



Mapeamento digital da fração areia em solos da Formação Botucatu em Mineiros-GO⁽¹⁾.

Thiago Andrade Bernini⁽²⁾; Cesar da Silva Chagas⁽³⁾; Mauro Antonio Homem Antunes⁽⁴⁾; André Geraldo de Lima Moraes⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq

⁽²⁾ Eng. Agrônomo; Instituto Federal do Rio de Janeiro/Campus Pinheiral; Pinheiral, RJ; thiago.bernini@ifrrj.edu.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Centro Nacional de Pesquisa em Solos, Embrapa Solos; ⁽⁴⁾ Professor Associado; Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁵⁾ Doutorando; CPGA-CS, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RESUMO: O levantamento e a análise da espacialização dos atributos do solo através de ferramentas de geoestatística é fundamental para que a terra seja cultivada segundo as suas reais aptidões. O objetivo desse estudo foi utilizar técnicas de geoestatística para analisar o padrão da variação espacial da fração areia em solos da Formação Botucatu em Mineiros-GO. A área estudada tem aproximadamente 946 ha. Foram utilizados 75 pontos para calibração e 25 para validação dos modelos avaliados, coletados em trincheiras nas profundidades de 0-20 cm e 60-80 cm. Para gerar os atributos do terreno, utilizados como variáveis independentes, foi utilizado um modelo digital de elevação (MDE) com resolução espacial de 5m. Para predição da fração areia nas duas profundidades amostradas foram utilizados a krigagem ordinária (KO), krigagem com deriva externa (KDE) e regressão linear múltipla (RLM), todos no software "R". O mapeamento pelo método de RLM evidenciou que a distribuição da fração areia na área de estudo está significativamente relacionada com a elevação. Os maiores valores de coeficiente de determinação encontrados foram 0,36 em superfície pela KO e 0,53 em subsuperfície pelos métodos de KO e KDE. O uso de geoestatística e de mapas a partir da krigagem ordinária e krigagem por deriva externa podem contribuir para o mapeamento de solos e para a identificação de áreas frágeis ao manejo.

Termos de indexação: Krigagem, Regressão Linear Múltipla, Neossolos.

INTRODUÇÃO

Os solos originados da Formação Botucatu requerem um uso e manejo adequados por terem como característica principal a textura arenosa. Esta característica associada ao manejo intensivo pode causar diminuição dos teores de matéria orgânica, reduzindo a capacidade de armazenamento de água e adsorção de nutrientes, tornando o solo suscetível à erosão e à perda de nutrientes por lixiviação.

Os solos arenosos são considerados ecologicamente muito frágeis, e o uso agrícola

destes deveria ser evitado (Zuo et al., 2008). Contudo, na região sudoeste de Goiás, a ocorrência de Neossolos Quartzarênicos é comum e a sua utilização agrícola tem trazido prejuízos relacionados a problemas ambientais.

Sendo assim, a caracterização pedológica dos solos arenosos pode possibilitar, através da avaliação dos atributos químicos e físico-hídricos, o dimensionamento de áreas com capacidade de suporte para diferentes manejos e usos.

A textura do solo, como medida indireta da capacidade de retenção de água no solo, tem sido utilizada como critério distintivo no zoneamento agrícola. No entanto, pelo fato de ocuparem, muitas das vezes, a mesma posição na paisagem, o exato estabelecimento dos limites entre os solos com diferentes texturas pelo método tradicional de levantamento de solos é complicado e oneroso, o que pode demandar muito tempo.

O levantamento e a análise da espacialização dos atributos do solo através de ferramentas de geoestatística é fundamental para que cada hectare de terra deve ser cultivado segundo as suas reais aptidões.

Este trabalho tem como objetivo utilizar de técnicas de geoestatística para analisar o padrão da variação da fração areia dos solos da Formação Botucatu em Mineiros-GO.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada na microbacia do Ribeirão Queixada, município de Mineiros (GO). A área tem aproximadamente 946 ha, sendo 364 ha cobertos por vegetação arbórea do cerrado e 582 ha utilizados na produção de cana-de-açúcar.

O relevo desta região varia de plano a suave ondulado. A geologia da área é composta basicamente, por Arenitos da Formação Botucatu, com predomínio de Neossolos Quartzarênicos, e uma pequena porção no limite sul da área com Coberturas Detrito-Lateríticas do Terciário (RADAMBRASIL, 1981).

