

VARIAÇÃO HORIZONTAL DOS TEORES DE FÓSFORO NO SOLO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES INSTRUMENTOS DE AMOSTRAGEM¹

Léo Adriano Chig^{}*
*José Fernando Scaramuzza^{**}*
*Eduardo Guimarães Couto^{***}*

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a variação horizontal dos teores de fósforo disponível do solo utilizando-se diferentes amostradores. Foram amostrados dois solos de diferentes texturas, NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ) e LATOSSOLO VERMELHO (LV), utilizando-se: pá-de-corte (PC – que foi considerado como padrão), trado holandês (TH) e trado sonda (SD), em uma malha de amostragem de 0,9 m x 0,9 m. Para ambos os solos foram retiradas 100 amostras simples por amostrador. A técnica de krigagem foi utilizada para mapear a variação espacial dos teores de P do solo e, a partir dos mapas obtidos, foram calculadas as diferenças dos teores obtidos com os trados em relação aos obtidos com a PC. Neste trabalho, as médias dos teores de fósforo disponível do solo não diferiram dos instrumentos de amostragem, exceto para o TH em textura arenosa. Nenhum dos instrumentos utilizados neste estudo mostrou-se apropriado para substituir a pá-de-corte na amostragem de solo quando a finalidade foi determinar a variabilidade espacial dos teores de P disponível do solo. Os teores de fósforo disponíveis obtidos das amostras de solo coletadas com o TH tiveram maior variabilidade espacial que os teores de P obtidos das amostras coletadas com o SD, em relação aos da PC. O uso de mapas interpolados pelo método de krigagem permitiu visualizar a variação horizontal dos teores de P obtidos das

* Eng.º Agrônomo, Doutorando em Agricultura Tropical, DSER/FAMEV/UFMT, Av. Fernando Corrêa, s/n, Boa Esperança, Cuiabá (MT), CEP 78.060-900. Fone (65) 3615-8616. E-mail: leochig@gmail.com

** Eng.º Agrônomo, Prof. Dr. Adjunto de Ciência do Solo, DSER/FAMEV/UFMT, Av. Fernando Corrêa, s/n, Boa Esperança, Cuiabá (MT), CEP 78.060-900. E-mail: jscaramuzza@uol.com.br

*** Eng.º Agrônomo, Prof. Dr. Associado de Ciência do Solo, DSER/FAMEV/UFMT, Av. Fernando Corrêa, s/n, Boa Esperança, Cuiabá (MT), CEP 78.060-900. E-mail: couto@cpd.ufmt.br

1 Trabalho extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor.

amostras de solo coletadas com TH e SD quando comparados àqueles obtidos com PC.

PALAVRAS-CHAVE

distribuição espacial, amostradores de solo, krigagem

**HORIZONTAL VARIATION OF AVAILABLE
SOIL PHOSPHORUS IN DIFFERENT
SOIL SAMPLING TOOLS**

The aim of this study was to characterize the spatial soil variation of available phosphorus (P) using different soil sampling tools in two soil types. For the analysis we used a flat-faced shovel (PC – considered in this study as standard soil sampling tool), a Dutch auger (TH) and a Soil hand probe (SD) for Quartzarenic Neossol - RQ and typic Red Latossol – LV. In both soils, the studied area was divided in a grid with 0.9 m x 0.9 m cells resulting in 100 sampling points on each soil by each soil-sampling tool. Kriging was used to plot the spatial variability of P. From kriging maps, the differences between P content from flat-faced shovel was calculated and for the other samples using Dunnett's test. None of the instruments used in this study was appropriate to substitute the flat-faced shovel in the soils sampling when the purpose was to determine the spatial variability of the content of available P of the soil. The obtained available match content of the soil samples collected with TH showed larger spatial variability than the content of obtained P of the samples collected with SD, in relation to the of PC. The use of maps interpolated by the kriging method allowed to visualize the horizontal variation of the content of obtained P of the soil samples collected with TH and SD when compared to those obtained with PC.

