

## USO DA GEOESTATÍSTICA NO ESTUDO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO EM PROPRIEDADES RURAIS DE BASE FAMILIAR

SUZANA COSTA WRUBLACK, FERNANDA NENEVÊ<sup>2</sup>, ERIVELTO MERCANTE<sup>3</sup>, MURILO RENAN GARCIA<sup>4</sup>, DENISE MARIA GRZEGOZEWSKI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola – PGEAGRI, UNIOESTE Cascavel – PR, Fone: (0xx45) 3220-3196 wrublack@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduanda do curso de Engenharia Agrícola, UNIOESTE Cascavel – PR.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Professor Doutor, Curso de Engenharia Agrícola, UNIOESTE Cascavel – PR

<sup>4</sup> Mestrando em Eng<sup>o</sup> Agrícola, UNIOESTE Cascavel – PR

<sup>5</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Fone: (45) 32203228, denisegrzegowski@gmail.com

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** O acompanhamento da fertilidade do solo é de fundamental importância, pois por meio dele é possível o reconhecimento da disponibilidade de nutrientes, possibilitando o suprimento de acordo com as necessidades das culturas. Como ferramenta para a realização destes estudos, a geoestatística vem sendo empregada para analisar e estimar valores de uma variável georreferenciada. Este trabalho foi realizado em 57 propriedades rurais de base familiar, no município de Salto do Lontra/PR, durante o triênio de 2011 a 2013. Foram coletadas cinco sub-amostras de solo para compor uma amostra composta em cada propriedade e as coordenadas de cada ponto de coleta foram marcadas com auxílio de um GPS topográfico. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a variabilidade dos atributos químicos do solo: fósforo (P), potássio (K) e potencial hidrogeniônico (pH). A partir dos resultados das análises químicas do solo, foi estruturado um banco de dados geográficos em SIG. A variabilidade espacial foi evidenciada por meio dos mapas temáticos obtidos, possibilitando o reconhecimento das concentrações e desta forma, subsidiando com informações que possam servir para definições de ações de manejo e conservação do solo, com vistas a fertilidade do solo e nutrição de plantas, contribuindo dessa forma para a produção agrícola sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** geoestatística, variabilidade espacial, nutrientes do solo.

## THE USE OF GEOSTATISTICS IN THE STUDY OF SPATIAL VARIABILITY OF SOIL'S FERTILITY IN RURAL FAMILY PROPERTIES

**ABSTRACT:** The monitoring of soil fertility is fundamental importance, because through it is possible the recognize of the availability of nutrients, enabling the supply according to crop needs. As a tool for such studies, the geostatistics has been used to analyze and estimate values of a georeferenced variable. This study was conducted on 57 family-based farms in the municipality of Salto do Lontra/PR, during the triennium 2011-2013. Were collected five sub-samples's soil to compose a composite sample in each property and the coordinates of each point of sample collection were marked with the aid of a topographic GPS. The aim of this study was to characterize the variability of chemical attribute's soil: phosphorus (P), potassium (K) and hydrogen potential (pH). From the results of chemical analyzes of the soil, was structured a geografic database in GIS. The spatial variability was evidenced through the thematic maps obtained, allowing the recognition of concentrations and thus supporting with information that can serve to definitions of soil's conservation

and management actions, with objective of soil fertility and plant nutrition, contributing thus for sustainable agricultural production.

**KEYWORDS:** geostatistics, spatial variability, soil nutrients.

**INTRODUÇÃO:** O processo de acompanhamento da fertilidade do solo possibilita o reconhecimento da disponibilidade dos nutrientes no solo, viabilizando o suprimento, de acordo com as necessidades da cultura. Sabe-se, no entanto, que a disponibilidade de nutrientes no solo varia espacialmente, o que pode exigir aplicações localizadas com taxas variáveis para promover o uso racional de insumos. A determinação desta variabilidade espacial pode ser realizada pelo uso da Geoestatística, técnica que leva em consideração a localização georreferenciada do ponto amostral (SANTOS et al., 2011). Aliando a geoestatística à agricultura de precisão, pode-se identificar, entre as amostras, uma possível correlação espacial e, assim, realizar estimativas de valores de locais não amostrados a partir das amostras coletadas, obtendo-se então o mapeamento dos atributos do solo (BAIO, 2001). Com a utilização adequada de insumos agrícolas, nas quantidades e nos locais necessários, a atividade aproxima-se mais do conceito de agricultura sustentável. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a variabilidade dos atributos químicos do solo fósforo (P), potássio (K) e potencial hidrogeniônico (pH) de áreas agrícolas localizadas no município de Salto do Lontra, Sudoeste do Paraná, a fim de fornecer informações para melhor uso e ocupação do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A variabilidade espacial da fertilidade do solo foi avaliada em 57 propriedades rurais de base familiar no município de Salto do Lontra/PR. A amostragem do solo consistiu em 5 sub-amostras que compuseram uma amostra composta em cada propriedade, que foram analisados por meio da Geoestatística na profundidade 0,00 a 0,20 m em malha irregular, coletados no triênio de 2011 a 2013. Foram determinadas as variáveis potássio, fósforo e potencial hidrogeniônico. Para a realização da análise geoestatística foi utilizado o módulo geoR (RIBEIRO JUNIOR e DIGGLE, 2001) ao software livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014). Primeiramente foi realizada uma análise descritiva dos dados. Em um segundo momento, fez-se a análise geoestatística, construindo-se os semivariogramas direcionais, fazendo a escolha do melhor modelo, para então construir o semivariograma omnidirecional e em seguida a elaboração dos mapas temáticos por meio da interpolação por Krigagem.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 apresenta-se a análise exploratória geral dos valores encontrados para as variáveis do solo potássio (K), fósforo (P) e potencial hidrogeniônico (pH) no triênio de 2011 a 2013.

