, Santa Maria, 1991/93.

PARÂM.*	P.**	Média	CV(%)	Modelo	C_0	C	A (m)	R^2
Espess	1	78,1	12	Linear	7,40	33,90	5,9	***
Espess	2	68,7	12	Linear	6,94	34,28	6,0	0,93
Espess	3	75,0	10	Linear	6,80	36,56	3,1	0,87
Espess	4	82,0	08	Linear	12,23	18,26	11,7	0,90
Estatu	1	1,99	10	Esférico	0,0014	0,0114	2,2	0,71
Estatu	2	1,99	11	Linear	0,0039	0,0188	10,3	0,97
Estatu	3	2,01	10	Linear	0,0141	0,0257	5,0	0,93
Estatu	4	2,21	06	Linear	0,0030	0,0260	11,3	0,95
Produ	1	3284	27	***	***	***	***	***
Produ	2	4617	18	***	***	***	***	***
Produ	3	4564	14	***	***	***	***	***
Produ	4	4855	15	***	***	***	***	***

* Param.= Parâmetro; ** P. = Parcela; *** Valores não determinados.

Os valores encontrados para o alcance da dependência espacial da espessura do horizonte A foram de 5,9, 6,0, 3,1, e 11,7m, para as parcelas 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 1). Observa-se que na parcela 4, onde os valores encontrados foram menos variáveis, o alcance foi maior quando comparado às demais. Isto indicou que onde ocorreu maior variação com a distância, o alcance da dependência espacial foi menor. A variação da espessura do horizonte A pode estar associada com processos de formação do solo (TRANGMAR et al., 1985), microtopografia (KACHANOSKI et al., 1985), e erosão hídrica (MILLER et al., 1988).

Na área estudada verificou-se heterogeneidade da espessura do horizonte A no sentido da declividade do terreno. O horizonte A foi mais espesso na parte mais elevada, e demonstrou interdependência entre pontos.

A estatura das plantas de milho apresentou valores máximo e mínimo, de 2,39 e 1,43m, nas parcelas 3 e 2, respectivamente (Figura 2). O menor valor de estatura das plantas coincidiu com o ponto onde foi registrado menor espessura do horizonte A, indicando possível correlação entre espessura do horizonte A e estatura de plantas. As médias de estatura de plantas das parcelas 1, 2, 3, e 4 foram de 1,99, 1,99, 2,01 e 2,21m, respectivamente (Tabela 1). A espessura do horizonte A e a estatura de plantas na parcela 4, foram superiores às outras parcelas. Isto pode estar

relacionado com a maior quantidade de água disponível para as plantas em solos que apresentam maior espessura do horizonte A (FIORIN et al., 1992; NIZEYIMANA & OLSON, 1988).

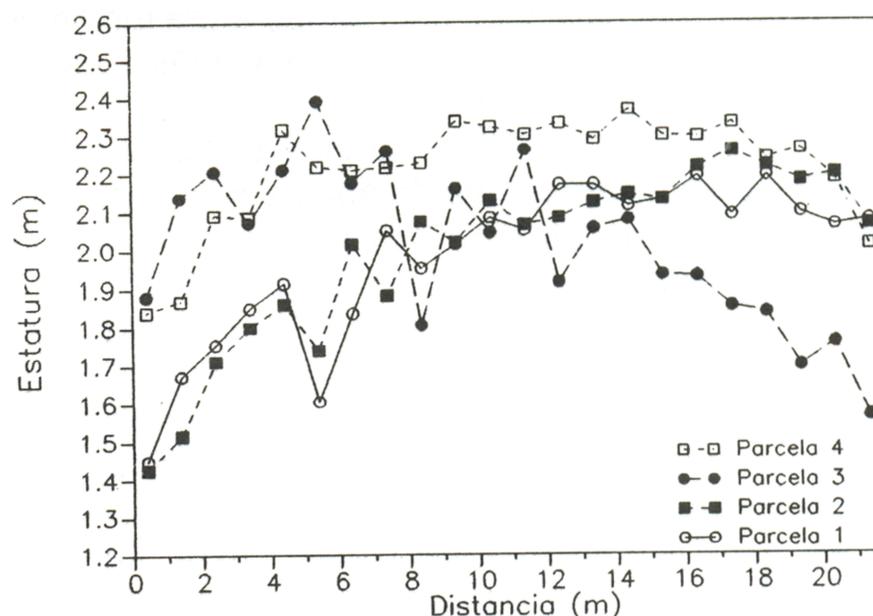


Figura 2. Estatura de plantas de milho das parcelas experimentais de perda de solo e água por chuva natural. Santa Maria, RS.

Na parcela 4, ocorreu a menor variação da espessura do horizonte A, e da estatura de plantas, indicado pelo alcance da dependência espacial, de 11,7 e 11,3m, respectivamente. O menor alcance para estatura de plantas (2,2m) foi observado na parcela 1 (Tabela 1). Isto indica a grande variação deste parâmetro nesta parcela. O efeito pepita para os valores de estatura de plantas foi menor nas parcelas 1, 2 e 4, sendo 12, 21 e 11%, respectivamente. Isto indica a existência de pequena variação ao acaso. Na parcela 3, a variação ao acaso observada foi de 55 %.