KEYWORDS

spatial distribution, soil sampling, kriging

Introdução

Atualmente, existem muitos estudos sobre a distribuição espacial dos atributos físico-químicos do solo (Couto *et al.*, 1997).

Esta distribuição ocorre naturalmente como consequência de processos pedogenéticos (Mausbach & Wilding, 1991), e manifesta-se nas direções horizontal e vertical, mas pode ser alterada pelas ações antrópicas, mediante o manejo do solo (James & Wells, 1990).

Geralmente, em solos sob sistema de plantio direto (SPD), a variação espacial dos atributos físico-químicos do solo é maior que em solos sob o sistema de cultivo convencional (SPC) (Salet *et al.*, 1996; Anghinoni & Salet, 1998).

A interpretação da variabilidade espacial dos atributos físico-químicos do solo pode ser afetada quando a amostragem e a manipulação das amostras de solo forem inadequadas. Segundo Wendt (2006), o instrumento de amostragem de solo pode ser uma fonte de variação. De acordo com Silva *et al.* (2003), cada instrumento coleta diferentes volumes de terra podendo resultar em diferente composição nas sub-amostras.

Na agricultura não existe um amostrador de solo considerado padrão com o objetivo de avaliar a fertilidade do solo, embora alguns estudos tenham observado a existência de variação nos resultados das análises de solo em função do amostrador utilizado (Sguarezi & Couto, 2003; Schindwein & Anghinoni, 1998; Bacchi *et al.*, 1996 e Bacchi *et al.*, 1995). Estes estudos levaram a hipótese de que o amostrador utilizado para coleta de solo pode influenciar nas interpretações das análises de solo, em geral superestimando ou subestimando os teores dos nutrientes do solo (Arruda, 2005).

O objetivo deste estudo foi caracterizar a variação horizontal do teor de fósforo disponível do solo em função de três amostradores de solo.

Material e Métodos

Após colheita da soja foram coletadas amostras de solo em duas propriedades da região sudeste de Mato Grosso: Área 1 - sob Latossolo Vermelho - LV (390 g kg⁻¹ de argila), manejada há 10 anos, no sistema de plantio direto - SPD (Fazenda Modelo - Campo Verde); e Área 2 - sob Neossolo Quartzarênico - RQ (43,2

g kg⁻¹ de argila), área de primeiro ano de cultivo gradeada após colheita (Fazenda São Miguel – Jaciara).

As amostras de solos foram coletadas com trado holandês (TH), trado sonda (SD) e pá-de-corte (PC). Para cada instrumento foram coletadas, sistematicamente, 100 amostras simples de 0 a 0,20 m de profundidade, em malha fixa de 0,9 m x 0,9 m (totalizando 81 m²), sendo que em cada ponto de amostragem a coleta de solo com os diferentes instrumentos foi feita a 0,20 m uma da outra. Esse espaçamento foi adotado para evitar a linha de adubação existente no LV, as amostras foram retiradas nas entrelinhas, enquanto que, no RQ por ser uma área recém gradeada foi dispensado este procedimento. Por ser um equipamento de amostragem barato e de fácil manuseio, a pá-de-corte (PC) foi considerada padrão.

As amostras de solo foram preparadas conforme Embrapa (1997), no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso. O P disponível foi extraído com Mehlich-1 (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N) conforme Embrapa (1997). A dosagem foi feita conforme De Felippo e Ribeiro (1991).

Com os teores de P obtidos com cada uma das ferramentas utilizadas, foram realizadas análises estatísticas em três fases: I - teste de normalidade; II – estatística descritiva (a média, o desvio padrão, e o coeficiente de variação); e III – cálculo de semivariogramas (que foram examinados e definidos observando-se as diferenças entre o efeito pepita, o patamar e o alcance com o uso da Geoestatística). A determinação do semivariograma foi realizada utilizando-se a equação (1):

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

onde: $\gamma^*(h)$ corresponde aos valores de h do semivariograma; N(h) é o número de pares experimentais de dados separados por uma distância h; Z(xi) é o valor determinado em cada

ponto amostrado; $Z(x_i + h)$ é o valor medido num ponto mais uma distância h (Isaaks e Srivastava, 1989).

