

SIMULAÇÃO SEQUENCIAL DIRETA DO GRADIENTE TEXTURAL DO SOLO

Alessandra Fagioli da Silva¹, Maria João Pereira², Célia Regina Lopes Zimback³, Paulo Milton Barbosa Landim⁴ & Amilcar Soares⁵

¹ Eng^a Agrônoma, Univ. Estadual Norte do Paraná/UENP, Dept^o de Engenharia rural, alefagioli@hotmail.com

² Eng^a de Minas, Instituto Superior Técnico de Lisboa/UTL, Dept^o de Minas, maria.pereira@ist.utl.pt

³ Eng^a Agrônoma, Fac. de Ciências Agrônômicas/UNESP, Dept^o de Solos e Rec. Naturais, czimback@gmail.com

⁴ Geólogo, Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Dept^o de Geologia Aplicada, plandim@rc.unesp.br

⁵ Eng^o de Minas, Instituto Superior Técnico de Lisboa/UTL, Dept^o de Minas, asoares@ist.utl.pt

RESUMO – A simulação sequencial gera um conjunto de imagens equiprováveis com a mesma variabilidade espacial dos valores experimentais. O objetivo deste estudo foi verificar a dependência espacial do gradiente textural do solo e utilizar a simulação sequencial direta para caracterizar a distribuição de probabilidade local do atributo. A área de estudo, com 1.200,32 ha, foi a fazenda experimental Edgardia, em Botucatu/SP, pertencente à FCA/UNESP. O gradiente textural do solo foi obtido a partir de uma grade de amostragem de 90 pontos. A partir do modelo de dependência espacial foi aplicado a simulação sequencial direta. O gradiente textural do solo apresentou dependência espacial com diferentes direções para menor e maior alcance. A simulação sequencial do atributo do solo permitiu representar a realidade de campo conforme comprovado pelos variogramas das simulações.

PALAVRAS-CHAVE: atributo físico; variograma; geostatística

DIRECT SEQUENTIAL SIMULATION OF TEXTURAL GRADIENT OF SOIL

ABSTRACT – Sequential simulation generates a set of image equiprobable with the same spatial variability of the experimental values. The aim of this study was to determine the spatial dependence of textural gradient of soil attributes, and use the direct sequential simulation to characterize the probability distribution of attribute site. The study area, with 1200.32 ha, was the experimental farm Edgardia in Botucatu/SP, belonging to the FCA/UNESP. The textural gradient of soil was obtained from a sampling grid of 90 points. From the model of spatial dependence was applied to direct sequential simulation. The textural gradient of soil showed spatial dependence in different directions to lesser and greater range. The sequential simulation of soil attribute represented the field reality as evidenced by variograms of the simulations.

KEY WORDS: physical attribute; variogram; geostatistics

INTRODUÇÃO

O manejo eficiente do solo requer uma compreensão dos padrões de distribuição dos atributos do solo na paisagem. O conhecimento desta distribuição do solo permite que o uso da terra seja mantido dentro de suas limitações, e, assim, os planejadores podem tomar decisões a respeito do uso e manejo dos solos.

Estudar a variabilidade espacial de atributos do solo é importante para a orientação de amostragens e interpretação dos resultados e para o levantamento e a classificação de solos (NOVAES FILHO et al., 2007). Assim, a geoestatística permite verificar a dependência espacial dos atributos do solo estudados e estimar valores em locais não amostrados.

A simulação geoestatística é um algoritmo destinado a gerar imagens que reproduzem as características da variável em estudo, tais como, a variabilidade do conjunto de amostras, a lei de distribuição da variável em estudo, e a continuidade espacial (ALMEIDA 1998; GOOVAERTS, 1997; SOARES, 2000). Assim, o princípio básico da simulação estocástica é acessar a incerteza associada à estimativa, antes mesmo de tentar alguma predição sobre os valores da própria variável. Os métodos de simulação são menos interessados na minimização do erro localmente, no entanto procuram produzir realizações que preza as feições globais dos

dados originais, como o histograma e a continuidade espacial. A medida da diferença entre várias realizações, que em média reproduzem as feições globais dos dados originais, permite quantificar a incerteza da estimativa (COSTA, 1997).