Amostragens



No presente estudo foram utilizados 100 pontos amostrais, sendo 75 para calibração e 25 para validação dos modelos testados, coletados em trincheiras nas profundidades de 0-20 cm e 60-80 cm. A determinação da localização desses pontos foi baseada em um procedimento que utiliza o método do Hipercubo Latino (LHS) para amostragem na presença de informações auxiliares de variáveis ambientais, conforme Minasny & McBratney (2002). Estas variáveis representam atributos morfométricos derivados de um modelo digital de elevação (MDE) e dados de sensores remotos orbitais (Landsat 5) que possuem relação direta com a formação dos solos na área estudada.

A fração areia foi determinada de acordo com os procedimentos estabelecidos em Embrapa (1997).

Processamento dos dados

Para gerar os atributos do terreno utilizados como variáveis independentes na predição da areia foi utilizado um modelo digital de elevação (MDE) com resolução espacial de 5 m. No software Saga Gis 2.0.8 foram gerados os seguintes atributos do terreno: elevação, declividade, curvatura, curvatura horizontal, curvatura vertical, fator-LS, índice de umidade topográfica (IMT), área de concentração, área de concentração modificado e índice de umidade topográfica modificado (IMT-S).

Os valores referentes às covariáveis foram extraídos dos mapas dos atributos (raster) os quais foram convertidos para um tema de pontos (vetorial) de forma que toda a área de estudo fosse coberta.

Para predição e mapeamento da variável areia nas duas profundidades amostradas foram utilizados a krigagem ordinária (KO) e krigagem com deriva externa (KDE) conforme YAMAMOTO & LANDIM (2013) e regressão linear múltipla (RLM) conforme VENABLES & RIPLEY (2002) através do software "R". A validação final foi realizada utilizando 25 pontos amostrais independentes, não utilizados na calibração dos modelos, para comparar o desempenho de cada método através do coeficiente de determinação (R^2), erro médio de predição (MPE) e raiz quadrada do erro médio (RMSE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A predição da fração areia pelos métodos RLM e KDE selecionou, pela análise *stepwise*, as covariáveis elevação e IMT-S para a profundidade de 0-20 cm e elevação para a profundidade de 60-80 cm. A covariável elevação apresentou alta significância ($p < 0,001$) nas duas profundidades, correlacionando negativamente com os teores de areia. A covariável IMT-S correlacionou-se somente com a espacialização da areia em superfície, pois o

índice indica onde ocorre maior contribuição da drenagem, não se relacionando em profundidade.

O mapeamento pelo método de RLM comprovou que a distribuição da fração areia na área de estudo está significativamente relacionada com a elevação, pois na parte mais alta são encontradas Coberturas Detrito-Lateríticas, relacionadas com solos relativamente mais argilosos.

A fração areia apresentou dependência espacial, com ajustes dos semivariogramas ao modelo esférico, tanto na KO quanto na KDE (Tabela 2).

Os valores observados e preditos nos pontos de validação estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Índices extraídos da validação dos métodos por RLM, KO e KDE.

Prof.	Valores	Areia (g kg^{-1})			
		Obs.	RLM ¹	KO ²	KDE ³
0-20	Mínimo	547,0	818,4	777,5	785,8
	Mediana	890,0	844,2	869,6	855,3
	Média	863,1	852,6	861,5	855,3
	Máximo	947,0	905,8	915,4	907,5
	R^2		0,11	0,36	0,22
	MPE ⁴		-10,5	-1,6	-7,8
	RMSE ⁵		81,0	66,5	73,1
60-80	Mínimo	527,0	756,5	702,2	697,5
	Mediana	870,0	817,1	847,1	859,4
	Média	839,1	819,6	832,4	833,2
	Máximo	949,0	915,4	909,3	921,4
	R^2		0,22	0,53	0,53
	MPE ⁴		-19,5	-6,7	-5,9
	RMSE ⁵		95,1	68,4	67,6

¹ Regressão Linear Múltipla; ² Krigagem Ordinária; ³ krigagem com deriva externa; ⁴ Erro Médio de Predição; ⁵ Raiz Quadrada do Erro Médio.