TABELA 1. Análise descritiva e exploratória dos dados de K, P e pH nos anos de 2011, 2012 e 2013.

Variável	Ano	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo	Variância	Desvio padrão	Coefficiente de variação
K	2011	0,06	0,30	0,45	0,50	0,58	1,14	0,09	0,30	60,17
	2012	0,15	0,37	0,54	0,62	0,87	1,14	0,09	0,31	50,00
	2013	0,12	0,25	0,36	0,46	0,55	1,14	0,09	0,30	65,24
P	2011	1,80	4,00	7,80	11,18	13,40	60,00	132,68	11,51	103,07
	2012	1,30	5,20	9,60	14,10	19,10	60,00	194,77	13,95	98,96
	2013	1,20	6,00	9,40	15,32	18,00	60,00	236,61	15,38	100,38
pH	2011	4,30	5,00	5,30	5,28	5,60	6,50	0,19	0,44	8,42
	2012	4,00	4,80	5,30	5,17	5,50	6,20	0,15	0,39	7,59
	2013	4,40	5,10	5,40	5,38	5,70	6,50	0,17	0,41	7,79

Os dados de potássio (K) apresentaram médias de 0,46 a 0,56 no triênio sob estudo. A concentração deste nutriente atende às necessidades para cultivo de soja e milho. Os valores obtidos para o nutriente fósforo (P) foi de 11,18; 14,10 e 15,32 respectivamente, nos três anos. Esta concentração de nutrientes

é considerada muito alta. E a média dos valores de pH foi de 5,28; 5,17 e 5,38. Este intervalo de pH é considerado alto. O Coeficiente de variação, segundo Pimentel Gomes (1990), foi classificado, nos três anos, como muito altos (> 30%), para as variáveis K e P. Já para a variável pH este, foi classificado, nos três anos, com baixa dispersão (< 10%). Ressaltando a importância do acompanhamento temporal da fertilidade do solo. Para a análise geoestatística dos dados foram encontrados os parâmetros dos modelos esférico, exponencial, Gaussiano e Matérn (k=1), testados nos métodos dos Mínimos quadrados ordinários (OLS), Mínimos quadrados ponderados (WLS), Máxima verossimilhança (ML) e Máxima verossimilhança restrita (RML). Também foi obtido o Efeito pepita relativo (E) no intuito de verificar o grau de dependência espacial dos dados ajustados, conforme proposto por Cambardella et al. (1994), que indicam os seguintes intervalos:  $EPR \leq 25\%$  forte dependência espacial,  $25\% < EPR < 75\%$  moderada dependência espacial e  $EPR \geq 75\%$  fraca dependência espacial. Para a escolha do melhor modelo e método ajustado utilizou-se o critério da validação cruzada (FARACO et al, 2008) a fim de encontrar o erro médio e erro médio reduzido mais próximo de zero, menor desvio padrão do erro médio, desvio padrão do erro médio reduzido mais próximo de um e com o menor erro aleatório possível.

A tabela 2 apresenta os parâmetros dos modelos ajustados.

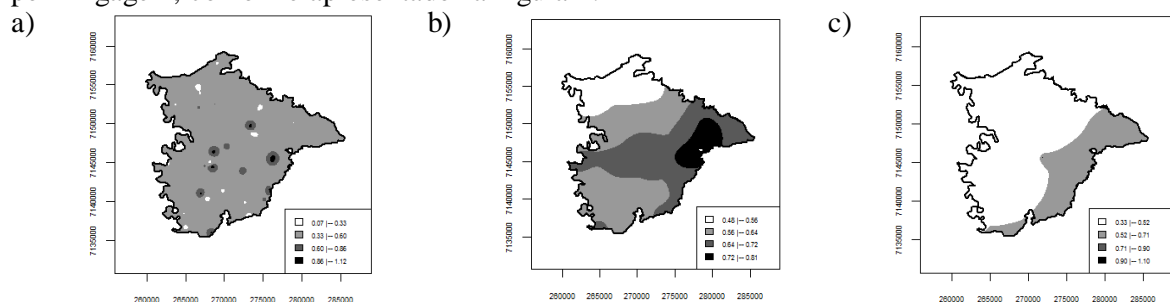
TABELA 2. Parâmetros dos modelos ajustados