O objetivo deste estudo foi verificar a dependência espacial do atributo do solo (gradiente textural) e utilizar a simulação sequencial direta para obter valores para os locais não amostrados.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, com 1.200,32 ha, é a Fazenda Experimental Edgardia pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP, Botucatu, SP. As coordenadas geográficas são 22° 47' 30" a 22° 50' S e 48° 26'15" a 48° 22' 30" WGR e altitude entre 475 e 725 metros.

A classificação climática da região, segundo Köppen (Cfa), apresenta clima úmido mesotérmico, sem estação seca, em que a temperatura média do mês mais frio é abaixo de 18° C e do mês mais quente superior a 22° C. A precipitação média anual é de 1.530 milímetros. Remanescentes de vegetação natural foram caracterizados por formações maciças de plantas isoladas de floresta sazonal, savanas e pradarias.

A grade de amostragem (Figura 1) é de 90 pontos (25 trincheiras e 65 tradagens) coletados para a construção do mapa de solos semidetalhado por Carvalho et al. (1991).

A análise física (composição granulométrica) foi realizada de acordo com o Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1979). A partir da composição granulométrica, foi obtida a variável denominada gradiente textural, que é calculada pela divisão do teor médio de argila do horizonte B pelo teor médio do horizonte A (B/A).

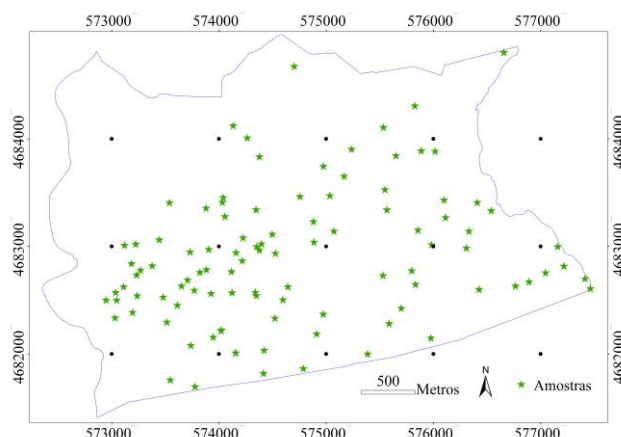


Figura 1. Malha de amostragem dos dados de solos da Fazenda Experimental Edgardia, Botucatu, SP.

A análise da variabilidade espacial dos dados foi realizada por meio da geoestatística, considerando a dependência espacial no intervalo de amostragem. A dependência espacial foi verificada pelo ajuste de variogramas com base nas pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca. O variograma é estimado pela Equação (1) (VIEIRA, 1983):

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

em que: $\gamma(h)$ – variograma estimado; $N(h)$ - número de pares de valores medidos $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$, separados por um vetor distância h .

A partir do modelo de dependência espacial foi aplicado o método de simulação sequencial direta (SSD) para caracterizar a distribuição de probabilidade local dos diferentes atributos e reproduzir a estrutura do variograma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O atributo do solo, gradiente textural, apresentou dependência espacial com anisotropia, ou seja, com diferentes direções para a mínima e máxima continuidade espacial. (Figura 2 e Tabela 1).

A maior continuidade espacial foi para a direção NE (721,25 m) e a menor continuidade espacial para a direção SO (374,27), sendo a razão de anisotropia de 1,90.