Uma vez constatada a existência de dependência espacial (Cambardella *et al.*, 1994), os modelos teóricos dos semivariogramas foram determinados pela aptidão matemática do modelo para os valores $\gamma^*(h)$. Os dados foram ajustados para modelo Esférico (Esf.), $\gamma^*(h) = C_0 + C_1 [1,5 (h/a) - 0,5 (h/a)^3]$, e $\gamma^*(h) = C_0 + C_1$ para $h > a$; ou *Exponencial* (Exp.), $\gamma^*(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-3h/a)]$, onde C_0 é o efeito pepita, $C_0 + C_1$ é o patamar, a é o alcance, conforme o método de validação cruzada utilizando-se do software GS+ (Gamma Design Inc., Plainwell, MI).

Os teores de P disponível do solo foram interpolados usando a variância mínima através da técnica de krigagem (Vieira, 2000). O estimador de krigagem $z^*(x)$ e a localização x_0 foram expressos por:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

onde: λ_i é o efeito da krigagem associado à observação de um local x_i . Quando submetido à análise imparcial, usando a variância mínima através da técnica de krigagem, N é o número de valores medidos, $Z^*(x_i)$, envolvidos na estimativa.

A krigagem ordinária foi usada para estimar o P das amostras simples. A validação cruzada foi utilizada para avaliar a precisão estimada. Cada ponto medido em um conjunto de amostras estava individualmente removido do conjunto e seu valor foi estimado via krigagem para todo restante das observações (Isaaks e Srivastava, 1989).

Após este procedimento, o software Surfer 8.0 (Golden Software, Inc., New York, NY, 2002) foi utilizado para obter os mapas de distribuição de espacial do P disponível do solo.

Os amostradores de solo foram avaliados pela diferença entre os mapas estimados para os trados (holandês - TH e sonda - SD) e a pá-de-corte (PC) considerada como padrão. Esta ope-

ração foi realizada no *software* de Surfer (Surfer 8.0, 2002), e os resultados dos mapas apresentaram valores positivo, negativo e zero (0) (respectivamente, maiores, menores e iguais aos valores obtidos com a PC).

Com esses resultados, foi calculado um “intervalo de confiança” com:

$$CI = \pm t_{\alpha / 2, n - 1} \times S_e \quad (3)$$

onde: n é o tamanho da amostra (estimado por krigagem), $t_{\alpha / 2, n - 1}$ é o valor crítico para o teste bilateral (1,96 para $n = \infty$ e $\alpha = 0,05$) e S_e é o valor estimado com $S(PC)/n(PC)$

Os valores acima do limite superior foram considerados superestimados e os valores abaixo do limite inferior foram considerados subestimados em relação a valores obtidos com a PC.

As áreas correspondentes aos valores positivos, negativos e zero (0) foram calculadas usando o *software* de SIARCS (Embrapa, 1998). Com os valores obtidos foram calculadas as porcentagem das diferenças das áreas da distribuição especial dos mapas dos teores de P em que os dados obtidos com TH e com SD, foram iguais, acima ou abaixo aos obtidos com a PC nos dois solos estudados (LV e RQ).

Resultados e Discussão

O menor teor de fósforo ($2,0 \text{ mg dm}^{-3}$) foi obtido nas amostras de solo coletadas com o TH e SD no RQ e o maior teor de fósforo ($27,1 \text{ mg dm}^{-3}$) foi obtido nas amostras de solo coletadas com o SD no LV (Tab. 1). Conforme a Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais - CFSEMG (1999) e Tomé Jr. (1997), os teores de fósforo foram considerados desde muito baixo no RQ para todos os instrumentos e muito baixo no LV com o TH e baixos com PC e SD, até médio para todos os instrumentos no RQ e muito bom para todos os instrumentos no LV.

