

Variabilidade espacial do Cálcio do solo de várzea em área de cultivo de arroz irrigado

Antonyony Severo Winkler⁽¹⁾; José Maria Barbat Parfitt⁽²⁾; Luís Carlos Timm⁽³⁾; Marília Alves Brito Pinto⁽⁴⁾; Renata Pinto Albert Alves⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Doutorando do PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água; Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS; E-mail: antonyony@live.com

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁽³⁾ Professor adjunto do departamento de Engenharia Rural FAEM/UFPEL, Pelotas, RS.

⁽⁴⁾ Doutoranda do PPG em Agronomia da UFPEL, Pelotas, RS.

⁽⁵⁾ Mestranda do PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água; UFPEL, Pelotas, RS.

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido na Estação Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado, com o objetivo de determinar a estrutura da variabilidade espacial do teor de cálcio (Ca) em um Planossolo cultivado de arroz irrigado bem como verificar se os dados deste parâmetro apresentam tendência. Foram coletadas 100 amostras de solo numa malha com pontos espaçados de 10 m utilizando-se métodos de análise geoestatística e técnica de interpolação de dados, com a finalidade de observar padrão de ocorrência deste atributo na camada de 0-0,20 m no solo. Os dados apresentaram tendência espacial, que foi removida através de regressões polinomiais de primeira, segunda e terceira ordem. O melhor ajuste do semivariograma foi os dos resíduos gerados pela superfície de tendência gerada pela equação de primeira ordem, no qual apresentou um alcance de 12,5m.

Termos de indexação: Análise de tendência, geoestatística.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da variação espacial de atributos do solo é importante para um manejo do solo mais adequado, planejamento de amostragem e gerenciamento de práticas agrícolas. A variabilidade espacial dos atributos químicos do solo são alguns dos possíveis fatores responsáveis pela influência na heterogeneidade da produtividade ao longo da área. Antes de buscar qualquer relação destes elementos com a cultura, é importante avaliar a extensão e a intensidade da dependência espacial desta variação, isoladamente ou em conjunto com outros parâmetros (Gandah et al., 2000).

Reichardt & Timm (2008) destacam que várias ferramentas estatísticas têm sido utilizadas para estudar a variabilidade espacial dos atributos de um solo, dentre elas pode-se destacar a geoestatística. A geoestatística permite detectar a existência de variabilidade espacial dos atributos do solo, incluindo a superfície do solo caracterizado por

medidas de elevação de ponto e parâmetros físicos e parâmetros químicos (Vidal Vázquez, 2002).

Um dos problemas no estudo de variabilidade espacial de atributos do solo ocorre quando os valores da semivariância não apresentam um patamar definido, não assumindo a pressuposição da hipótese intrínseca de estacionariedade do semivariograma (Vieira, 2000). Isso ocorre muitas vezes devido a área amostral ser muito pequena para identificar a distância em que as amostras possam ser consideradas independentes, i.e., um comportamento aleatório (Webster e Oliver, 2001; Guimarães 2004). Assim, para atender a pressuposição de estacionariedade, os semivariogramas que apresentam esse comportamento devem ser corrigidos (Vieira, 1998). O ajuste dos dados a uma equação de superfície é um método pelo qual uma superfície teórica contínua é ajustada, por critérios de regressão por mínimos quadrados, aos valores da variável dependente Z_i^* , tendo como variáveis independentes as coordenadas geográficas (X, Y). Para a aplicação desta técnica, a equação matemática utilizada para o ajuste baseia-se nos polinômios não-ortogonais, sendo o ajuste incrementado pela adição de termos adicionais à equação polinomial (Landim e Corsi, 2001).

Superfícies de tendência podem ser usadas para interpolar valores, extrapolar a sequência de dados, inferir sobre a presença de tendências ou estimar características de interesse sobre os dados (Vieira, 1998). Dependendo do número de dados disponíveis, podem ser calculadas superfícies de qualquer dimensão.

Assim este trabalho tem o objetivo de caracterizar a estrutura da variabilidade espacial do elemento Ca, numa área de Planossolo com histórico de cultivo de arroz irrigado, onde os dados originais apresentaram tendência.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima

Temperado, situada no município do Capão do Leão, RS. Em uma área de 0,81 ha foi estabelecida uma malha de 100 pontos (10 m x 10 m) para avaliação do elemento Ca. O solo classificado como Planossolo Háplico vem sendo cultivado, nas últimas quatro safras agrícolas, com as culturas do arroz irrigado (três anos) e sorgo granífero (um ano), ambas cultivadas no sistema convencional. A amostra de cada ponto foram obtidas na camada de 0.0 - 0.20 m de profundidade composta de cinco sub amostras, na qual foi determinado o conteúdo de Ca, utilizando metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes do semivariograma experimental a um modelo teórico (VIEIRA et al., 2000) com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca. Assim, foram estimados os parâmetros do modelo matemático ajustado ao semivariograma (efeito pepita, C_0 ; patamar, C_0+C_1 ; e o alcance, a igual a $A_0 \cdot \sqrt{3}$). Esses modelos foram ajustados através do programa GS+ versão 7.0 (Gamma Design Software, 2004).