Os valores de coeficiente de determinação (R^2) demonstram que a espacialização da areia na profundidade de 60-80 cm foi melhor modelado do que em superfície, com 0,53 para KO e KDE e 0,22 para RLM. Os piores resultados encontrados em superfície podem ser devido ao manejo com aração e gradagem e a erosão laminar causando descontinuidade espacial da textura do solo.

Em estudo da distribuição das frações argila e areia pelos métodos de krigagem e cokrigagem, Lima et al. (2014) observaram os maiores alcances de dependência espacial destas variáveis em subsuperfície, ajustado pelo semivariograma de modelo esférico.

De maneira geral, os modelos gerados pela RLM tiveram os piores coeficientes de determinação, apresentando valores das predições com menor amplitude do que os valores observados, variando



de 818,4 à 905,8 g kg⁻¹ de areia.

Os erros médios encontrados nos métodos apresentaram valores negativos, sendo os mais baixos pela KO e KDE, indicando subestimação dos valores amostrados.

A Figura 1 apresenta os mapas gerados pelos diferentes métodos. Todos os mapas apresentaram valores numa faixa mais restrita do que os valores observados nos pontos de calibração, que variaram de 621 e 952 g kg⁻¹ em superfície e de 534 a 943 g kg⁻¹ em subsuperfície. Os mapas de RLM apresentaram distribuição dos teores de areia semelhantes a elevação, com teores de areia variando entre 814 e 913 g kg⁻¹ em superfície e entre 750 a 925 g kg⁻¹ em subsuperfície.

Os mapas gerados por KDE deveriam ter as características dos dois outros mapas, porém gerou-se mapas muito semelhantes ao da krigagem ordinária, indicando a pouca contribuição das covariáveis.

Pelos métodos de krigagem (KO e KDE) é possível observar uma distribuição espacial mais coerente com os dados observados. Neste tipo de análise somente a variável e a distribuição dos pontos são levados em consideração, e desta maneira apresenta claramente onde são os pontos com maior concentração de areia. Os mapas de areia da profundidade de 60-80 cm podem ser de grande valia para mapeamento de solos, neste caso, separando os Neossolos Quartzarênicos das outras classes de solos. Já nos mapas de areia em superfície pode-se observar a descontinuidade ou fragmentação da distribuição espacial desta variável, como mencionado anteriormente.

CONCLUSÕES

O mapeamento pelo método de RLM evidenciou que a distribuição da fração areia na área de estudo está significativamente relacionada com a elevação.

Os maiores valores de coeficiente de determinação encontrados foram 0,36 em superfície pela KO e 0,53 em subsuperfície pelos métodos de KO e KDE.

O uso de geoestatística e de mapas a partir da krigagem ordinária e krigagem por deriva externa podem contribuir para o mapeamento de solos e para a identificação de áreas frágeis ao manejo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio da Embrapa Solos para coleta das amostras e análises de laboratório.

Agradeço ao IFRJ pelo apoio para a publicação e apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). Manual de Métodos de análise de solo 2a ed. ver. atual. Rio de Janeiro, 212p. 1997.

LIMA, J.S.S.; BONA, D.A.O.; FIEDLER, N.C.; PEREIRA, D.P. Distribuição espacial das frações granulométricas argila e areia total em um Latossolo Vermelho-Amarelo. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.38, n.3, p.513-521, 2014.

MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B. The neuro-m method for fitting neural network parametric pedotransfer functions. Soil Science Society of America Journal, v.66, p.352-361, 2002.

RADAMBRASIL—Levantamento, dos recursos naturais brasileiros. "Relatório Descritivo da Folha SD-22 Goiás." Geologia e Geomorfologia. 1981.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. Modern Applied Statistics with S (Statistics and Computing). 4th edition. Springer-Verlag, New York. 462p. 2002.

YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. Geoestatística: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 215p.

ZUO, X.; ZHAO, H.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; GUO, Y.; WANG, S.; DRAKE, S. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.99, n.2, p.202-212, 2008.

Tabela 2 – Parâmetros para geração dos mapas de areia pelos métodos de RLM, KO e KDE.

Prof.	RLM	KO				KDE			
	Covariáveis	Mod. ^{1/}	C0 ^{2/}	C1 ^{3/}	a ^{4/}	Mod. ^{1/}	C0 ^{2/}	C1 ^{3/}	a ^{4/}
0-20	Elevação+ IMT-S	Esf.	2214,7	2948,2	841,0	Esf.	0,0	4493,7	352,3
60-80	Elevação	Esf.	3210,6	5853,4	1022,8	Esf.	1746,2	6071,8	838,5

^{1/} Modelo; ^{2/} efeito pepita; ^{3/} contribuição; ^{4/} alcance; ^{5/} esférico.