Schlindwein & Anghinoni (1998), obtiveram os maiores teores de P disponível utilizando a pá de corte. Esses autores

utilizaram a pá de corte e o trado de rosca para coleta de amostras em área há 12 anos sob plantio direto e atribuíram o resultado às perdas de solo da camada superficial, onde estariam concentrados os nutrientes no momento da amostragem com trado de rosca.

A média da amplitude e a média do coeficiente de variação (CV%) dos valores de fósforo no LV e RQ foi de 19,8 mg dm⁻³ e 22,6 mg dm⁻³, e 39,3% e 52%, respectivamente. A classificação do CV proposta por Pimentel-Gomes (2000), em ambos os solos, os teores de P tiveram uma dispersão muito forte. Possivelmente essa variação se deve às características dos solos, em virtude da obtenção de amostras pontuais (simples).

De modo geral, os CV do solo arenoso foram maiores que os do solo argiloso. Schlindwein *et al.* (1998) em solo sob plantio direto; Silva *et al.* (2000) em Latossolo Vermelho Escuro, Silva (2002) em Latossolo Vermelho distrófico, Alvarez V. & Guarçoni (2003) em Argissolo Vermelho; Souza *et al.* (2006) em LVef, encontraram valores de CV maiores que 50% para P.

Não houve diferença entre os teores de P das amostras obtidas com o TH e o SD no LV em relação aos da PC por Dunnett a 5% de probabilidade. No RQ, somente os teores de P obtidos com o TH diferiram dos da PC. Schlindwein & Anghinoni (1998), Bacchi *et al.* (1996) e Bacchi *et al.* (1995), observaram que os amostradores de solo influenciaram nos resultados da análise de solo. Alvarez V. & Guarçoni (2003) e Arruda (2005) não encontraram diferenças nos teores de P entre o trado rosca e a pá-de-corte.

TABELA 1 – Estatística descritiva dos teores de P (mg dm⁻³) das áreas estudadas

C.S. ¹	A ²	Instrumentos ³	Min ⁴	Max ⁵	Amplitude ⁶	Media ⁷	D.P. ⁸	CV ⁹	G.D. ¹⁰	
LV	1	PC	5,5	23,0	17,6	10,8	a	3,6	33,4	FR*
		TH	2,3	22,4	20,2	8,6	a	4,2	48,4	FR*
		SD	5,4	27,1	21,7	10,4	a	3,8	36,1	FR*
Média			4,4	24,2	19,8	9,9		3,9	39,3	FR*
RQ	2	PC	2,1	22,5	20,4	12,1	a	5,1	42,5	FR*
		TH	2,0	24,7	22,7	8,2	b	5,7	69,5	FR*
		SD	2,0	24,7	24,7	11,4	a	5,0	44,0	FR*
Média			2,0	24,0	22,6	10,6		5,3	52,0	FR*

¹Classe de solo: LV = LATOSSOLO VERMELHO, RQ = NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, ²Refere-se a área: Área 1 = Talhão 08 em Fazenda Modelo em Campo Verde - MT; e área 2 = Talhão 1 Fazenda São Miguel em Jaciara - MT, ³Instrumentos: PC = pá-de-corte; TH = Trado Holandês; e SD = Trado Sonda, ⁴Valor mínimo, ⁵Valor de máximo, ⁶Médias, ⁷Médias dos teores de P das amostras de solo coletadas com TH e SD seguidas de mesma letra não diferem dos teores de P das amostras coletadas com a pá-de-corte (PC) pelo teste do Dunnett a 5% de probabilidade, ⁸Desvio padrão, ⁹Coefficiente de variação, ¹⁰Grau de dispersão: *B = Baixo = CV ≥ 10%; M = Moderado = 10% < CV < 20%; F = Forte = 20% > CV < 30%; e FR = Muito forte = 30% > CV (Pimentel-Gomes, 2000).

