
VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

NASCIMENTO, J.M.¹, SCHUEROFF, P. R.², SILVA, F. M.², SILVA, F. M. SECRETTI, M. L.¹, SILVA, P. M.³

Resumo: O objetivo foi avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico. A determinação da variabilidade espacial de atributos físicos de solo foi realizada em uma área comercial com 46,26 hectares, localizada em Dourados - MS, manejada com um sistema de agricultura de precisão (AP). A grade amostral regular, com intervalos de 100 metros, totalizando 50 pontos georreferenciados. Foram determinados valores de silte, areia e argila, e posteriormente, realizada a análise de estatística descritiva foi determinados valores de média, mediana, mínimo, máximo, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose. Modelos matemáticos foram ajustados aos semivariogramas, os quais permitiram analisar a dependência espacial dos dados, com isto, foi possível realizar a técnica de Krigagem, através do programa GS+. O grau de dependência espacial foi calculado, para todos os atributos, a dependência espacial foi considerada moderada. As variáveis apresentaram diferentes alcances, argila e areia apresentaram maiores alcances em relação ao silte que foi menor (238; 155; 238 respectivamente) sendo foi possível gerar mapas com os atributos físicos da área.

Palavras-chave: geoestatística; krigagem; GS+.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN A RED DYSTROPHIC LATOSOL

Abstract: The objective was to evaluate the spatial variability of physical attributes in a dystrophic red latosol. The determination of the spatial variability of soil physical attributes was performed in a commercial area of 46.26 hectares, located in Dourados - MS, managed with a precision agriculture (AP) system. A regular square sampling grid of 100 meters was established, totaling 50 georeferenced points. The values of silt, sand and clay were determined, and the values of mean, median, minimum, maximum, coefficient of variation, asymmetry and kurtosis coefficients were determined. Mathematical models were adjusted to the semivariograms parameters, which allowed

¹ Docente do curso de Agronomia do Centro Universitário da Grande Dourados, Rua: Balbina de Matos, 2121, cep: 79824-900, Dourados / MS;

² Discente do curso de Agronomia do Centro Universitário da Grande Dourados, Dourados / MS;

³ Técnica Agropecuária. E-mail: jackeline_ms@yahoo.com.br

to analyze the spatial dependence, obtained by geostatistical analysis, it was possible to perform the Kriging, with the GS + program. The spatial dependence was calculated for all attributes, spatial dependence was considered moderate. The variables presented different ranges, clay and sand presented greater reaches in relation to the silt that was smaller (238, 238, 155 respectively) and it was possible to generate maps with the physical attributes.

Keywords: Geostatistic; Kriging; GS+.

INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão (AP) utiliza estratégias para gerenciar os problemas advindos da desuniformidade das lavouras e otimiza a produção e não obrigatoriamente eliminar as variabilidades. São práticas que podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos. A Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão adota uma definição de consenso para AP que estabelece que “trata-se de um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente” (BRASIL, 2014). A agricultura de precisão (AP), que une relações espaciais a uma variável do sistema produtivo, tornando a atividade mais competitiva, aumentando sua eficiência e com menor impacto ambiental (QUEIROZ et al., 2008). No entanto, as práticas de AP podem ser conduzidas com diferentes objetivos.

Tradicionalmente, os agricultores ao fazerem a amostragem do solo de uma dada área, uniformizavam as subamostras em uma única amostra, que passava a representar as características médias da fertilidade daquela área, assumida como uniforme. Quanto mais dados disponíveis ou coletados, mais consistente é a informação gerada e o consequente diagnóstico referente à variabilidade existente nas lavouras. Desta forma, dados de produtividade das culturas, expressos por mapas, são fundamentais, a interpretação da variabilidade presente nas lavouras, evidenciadas nos mapas, implica uma relação entre causa e efeito (MOLIN, 2015). Com base nesta interpretação, a mesma quantidade de insumos é utilizada para toda área, atendendo apenas as necessidades médias e não considerando as necessidades específicas de cada parte da lavoura.