Para a retirada de tendência dos dados e poder atender a pressuposição de estacionariedade intrínseca, no semivariograma sem patamar, ou seja, quando não se conhece o alcance da dependência espacial, foram utilizadas três equações de ajuste. Esta técnica é denominada de Análise de Superfície com Tendência (*Trend Surface Analysis*). Para esta análise foi utilizado regressões polinomiais de primeira, segunda e terceira ordem, na avaliação das variáveis coordenadas geográficas (X e Y) e teor de Ca no solo (Z^*), como descrita em Landim e Corsi (2001).

As equações utilizadas foram:

- Superfície de primeira ordem: $Z^* = a + bX + cY$
- Superfície de segunda ordem: $Z^* = a + bX + cY + dX^2 + eXY + fY^2$
- Superfície de terceira ordem: $Z^* = a + bX + cY + dX^2 + eXY + fY^2 + gX^3 + hX^2Y + iXY^2 + jY^3$

Para a confecção dos mapas das superfícies de tendência utilizou-se o programa SURFER®, versão 10.

Através desta técnica, os valores da semivariância foram calculados utilizando os resíduos entre os valores estimados pelas regressões polinomiais e os dados originais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A existência de tendenciosidade nos dados pode inviabilizar a aplicação da geoestatística, uma vez que a condição de não-tendenciosidade é exigida para aplicação de seus princípios. É também requerida para aplicação da hipótese intrínseca,

constituindo-se em um fator influenciador da estrutura de dependência espacial.

Os dados referentes ao teor de elemento Ca apresentaram tendência muito forte que foram removidas, a fim de satisfazer a hipótese intrínseca.

O resultado das superfícies de tendência e seus respectivos resíduos estão expressos na **figura 1**

Através da análise semivariográfica apresentado na **Figura 2 (A)** verifica-se que os valores de semivariância não atingem a estabilidade do patamar, ou seja, isso pode ser um indicativo de tendência da distribuição dos dados. Assim sendo, foram gerados os semivariogramas dos resíduos das regressões polinomiais de primeira, segunda e terceira ordem como apresentado nas **figuras 2 (B, C e D)** para a retirada da tendência.

O semivariograma melhor ajustado foi com os valores dos resíduos gerados pela regressão polinomial de 1º grau ($r^2 = 0,956$) e que apresentou o menor alcance de dependência espacial ($a = 21,65$ m) entre as regressões realizadas. Já as equações de 2ª e 3ª ordem apresentaram comportamentos parecidos quando verificado os parâmetros de ajuste dos semivariogramas dos resíduos a um modelo teórico. Exemplo disso são os valores de C_0 , C_0+C e A_0 próximos.

CONCLUSÕES

A retirada de tendência dos valores da semivariância foi eficiente utilizando o ajuste dos dados de Ca a uma equação de superfície de um plano de primeira ordem. Com os resíduos foi identificada a estrutura de dependência espacial do Ca na área em estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Paulo Milton Barboza Landim da Universidade Estadual Paulista, UNESP, pelas orientações da aplicação da técnica de análises de superfície de tendência. A Capes pelo apoio financeiro e a EMBRAPA pela concessão da área experimental.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.A.V. Variabilidade espacial de propriedades químicas e granulométricas do solo na definição de zonas homogêneas de manejo. 2002. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Estadual de São Paulo.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences, 2004.

GUIMARÃES, E. C. Geoestatística Básica e aplicada, 77p, 2004. Disponível em: www.famat.ufu.br/ednaldo/ednaldo.htm. Acessado em 10/04/2013.

LANDIM, P.M.B. & CORSI, A.C. Cálculo de superfícies de tendência, por regressão polinomial, pelo SURFER® 6: Texto didático 05. Rio Claro: UNESP, 11 p., 2001. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 11/04/2013.

LIMA, J.S.S.; OLIVEIRA, R.B.; ROCHA, W.; OLIVEIRA, P.C.; QUARTEZANI, W.Z. Análise espacial de atributos químicos do solo e da produção da cultura pimenta-do-reino (*piper nigrum*, L.). IDESIA (Chile), v. 28, n.2, 2010.

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

REICHARDT, K., TIMM, L.C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 1ª ed. 1ª reimpressão. São Paulo, Manole, 2008. 478p.

TEDESCO, M.J. Análise de solo, plantas e outros minerais. UFRGS: Depto. de Solos. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 1995. 174p.

SOUZA, C.K. et al. Influência do relevo na variação anisotrópica dos atributos químicos e granulométricos de uma latossolo em Jaboticabal-SP. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.23, n.3, p.486-495, 2003.