Observou-se que há relação entre espessura do horizonte A e a estatura das plantas de milho. Isto, provavelmente, é causado pela quantidade de água disponível para as culturas, que é tanto maior quanto mais espesso for a camada explorada pelas raízes.

A menor e maior média de produtividade foram observadas, respectivamente, nas parcelas 1 e 4 (Tabela 1). Na parcela 4 observou-se maior espessura do horizonte A, estatura de plantas e produtividade, e menores variações destas propriedades (Tabela 1). Na parcela 4, onde existiu dependência espacial, o alcance para estatura de plantas e espessura do horizonte A foi maior que nas outras parcelas. Para produtividade não ocorreu dependência espacial e toda a variação foi atribuída ao acaso.

Os resultados de variabilidade acima discutidos demonstram a necessidade de estudo da variabili-

dade espacial das propriedades do solo, anterior à implantação de experimentos, facilitando, assim, a interpretação dos resultados.

CONCLUSÕES

Existe dependência espacial da espessura do horizonte A e estatura de plantas dentro das parcelas experimentais analisadas;

A produtividade e estatura de plantas foram superiores quando o horizonte A foi mais espesso.

COMUNICAÇÃO PESSOAL

VIEIRA, S.R. Instituto Agronômico de Campinas, Secção de Conservação do Solo. Caixa Postal, 28, 13020-902, Campinas, SP. (Fax 0192314943).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGBU, P.A., OLSON K.R. Spatial variability of soil properties in selected Illinois Mollisols. **Soil Sci**, v. 150, n. 5, p. 777-785, 1990
- ALBUQUERQUE, J.A., FIORIN, J.E., REINERT, D.J. et al. Variabilidade espacial de propriedades do solo e produção de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, e SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1. 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992, v. 2b, p. 417-430
- BHATTI, A.V., MULLA, D.J., KOEHLER, F.E. et al. Identifying and removing spatial correlation from yield experiments. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 55, n. 6, p. 1523-1528, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: 1973. 431 p. Boletim Técnico, 30.
- BURGESS, T.M., WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I-The semi variogram and ponctual kriging. **J Soil Sci**, London v. 31, n. 2, p. 315-331, 1980.
- CAMPBELL, J.B. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two mapping units. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 42, n. 3, p.460-464, 1978.
- CASSEL, D.K. Spatial and temporal variability of soil properties following tillage o Norfolk loamy sand. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 47, n. 2, p. 196-201, 1983.
- CASSEL, D.K., UPCHURCH, D.R., ANDERSON, S.H. Using regionalized variables to estimate field variability of corn yield for four tillages regimes. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 52, n. 1, p. 222-228, 1986.
- FIORIN, J.E., ALBUQUERQUE, J.A., REINERT, D.J., et al. Produtividade do milho induzida pela variação de armazenamento de água em um Podzólico Vermelho-Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1992, e SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 2b, p. 951-962.
- KACHANOSKI, R.G., ROLSTON, D.E., JONG, E. Spatial and spectral relationships of soil properties and microtopography I. Density and thickness of A horizon. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 49, n. 4, p. 804-811, 1985.
- LIBARDI, P.L., PREVEDELO, C.L., PAULETO, E.A. et al. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Rev Bras Ci Solo**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 85-90, 1986.
- MATHERON, G. **Traité de géostatistique appliquée**. Paris: Techniq, 1962, 333 p.
- MILLER, M.P. SINGER, M.J. NIELSEN, D.R. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 52, n. 4, p. 1133-1141, 1988.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 46 p.
- NIZEYIMANA, E., OLSON, K.R. Chemical, mineralogical and physical property differences between moderately and severely eroded Illinois soils. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 52, n. 6, p. 1740-1748, 1988.
- REICHARDT, K., VIEIRA, S.R., LIBARDI, P.L. Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. **Rev Bras Ci Solo**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 1-6, 1986.
- REINERT, D.J. **Soil structural form and stability induced by tillage in a typic hapludalf**. Michigan-Mi. 129 p. Tese (PhD in Agronomy) - Michigan State University, 1990.
- ROBERTSON, G.P. Geostatistics in ecology: Interpolating with known variance. **Ecology**. v. 68, n. 3, p. 744-748, 1987.
- RUSSO, D. Statistical analysis of crop soil water relationships in heterogeneous soil under trickle irrigation. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 42, n. 6, p. 1402-1410, 1984.
- TRANGMAR, B.B., YOST, R.S., UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Adv in Agron**, New York, v. 38, p. 45-94, 1985.
- VIEIRA, S.R. E CAMARGO, O.A. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo dentro de uma parcela experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 1991, Porto Alegre, RS. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991, 321 p.
- WARRICK, A.W., NIELSEN, D.R. Geostatistical methods applied to soil science. In: KLUTE A. **Methods of soil analysis**. Madison: Editora, 1986. Part 1. Cap. 3, p. 53-82.
- WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis soil in the field. In: STEWART, B.A., **Adv Soil Sci**, New York: Springer-verlag, 1985. v. 3, p. 1-70.
- YOST, R.S., UEHARA, G., FOX, R.L. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas. I. Semi-variograms. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 46, n. 5, p. 1028-1032, 1982.