A geoestatística, segundo Vieira et al. (2008), é a maneira mais correta para verificar a presença de dependência espacial. A continuidade, ou dependência espacial, é estimada através do semivariograma e o método de interpolação, chamado krigagem, usa a dependência espacial entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição dentro do campo. Além disso, muitas vezes, duas propriedades correlacionam-se entre si e no espaço, sendo uma delas mais difícil de medir à campo ou ainda, sua determinação mais cara.

A técnica de krigagem foi utilizada para estimar valores nos locais não amostrados por ser um estimador linear, a partir desses foram construídos mapas de padrões espaciais, que emprega os mesmos valores estimados por meio da técnica de krigagem para determinação e localização das isolinhas, dessa maneira, os mapas representam linhas bem definidas, conforme descrito por Siqueira et al. (2008).

Como o manejo e o solo nem sempre são uniformes em toda área, torna-se importante avaliar também a distribuição espacial destes atributos. A geoestatística tem por base a verificação da condição de existência da variabilidade espacial através do semivariograma, permitindo a descrição da dependência espacial de tais atributos (VIEIRA, 2000).

A análise de textura é uma avaliação relativamente barata e extremamente importante de ser realizada pelo produtor para compreendermos melhor certos comportamentos e características do solo. Diferentemente das amostragens para análise química, que necessitam de maior frequência de amostragem, em função da variabilidade dos teores e a dinâmica dos nutrientes no solo, a textura uma vez determinada raramente sofrerá mudanças, podendo ser repetida a cada 10 ou 15 anos (OLIVEIRA, 2011).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Dourados/MS, na área experimental localizada na Fazenda Yvera, com coordenadas são 21°94' de latitude sul e

54°40' longitude oeste com altitude média de 452 m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico com predomínio de textura argilosa (EMBRAPA, 2006) com declividade suave.

A área com tamanho de 46,23 hectares foi dividida em uma malha amostral com distância de 115 m totalizando 50 pontos amostrais (Figura 1). A amostragem de solo foi realizada após a colheita do milho, onde utilizou-se um trado holandês para coletar solo na camada de 0-0,2 m, formando a amostra composta a partir de 6 subamostras.

Realizou-se o mapeamento e geração de malha amostral através do aplicativo CR campeiro 7 (CARDOSO et al., 2010), que é um Sistema de Tecnologia Móvel do CR Campeiro7 aplicado a Agricultura de Precisão, desenvolvido para a plataforma Android, compreende rotinas de mapeamento e cálculos de áreas, registro de coordenadas geográficas de pontos linhas e polígonos em arquivos texto, estruturação e edição de malha de amostragem, localização de pontos amostrais georreferenciados, com a possibilidade de integração com a API do Google Maps.



FIGURA 1. Distribuição dos pontos amostrados na área.

Através da Metodologia da (EMBRAPA, 2011), as análises foram realizadas na central analítica vale do Ivinhema, onde foi determinados os valores de silte, areia e argila. Os dados foram submetidos à análise estatística, sendo determinadas as medidas

estatísticas, média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequência dos dados.

O **GS+** é um programa de análise geoestatística e de mapeamento que permite medir prontamente e ilustrar as relações espaciais em dados georreferenciados, analisando dados espaciais para autocorrelação e usando essas informações para fazer ótimos mapas, estatisticamente rigorosos da área amostrada (GAMMA, 2004).

A dependência espacial foi analisada por meio da geoestatística, utilizando a Versão 7.0 do GS+. Uma vez verificada a dependência espacial, foi realizada a krigagem para estimar valores em locais não amostrados, sem tendência e com variância mínima. A partir da krigagem, foram gerados mapas de distribuição espacial das variáveis estudadas.