De acordo com os critérios de Cambardella *et al.* (1994), os teores de fósforo coletados com os diferentes instrumentos possuem forte dependência de espacial. Isso demonstra que os semivariogramas explicam a variância dos dados experimentais.

A dependência espacial dos teores de fósforo foi melhor ajustada aos modelos dos semivariogramas esférico e exponencial (Tab. 2). Mesma tendência foi observada por Mcbratney & Webster (1986), Cambardella *et al.* (1994), Vieira (1997), Tsegaye & Hill (1998), Carvalho *et al.* (2002), Vendrusculo (2003), Souza *et al.* (2006).

Tabela 2 – Característica dos Semivariogramas dos teores de P (mg dm^{-3}) das áreas estudadas

C.S. ¹	A ²	Instr. ³	M ⁴	C ₀ ⁵	C ₀ +C ⁶	Ao ⁷	R ² (s) ⁸	SQR ⁹	C ₀ / C ₀ +C ¹⁰	D.E. ¹¹
LV	1	PC	Exp.	0,98	7,34	2,46	0,83	0,77	0,13	S*
		TH	Exp.	0,68	5,29	3,00	0,97	0,07	0,12	S*
		SD	Esf.	0,01	6,72	2,09	0,94	0,48	0,001	S*
RQ	2	PC	Exp.	0,01	20,71	2,07	0,96	2,71	0,0004	S*
		TH	Exp.	2,55	28,85	2,19	0,81	11,4	0,08	S*
		SD	Esf.	0,27	8,58	1,76	0,90	0,57	0,03	S*
Média geral				0,75	12,91	2,26	0,90	2,66	0,06	S*

Classe de solo: LV = LATOSSOLO VERMELHO, RQ = NEOSSOLO QUARTZARENICO, Refere-se à área: Área 1 = Talhão 08 em Fazenda Modelo em Campo Verde - MT; E área 2 = Talhão 1 Fazenda São Miguel em Jaciara - MT, Instrumentos: PC = pá-de-corte; TH = Trado Holandês; e SD = Trado Sonda, Modelo matemático do semivariograma: Esf. = Esférico, Exp = Exponencial; Efeito pepita; Patamar; Alcance (m); Coeficiente de regressão do semivariograma; Soma do quadrado do Resíduo; Relação entre o Efeito de pepita e o Patamar; Dependência de espacial: *De acordo com a Cambardella et al. (1994) é: S = Forte = $C_0/C_0+C = 0,25$; M = Moderado = $0,25 > C_0/C_0+C = 0,75$; e L = Baixo = $0,75 > C_0/C_0+C < 100$.

A distância na qual as observações tornam-se independentes é chamada de alcance (Ao), ou seja, determinações realizadas a distâncias maiores que o Ao têm distribuição espacial aleatória e, por isso, são independentes entre si, pode-se, assim, aplicar a estatística clássica. Por outro lado, determinações realizadas em distâncias menores que o Ao são correlacionadas umas as outras, permitindo que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados. O Ao dos teores de P variou de 1,76 m no RQ até 3,00 m LV, para a amostragem de solo coletados com SD e TH, respectivamente, ou seja, 1,7 vezes maior em relação ao mínimo observado (Tab. 2). Isto quer dizer que para a caracterização das amostragens de solo coletadas no RQ com SD, seria necessário um número maior de amostras de solo para o SD quando comparado ao TH no LV.

A distribuição espacial dos teores de fósforo pode ser visualizada nos mapas de isolinhas desenvolvidos através da interpolação dos dados pelo método da krigagem (Figuras 1 e 2). As linhas mais próximas são caracterizadas pela elevada variabilidade, enquanto a presença das linhas mais espaçadas apresenta

condições de baixa variabilidade. Visualmente não foi possível identificar semelhanças entre os mapas da distribuição de espacial dos teores de P das amostras de solo coletadas com PC, TH e SD em ambos os solos.