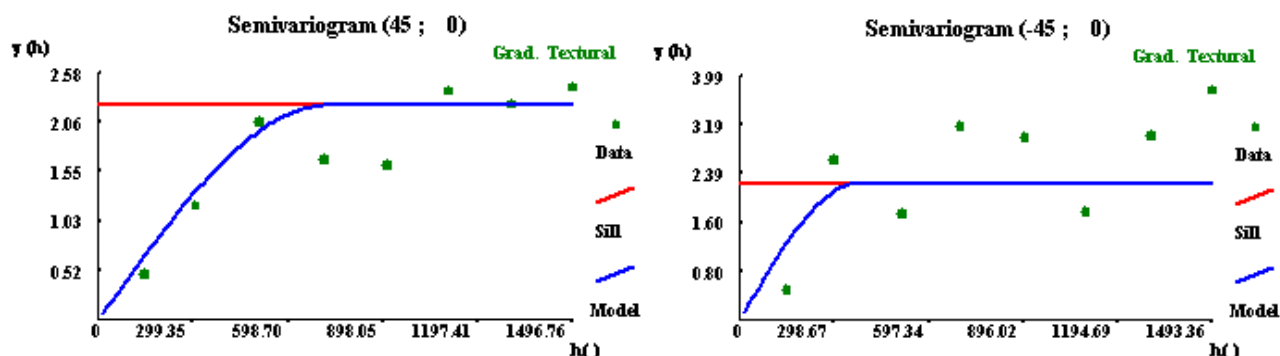


Figura 2. Variograma do gradiente textural do solo para as direções 45° e 135° (-45°).

Tabela 1. Modelo e parâmetros dos variogramas do gradiente textural do solo

Variáveis	Direção (°)	Modelo	Alcance (m)	Efeito pepita	Patamar	Razão de anisotropia
GT	45	Esférico	721,25	0,00	2,23	1,90
GT	135	Esférico	374,27	0,00	2,23	

GT: gradiente textural.

A Simulação Sequencial Direta (SSD) foi utilizada para gerar um conjunto de 30 imagens simuladas do atributo do solo, em uma grade regular de 20 por 20 m. Para apresentação neste estudo, foram selecionados aleatoriamente 2 simulações do gradiente textural (Figura 3).

Nos mapas simulados observa-se que a área em estudo apresenta predomínio de solos sem o horizonte diagnósticos Bt ($B/A > 1,7 \rightarrow Bt$), ou seja, há poucas áreas com o processo de migração de argila do solo da superfície para o subsolo, processos pedogenéticos de podzolização ou latolização.

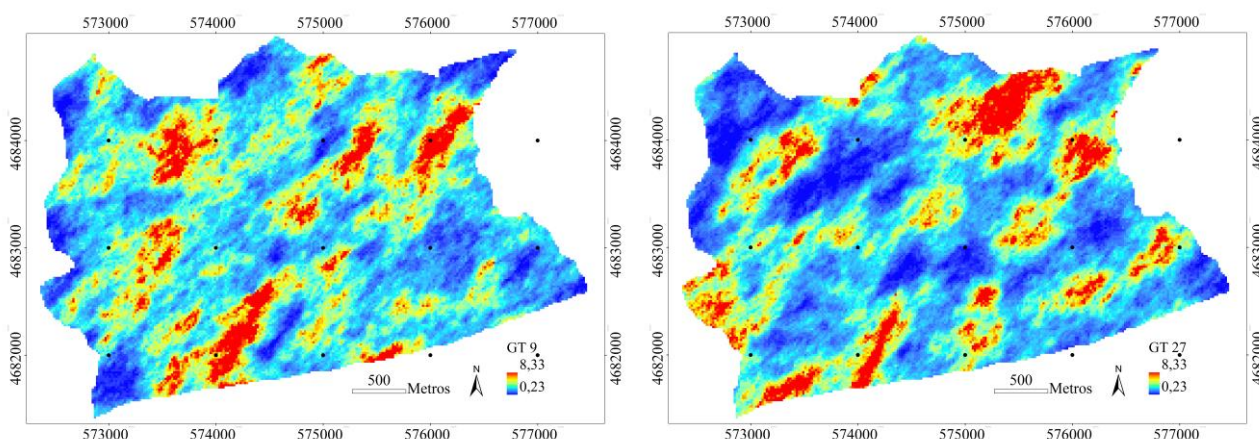


Figura 3. Simulação sequencial direta do gradiente textural.