Os semivariogramas podem ser modelados no programa computacional GS+, os modelos disponíveis no GS+ são: exponencial, gaussiano, esféricos e linear. Na análise geoestatística os modelos teóricos para ajuste foi o modelo esférico para areia e o gaussiano para silte e argila. A escolha do modelo seguiu os critérios adotados pelo software GS+.

Uma vez detectada a dependência espacial, produziu-se o mapa temático da distribuição espacial do atributo por meio de krigagem, a análise geoestatística dos dados é completada com as informações mostradas nos mapas, que são úteis nas tomadas de decisões (GREGO et al., 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da média e mediana de todos os atributos granulométricos estudados são próximos (Tabela 1), mostrando que os dados não apresentam assimetria acentuada, quando os valores da média e mediana, os dados apresentam ou aproximam da distribuição normal. Isso pode ser um indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição demonstrando que todos os atributos envolvidos no estudo estão aproximando-se de uma distribuição normal indicando que os dados estão adequados para o uso da geoestatística. Análise granulométrica do solo consiste em se realizar a determinação dos teores de areia, silte e

argila, essa análise é imprescindível na determinação da textura do solo. Constitui um dos parâmetros para a caracterização do solo, sendo realizada apenas uma vez na área. A análise granulométrica é mais uma ferramenta que auxilia nas recomendações de manejo do solo (LIMA et al., 2005).

De acordo com as médias obtidas (Tabela 1), foi verificado através do triângulo de grupamento textural, que o solo foi classificado sendo de textura argilosa, são solos com teores de argila superiores a 35%. Possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água.

Segundo Gomez et al. (2002), a variabilidade de um atributo pode ser classificada de acordo com a magnitude do seu coeficiente de variação, que pode ser: (a) baixa, quando menor que 10 %; (b) média, quando entre 10 e 20 %; (c) alta, quando entre 20 e 30 %; e (d) muito alta, se maior que 30 %. Assim, a variabilidade dos atributos do solo (Tabela 1) foi, para a fração argila, 9,38% que foi classificada como baixo. Para a fração silte, ela foi de 22,22% que foi considerada alta. De acordo com SILVA (2010), relata que quando a maior variação observada para o silte, pode estar relacionada com a sua movimentação no solo, e no escoamento superficial durante o processo erosivo. Para a fração areia seu CV foi de 12,29% onde é considerada média. De acordo com SOUZA (2004), argila e areia dos latossolos são atributos estáveis, ou seja, modificam-se pouco ao longo do tempo por ação do intemperismo, portanto apresentam baixos valores de CV.

A função do coeficiente de assimetria é para caracterizar de que forma e quanto a distribuição de frequência se distânciava do ponto simétrico, sendo que valores positivos a distribuição é assimétrica e encontra-se a direita, se for negativo a distribuição é simétrica e encontra-se a esquerda e se esse coeficiente for zero a distribuição é considerada simétrica (ZANÃO et al., 2010). De acordo com os resultados areia e silte obtiveram valores positivos, que por sua vez foi classificada como assimétrica, e a argila obteve valor negativo onde aonde sua distribuição é simétrica.

Os resultados da análise geoestatística mostraram que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial (Tabela 1 e figura 2). Na profundidade 0-0,2 m, os dados das variáveis areia se ajustou ao modelo esférico e a argila e silte melhor se ajustaram-se ao modelo gaussiano.

O semivariograma analisa o grau de dependência espacial entre amostras dentro de um campo experimental, além de definir parâmetros necessários para a estimativa de valores para locais não amostrados, através da técnica de krigagem.

Pelo cálculo do semivariograma experimental e pelo uso do pacote Gamma Design Software (GS+, 2004) Para analisar a variabilidade espacial das variáveis, os dados foram analisados através de métodos geoestatísticos de análise de semivariogramas.