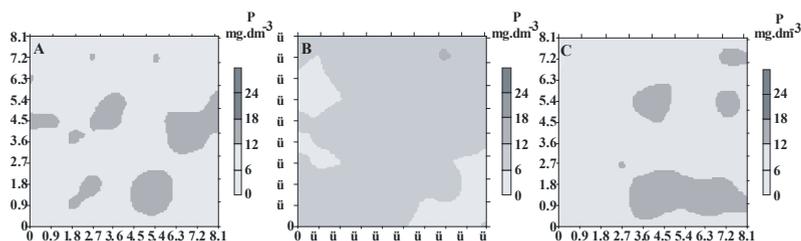


Figura 1. Distribuição de espacial dos teores de P das amostras de solo obtidas com PC (A), com TH (B) e com SD (C) em uma malha de 0,9 m x 0,9 m em um Latossolo Vermelho de Campo Verde – MT.

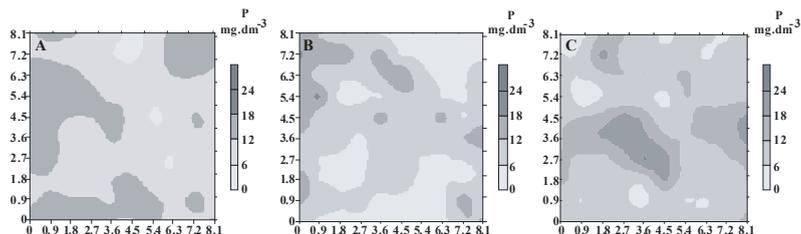


Figura 2. Distribuição de espacial dos teores de P das amostras de solo obtidas com PC (A), com TH (B) e com SD (C) em uma malha de 0,9 m x 0,9 m em um Neossolo Quartzarênico de Jaciara – MT.

Os mapas da distribuição espacial das diferenças dos teores de fósforo das amostras de solos obtidas com TH e com SD em relação a PC podem ser visualizados na Figura 3, e a porcentagem dessas diferenças pode ser observada na Figura 4. Os teores de P diferiram conforme a ferramenta de amostragem de solo. De modo geral, tanto o SD quanto o TH tenderam a subestimar os teores de fósforo quando comparados à PC, especialmente o TH.

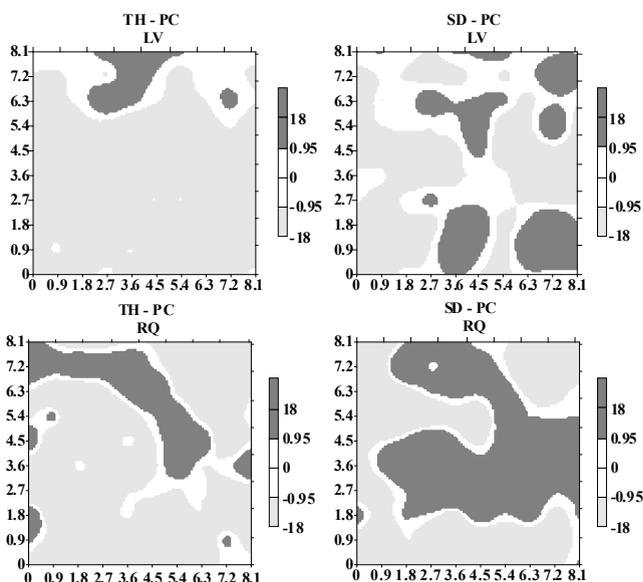


Figura 3. Distribuição espacial das diferenças dos teores de P em função dos mapas dos teores de P das amostras de solo obtidas com TH e com SD em relação a PC. Os teores de P foram iguais ($-0,95$ a $0,95$), maiores ($>0,95$) e menores ($<-0,95$) aos da PC no LV e no RQ.