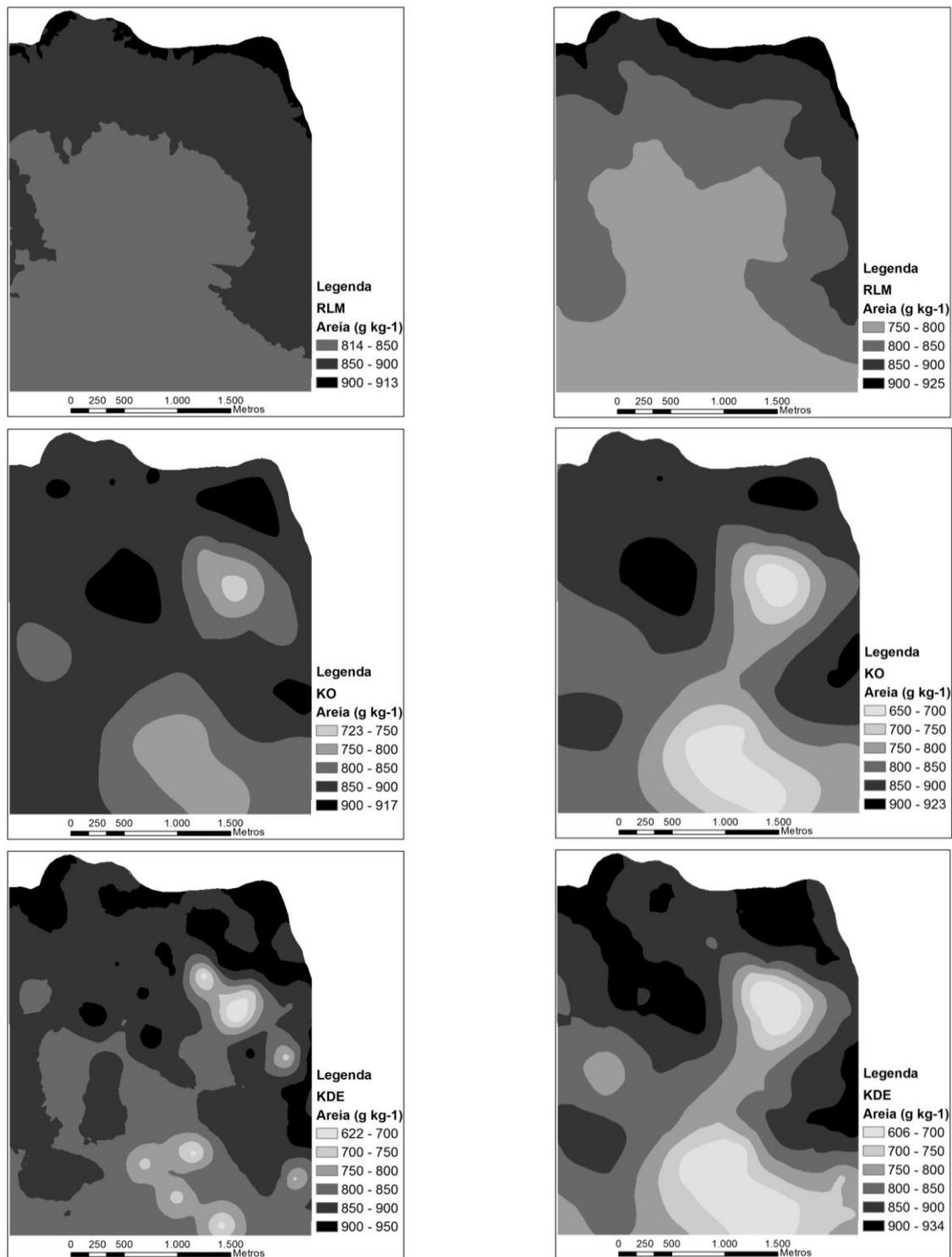


Figura 1 – Mapas de areia (g kg⁻¹) nas profundidades de 0-20 cm à esquerda e de 60-80 cm à direita, gerados por RLM, KO e KDE.