Modelos matemáticos foram ajustados aos semivariogramas, os quais permitiram visualizar a estrutura de variação espacial das variáveis. Uma maneira bastante ilustrativa e eficiente de expressar a dependência espacial com apenas um parâmetro foi utilizando o grau de dependência espacial (GD), que é a proporção da variância estrutural (C1) em relação ao patamar (C0 + C1). Foi constatada moderada dependência espacial para todas as variáveis estudadas (Tabela 1), que de acordo com (CAMBARDELLA, 1994) pode ser utilizado para classificar a dependência espacial em forte se $GD \leq 0,25$; moderada para $0,25 < GD < 0,75$; e fraco para $GD \geq 0,75$, valores semelhantes foram observados por LIMA et al. (2007) em um latossolo vermelho amarelo.

TABELA 1. Resultados da análise estatística descritiva dos atributos do solo estudado na profundidade de 0,0–0,2 m.

Variável	Média	Mediana	V	CV(%)	Mínimo	Máximo	As	C	DE
Areia	37,92	36,00	27,24	13,77	31,00	51,00	1,10	1,41	0,47
Silte	22,5	20,00	25,00	22,2	20,00	30,00	1,5	- 0,33	0,49
Argila	37,75	39,00	12,5	9,38	34,00	44,00	-1,0	- 0,83	0,37

Disponíveis. V: variância; CV (%): coeficiente de variação; As: coeficiente de assimetria; C: coeficiente de curtose; DE: dependência espacial.

As variáveis apresentaram diferentes alcances, argila e areia apresentaram maiores alcances em relação ao silte que foi menor (238; 155; 238 respectivamente). Os parâmetros dos modelos de semivariogramas (Figura 2), ajustados foram utilizados para

estimar valores em locais não amostrados por meio da krigagem.

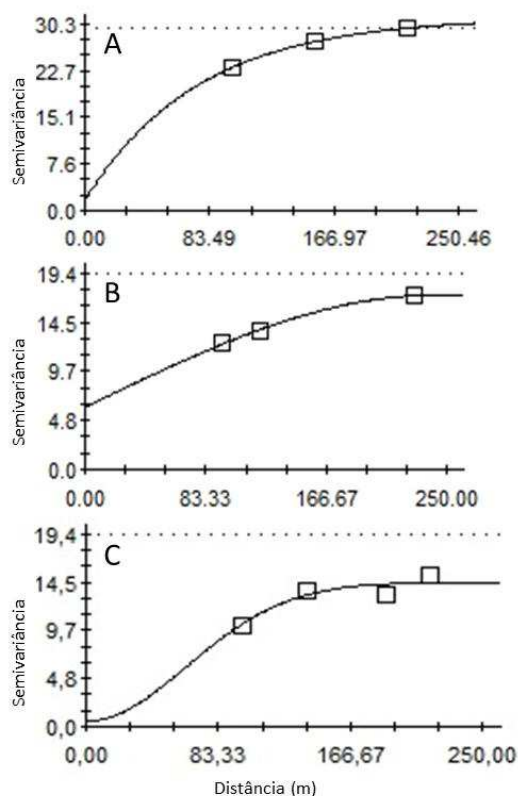


FIGURA 2- Semivariogramas dos atributos granulométricos do solo sendo o de areia (A), argila (B) e silte (C). No eixo x, semivariâncias das amostras, no eixo y, distância entre as amostras.

Após a verificação da dependência espacial e do alcance através do semivariograma, foi possível realizar a krigagem e gerar os mapas dos atributos granulométricos. Verifica-se maiores proporções de areia encontra-se na direção sul do lado direito da área (Figura 3A). Quando avaliado a porcentagem de argila, observa-se que a distribuição registra seus maiores teores nas posições da parte norte e sul no canto esquerdo da área (Figura 3B). Na posição oeste superior foi observada maiores teores de silte (Figura 3C), corroborando com os menores teores de argila e areia. Isso pode indicar uma área com remoção seletiva de partículas pelo caminhamento de água, ou seja, que a variabilidade da textura do solo pode estar relacionada ao fluxo de água. O

relevo, mesmo com pouca declividade, condiciona o caminhamento superficial e subsuperficial da água, assim pode-se inferir que a topografia influencia na distribuição espacial da textura.