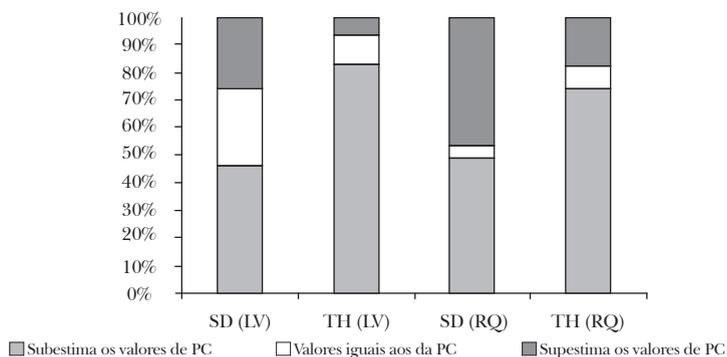


Figura 4. Porcentagem das diferenças das áreas da distribuição espacial dos mapas dos teores de P em que os dados obtidos com TH e com SD, foram iguais, acima ou abaixo aos da PC no LV e no RQ.

Conclusões

1. As médias dos teores de fósforo disponível do solo não diferiram com os instrumentos de amostragem, exceto para o TH em textura arenosa.

2. Nenhum dos instrumentos utilizados neste estudo mostrou-se apropriado para substituir a pá-de-corte na amostragem de solo quando a finalidade foi determinar a variabilidade espacial dos teores de P disponível do solo.

3. Os teores de fósforo disponíveis obtidos das amostras de solo coletadas com o TH tiveram maior variabilidade espacial que os teores de P obtidos das amostras coletadas com o SD, em relação aos da PC.

4. O uso de mapas interpolados pelo método de krigagem permitiu visualizar a variação horizontal dos teores de P obtidos das amostras de solo coletadas com TH e SD quando comparados àqueles obtidos com PC.

Agradecimento

Agradecemos à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos pelos recursos providos na execução deste trabalho, aos proprietários das áreas utilizadas pela disponibilidade e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Literatura Citada

ALVAREZ V., V. H.; GUARÇONI M. A. Variabilidade horizontal da fertilidade do solo de uma unidade de amostragem em sistema Plantio Direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:297-310, 2003.

ARRUDA, J. A.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, I. F.; ALVES, J. C.; LOPES, A. R. S. Variabilidade horizontal de características químicas do solo em função de sistemas de manejo do solo e do instrumento de coleta das amostras. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 2005. *Anais*. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

BACCHI, G. S.; SPAROVEK, G.; FRANCO, A. P. B. Influência de diferentes métodos de coleta de amostras, no resultado de análise de terra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Viçosa, 1995. *Anais*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.589-591.

BACCHI, G.; SPAROVEK, G.; FRANCO, A. P. B.; SILVA, A. C. Influência do método de coleta de amostras de terra em área de plantio direto, no resultado de análises químicas de rotina. *Revista da Universidade de Alfenas*, Alfenas, 2:129-134. 1996.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORNA, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Sci Soc. Am J*, 58:1501-1511. 1994.

CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Amostragem do solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. 5ª ed. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.13-20.

CARVALHO, J. R. P. D.; SILVEIRA, P. M. D.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1151-1159. 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação*./ Coordenadores: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H., Viçosa, 1999. 360p.

COUTO, E. G.; STEIN, A.; KLAMT, E. LARGE AREA SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHEMICAL PROPERTIES IN CENTRAL BRAZIL. *Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam*, 66:139-152, 1997.

DAVIS, J. G.; HOSSNER, L. R.; WILDING, L. P.; MANU, A. Variability of soil chemical properties in two sandy, dunal soils of Niger. *Soil Sci Soc. Am J*. 159:321-330. 1995.