A validação da simulação do gradiente textural do solo pode ser verificada no espaço original com a reprodução do momento de segunda ordem (Figura 4), onde estão apresentados os variogramas experimentais dos dados simulados de duas realizações escolhidas aleatoriamente e comparadas ao modelo de continuidade espacial dos dados originais do gradiente textural (Figura 2). Pode ser observado que o variograma experimental da simulação do atributo gradiente textural do solo para as direções de maior e menor continuidade espacial mostraram-se semelhante aos variogramas das amostras.

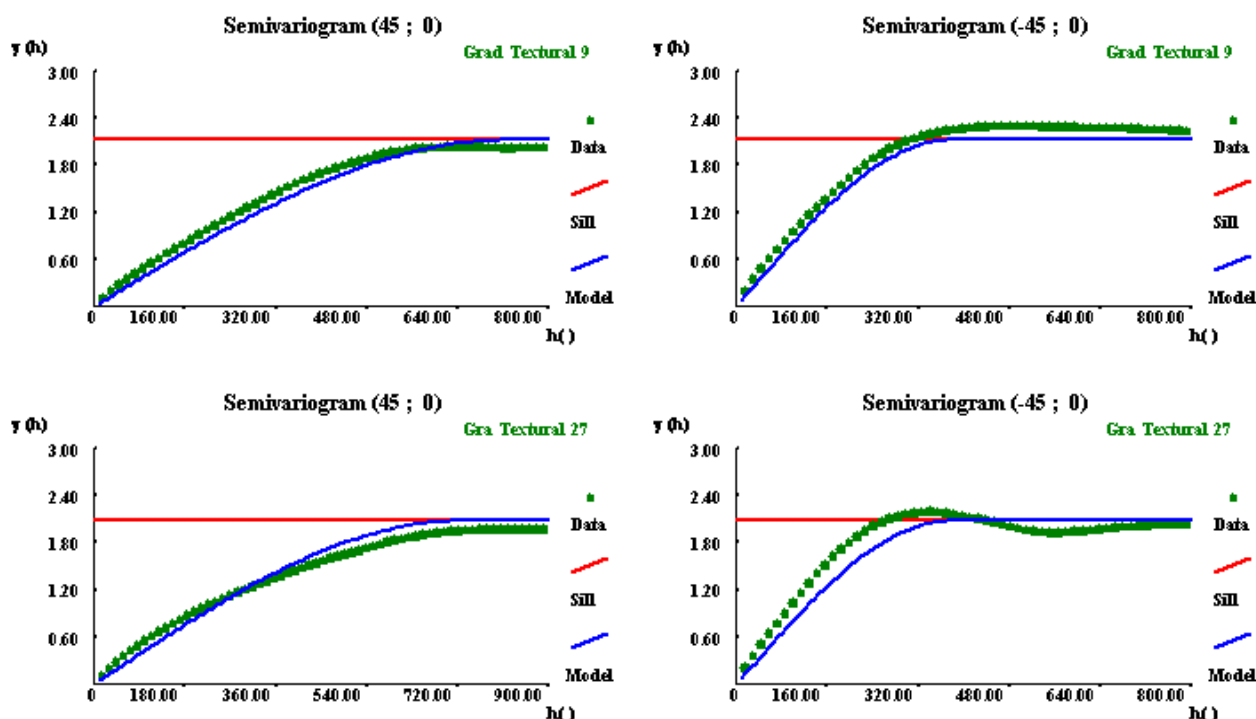


Figura 4. Variogramas das simulações do gradiente textural para as direções 45° e 135° (-45).

Na Figura 5 está representada os mapas da média e da variância do atributo gradiente textural do solo, obtidos a partir da média e da variância dos mapas das 30 simulações destes atributos, respectivamente. As áreas com maior densidade amostral e nos locais onde há amostras com altos teores próxima de amosras com baixos teores apresentaram maior variabilidade, implicando em zonas de maior incerteza quanto ao valor simulado para os atributos do solo. Estas áreas de maiores variâncias precisam de mais atenção por se tratar de locais onde a flutuação dos teores do atributo são mais significativas.