O solo é um sistema complexo, resultante da interação de fatores geológicos, topográficos e climáticos, entre outros, que juntos conferem características e propriedades químicas e físicas próprias a esse. O estudo da dependência espacial de variáveis relacionadas com a agricultura facilita a compreensão do comportamento e ocorrência dessas variáveis nas áreas agrícolas e, conseqüentemente, a interferência dessas na produtividade (DURIGON, 2007).

Ao analisar os mapas, observa-se que existe um comportamento espacial semelhante entre os mesmos. Isto ocorre devido à distribuição inversa das frações granulométricas dos solos, ou seja, onde os valores de argila são elevados há uma menor concentração de areia e silte, sendo o inverso verdadeiro, conforme observado nos mapas de isolinhas.

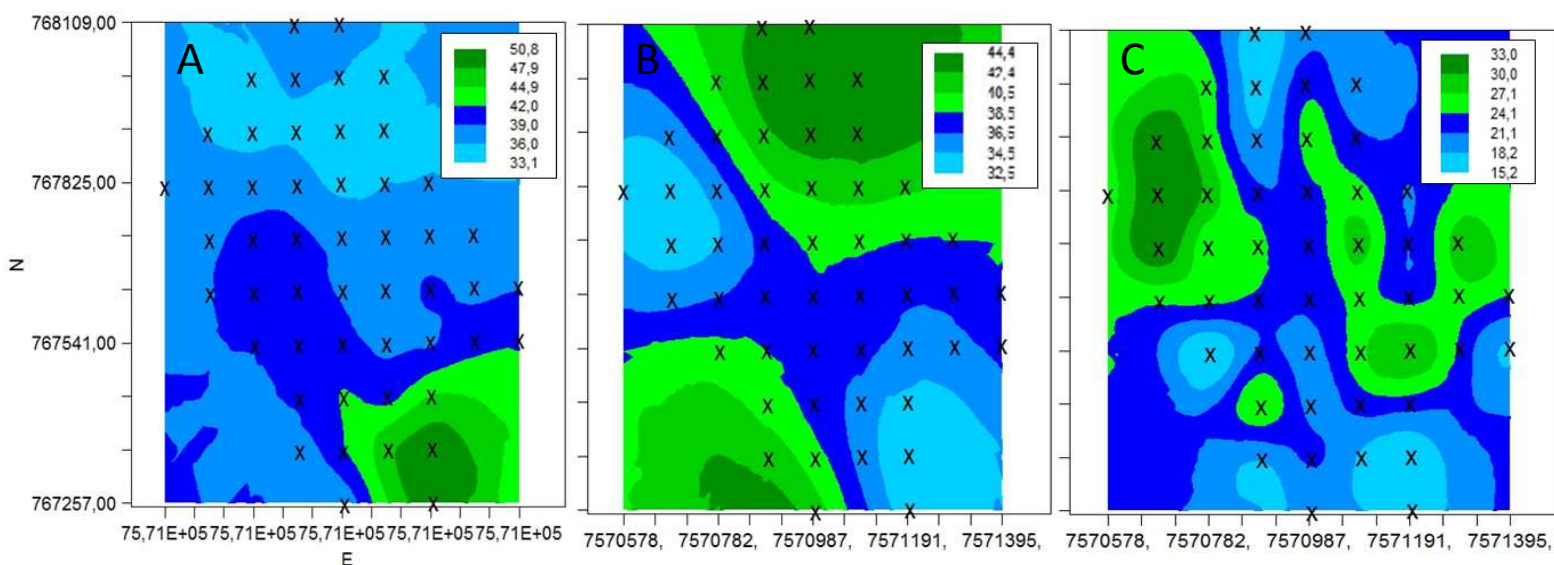


FIGURA 3- Mapas dos atributos granulométricos de Latossolo vermelho distrófico. A - Porcentagem de areia, B – Porcentagem de argila e Figura

C – Porcentagem de silte.