VIDAL VÁZQUEZ, E. Influencia de la precipitación y el laboreo en la rugosidad del suelo y la retención de agua em microdepressiones. Coruña: Universidade da Coruña, 2002. 430p. Thesis (Ph.D.).

VIEIRA, S. R.. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas (SP). *Bragantia*, 56(1), p. 181-190, 1997.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 31(3), 75 p, 1983.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R. (ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

WEBSTER, R.; OLIVER, M.A. Geostatistics for environmental scientists. Chichester (England): John Wiley & Sons Ltd, 2001. 271p.

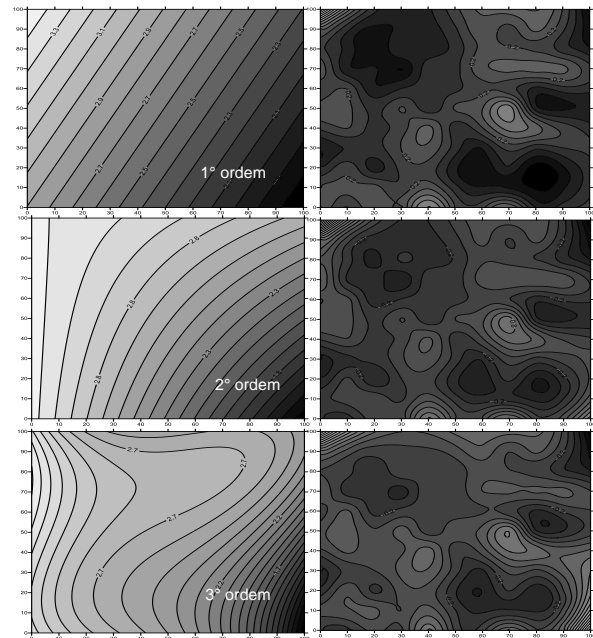
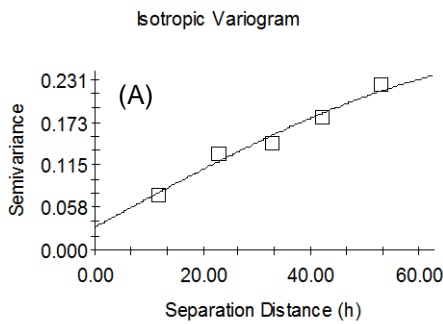
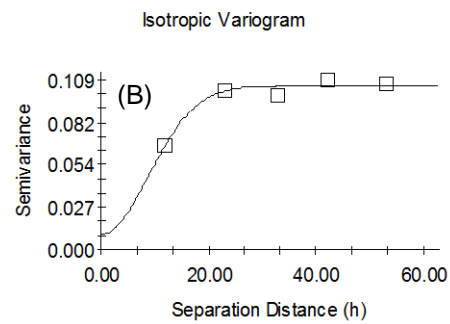


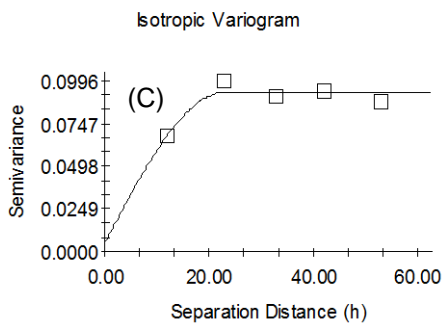
Figura 1- Superfícies de tendência (a) e seus respectivos resíduos (b).



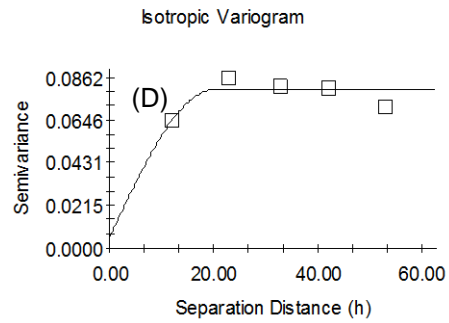
Spherical model ($C_0 = 0.03080$; $C_0 + C = 0.25860$; $A_0 = 86.00$; $r^2 = 0.977$; $RSS = 2.818E-04$)



Gaussian model ($C_0 = 0.01010$; $C_0 + C = 0.10520$; $A_0 = 12.50$; $r^2 = 0.956$; $RSS = 5.192E-05$)



Spherical model ($C_0 = 0.00570$; $C_0 + C = 0.09280$; $A_0 = 22.90$; $r^2 = 0.864$; $RSS = 7.936E-05$)



Spherical model ($C_0 = 0.00600$; $C_0 + C = 0.07990$; $A_0 = 19.90$; $r^2 = 0.613$; $RSS = 1.176E-04$)

Figura 2 - Semivariograma original do elemento Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (A); semivariogramas dos resíduos após a retirada de tendência com superfície de primeira ordem (B), segunda ordem (C) e terceira ordem (D) respectivamente.