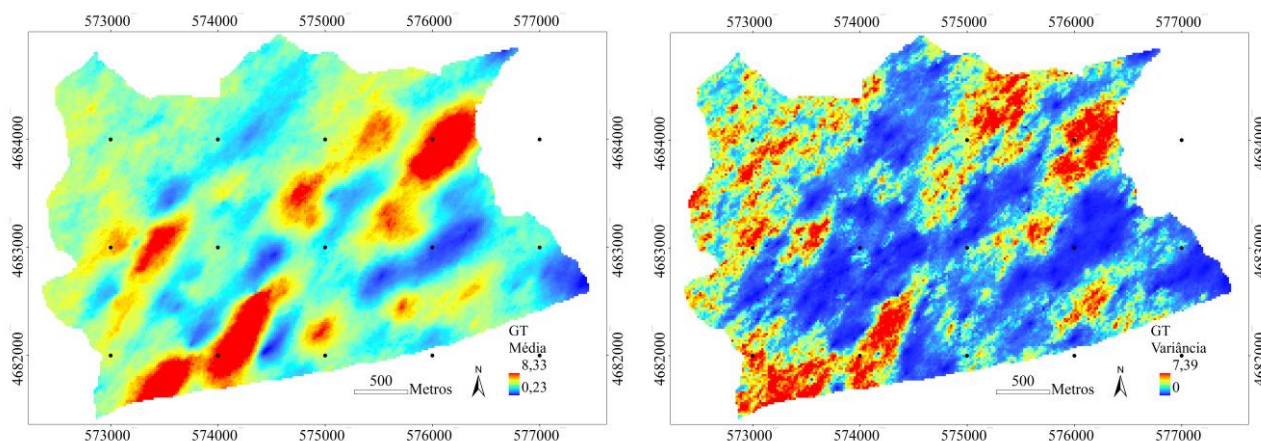


Figura 5. Mapa da média e da variância das simulações (SSD) do gradiente textural do solo.

CONCLUSÃO

O atributo gradiente textural do solo apresentou dependência espacial com diferentes direções para menor e maior alcance. A simulação sequencial direta do atributo do solo permitiu representar a realidade de campo conforme comprovado pelos variogramas das simulações. Na área de estudo houve maior ocorrência de solos sem migração de argila do horizonte A para o B.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao GEPAG – Grupo de Estudos e Pesquisas Agrícolas Georreferenciadas, departamento de Recursos Naturais – Ciências do solo da FCA/UNESP e ao CERENA Centro de Recursos Naturais e Ambiente, Instituto Superior Técnico pelo apoio e infra-estrutura. Os autores também são gratos à Capes, pela bolsa de estudos para o primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. A. **Use of Geostatistical Models to Improve Reservoir Description and Flow Simulation in Heterogeneous Oil Fields**, 1998. 115 f. Tese (Doutorado em Georrecursos), Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- CARVALHO, W. A., PANOSO, L. A., MORAES, M. H. **Levantamento semidetalhado dos solos da fazenda experimental Edgardia** – Município de Botucatu – SP. Boletim científico n.2, FCA/UNESP, Botucatu. 1991.
- COSTA, J.F.C.L. **Developments in Recoverable Reserves and Ore Body Modeling**.1997. 333 f. Tese (Doutorado em Geologia), WH Bryan Mining Geology Research Centre, The University of Queensland, Australia.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 1979.
- GOOVAERTS, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**, New York: Oxford University Press, 1997, 483 p.
- NOVAES FILHO, J. P.; COUTO, E. G.; OLIVEIRA, V. A.; JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J.; RIHA, S. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na Amazônia meridional. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 91-100, 2007.
- SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia: n.º 9. Lisboa: IST Press, 2000, 206 p.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, p.1-75, 1983.