Este comportamento fica melhor evidenciado quando se utiliza técnicas mais apuradas de análise, o que subsidia a tomada de decisão, permitindo procedimentos de manejo mais adequados. Para Subramayan et al. (2008), a análise geoestatística é fundamental na análise de processos cujas características envolvem interrelação entre variáveis, as quais atuam de forma combinada, sendo que a utilização da krigagem

promove consideráveis ganhos de informação nas diversas áreas das ciências agrárias, principalmente no entendimento das dinâmicas dos nutrientes no solo (LAROCQUE, 2006).

CONCLUSÃO

Há dependência espacial para os atributos avaliados;

Há variabilidade espacial de areia, argila e silte na área estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Agricultura de Precisão**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2014. 21 p. (Agenda Estratégica 2014 – 2030). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/AgriculturaPrecisao/Agenda%20Estrat%C3%A9gica%20do%20setor%20de%20Agricultura%20de%20Precis%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2016.

CAMBARDELLA, C.A. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CARDOSO, C.D.F; GIOTTO, E. **Sobreposição de imagens georreferenciadas GIF no google Earth com o sistema CR Campeiro 7**. Santa Maria, RS, 2010. Disponível em:<<http://pt.calameo.com/read/001102806cd27c3494b91>>. Acesso em: 23 nov. 2016..

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura de arroz irrigado (Oryza sativa)**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2007.

EMBRAPA. Embrapa solos: **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Brasília, 2006.

EMBRAPA. Embrapa solos: **Manual de métodos de análises de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2011.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. GS+: **Geostatistics for the Environmental Sciences. Version 7.0**.

Michigan, 2004. CD-ROM.

GOMES, F. P., GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais.**

Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 02, p. 169-177, 2005

LAROCQUE, G. Conditional Gaussian co-simulation of regionalized components of soil variation. **Geoderma**, v. 134, n. 01-02, p. 1–16, 2006.

LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B.; QUARTEZANI, W. Z. Variabilidade espacial de atributos físicos de um solo sob cultivo de pimenta-do-reino. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, n. 03, p. 291-298, 2007.

LIMA, M. R; SERRAT, B.M; SOARES, I.M. **Análise de solo ou planta que os laboratórios podem fazer para o produtor rural.** Curitiba, 2005. Disponível

em:<www.soloplan.agrarias.ufpr.br/tiposdeanalises.htm>. Acesso em: 24 nov. 2016.

MOLIN, J. P. AMARAL, L.R. COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão.** 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

OLIVEIRA, J. R. Aplicação prática da análise textural no campo. **Revista agropecuária.** Viçosa, 22 set. 2011. Disponível em: <<http://www.revistaagropecuaria.com.br/2011/09/22/aplicacao-pratica-da-analise-textural-no-campo/>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A. *et al.* (Ed.). **Agricultura de precisão.** Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 1-42.

SILVA, S. A. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 01, p. 1-8, 2010.

SIQUEIRA, G. M. **Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos.** 2006. 182f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agronômico-IAC, Campinas.

SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de- açúcar. **Ciencia Rural**, v. 34, n. 06, p. 1763-1771, 2004.

SUBRAMANYAM, A.; PANDALAI, H. S. Configurations and the Cokriging System: Simplification by Screen Effects. **Math. Geosci**, v. 40, n. 04, p. 425-443, 2008.

VIEIRA, S. R.; XAVIER, M.A.; GREGO, C.R. Aplicações de geoestatística em pesquisas com cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L.L., VASCONCELOS, A.C.M. & LANDELL, M.G.A. (Eds). **Cana de açúcar**. 1 ed. Ribeirão Preto: Instituto Agronômico, 2008, p. 839-852.

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.1-53.

ZANÃO,J, L. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO, Z, M. P.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 429-438, 2010.