DeFELIPPO, B. V. & RIBEIRO, A. C. *Análise química do solo (metodologia)*. Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, Viçosa, 1991. 17p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. SIARCS 3.0. *Manual do usuário*. São Carlos, EMBRAPA - CNPDIA. 1998. 30p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solos/Centro Nacional de pesquisa de solos*, 2. ed., rev. atual, Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPDS, Documento: 1).

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford: Oxford University Press. 1989. 561p.

LOPES, A. S.; GUIMARÃES, M. P. G. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação*. Lavras: CFSEMG/ESAL, 1989. 159p.

McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions or semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Soil Sci Soc Am J, Madison*, 37:617-639. 1986.

PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.

RAIJ, B. Van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

ROBERTSON, G. P. GS⁺: Geostatistic for the enviroment sciences – GS⁺ user's guide version 5, Plainwell, Gamma Desing Software, 2000. 200p.

SCHLINDWEIN, J. A.; SALET, R. L.; ANGHINONI, I. Variabilidade dos índices de fertilidade do solo no sistema plantio direto e coletas de amostras representativas do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2. Caxambú, 1998. *Anais*. Caxambú, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.265.

SCHLINDWEIN, J.A. & ANGHINONI, I. Variabilidade dos índices de fertilidade do solo no sistema plantio direto e coletas de amostras representativas. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2. Santa Maria, 1998. *Anais*. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.142-145.

SGUAREZI, J. J.; COUTO, E. G. Sampling spacing for soil fertility mapping in a no-till system in Mato Grosso, Brazil. *Revista Agricultura Tropical*, Cuiabá, 7:111-119. 2003.

SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; CARMO, C. A. F. S.; SIMÕES, M. Amostragem e variabilidade de atributos de solo e planta em área de soja sob plantio direto. In: Fertibio 2000, 2000. *Anais*. Santa Maria. Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas (SFNP). Método laboratoriais, 2000. CD-ROM.

SILVA, M. A. G. da; MUNIZ, A. S.; SENGIK, E.; MATA, J. de D. V. da; CARISSIMI, C.; CEGANA, A. C. Amostragem e variabilidade nos atributos de fertilidade em um Latossolo sob plantio direto em São Miguel do Iguacu, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum: Agronomy*. Maringá, 25:243-248. 2003.

SILVA, M. L. de S. Sistema de amostragem do solo e avaliação da disponibilidade de fósforo na fase de implantação do plantio direto. Piracicaba, USP/ESALQ, 2002. 97p. *Dissertação...* (Mestrado em Agronomia).

SOUZA, ZIGOMAR MENEZES de, MARQUES JUNIOR, JOSÉ, PEREIRA, GENER TADEU et al. Otimização amostral de atributos de Latossolo considerando aspectos solo-relevo. *Cienc. Rural*, 36:829-836. 2006.

STARITSKY, I. G. & STEIN, A. SPATANAL, SPATIN and OPTIM Software. Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1993. 19p.

SURFER. Surfer 8.0: Contouring and 3d surface mapping for scientists and engineers. *User's Guide*. New York: Golden Software, Inc., 2002. 619p.

TOMÉ Jr., J. B. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba-RS: Agropecuária, 1997. 247p.

TSEGAYE, T.; HILL, R.L. Intensive tillage effects on spatial variability of soil test, plant growth, and nutrient uptake measurements. *Soil Science*, 163:155-165, 1998.

VENDRUSCULO, L. G. *Uso de índices de desempenho e do critério de arkaike para ajuste de Modelos de Semivariograma*. EMBRAPA. Campinas. 2003. 5p. (Comunicado Técnico, 58).

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Tópicos em Ciências do Solo/Roberto F. Novais; Victor Hugo Alvarez V. & Carlos E. Schaefer. *Publicação da Sociedade Brasileira de Ciências do solo*, vol. 1/Editor: Freitas, José Roberto de, Viçosa, 2000. p.1-54.

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

WENDT, J. W. A Soil Probe Pulling Device Facilitates Soil Sampling. *Soil Sci Soc Am J.*, 70:2161-2163. 2006.