Variável	Ano	Método	Modelo	$\beta$	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_1 + \varphi_2$	$\alpha$	$E$ (%)	Dependência
K	2011	MLR	Esférico	11,17	0,00	132,68	132,68	132,68	0,00	Forte
	2012	OLS	Esférico	14,10	169,08	23,54	192,62	5377,30	87,80	Fraca
	2013	ML	Esférico	15,35	196,87	36,89	233,77	6530,82	84,20	Fraca
P	2011	ML	Exponencial	0,49	0,00	0,09	0,09	1171,40	0,00	Forte
	2012	MLR	Exponencial	0,66	0,08	0,02	0,10	23965,86	79,20	Fraca
	2013	OLS	Exponencial	0,46	0,07	0,12	0,20	234935,20	38,90	Moderada
pH	2011	MLR	Esférico	5,28	0,00	0,19	0,19	0,19	0,00	Forte
	2012	MLR	Esférico	5,17	0,00	0,15	0,15	0,15	0,00	Forte
	2013	MLR	Esférico	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	538,60	Fraca

$\beta$ : Média;  $\varphi_1$ : Efeito Pepita;  $\varphi_2$ : Contribuição;  $\varphi_1 + \varphi_2$ : Patamar;  $\alpha$ : Alcance;  $E$ : Efeito pepita relativo.

A variável potássio apresentou a forte dependência espacial no ano de 2011 e nos anos de 2012 e 2013 a dependência espacial foi fraca. A variável fósforo apresentou forte dependência espacial no ano 2011, seguida de fraca dependência no ano 2012 e moderada dependência espacial no ano 2013. E por fim, a variável pH nos anos 2011 e 2012 apresentou forte dependência espacial e no ano 2013, fraca dependência espacial. Dessa maneira, verifica-se a importância do acompanhamento da fertilidade do solo, mediante a realização das análises químicas do solo. Bem como a utilização das ferramentas de Geoestatística para reconhecimento da dependência espacial dos dados.

Com os parâmetros do melhor modelo ajustado confeccionaram-se os mapas temáticos de interpolação por Krigagem, conforme apresentado na Figura 1.



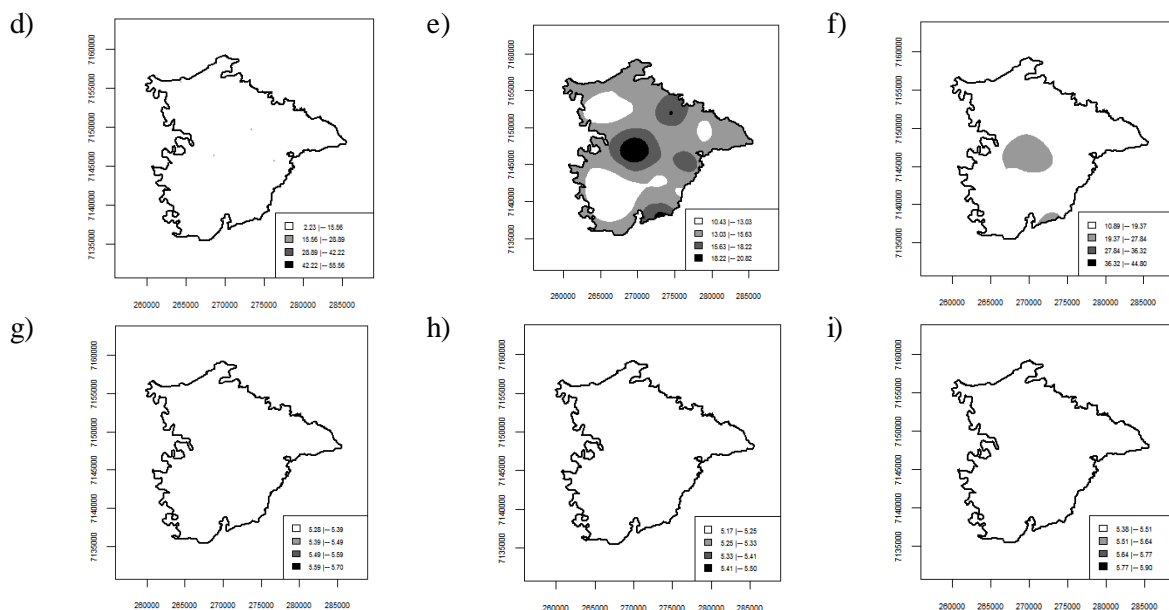


FIGURA 1. Mapa temático de interpolação por Krigagem da variável K em 2011 (a), 2012 (b) e 2013 (c), da variável P em 2011 (d), 2012 (e) e 2013 (f), da variável pH em 2011 (g), 2012 (h) e 2013 (i).

**CONCLUSÕES:** O estudo realizado neste trabalho possibilitou a identificação de uma instabilidade na dependência espacial dos parâmetros dos modelos ajustados. Por meio desta análise torna-se possível a motivação para uma investigação com vistas à identificação de fatores que possam ser responsáveis por tal resultado. A Geoestatística e suas ferramentas mostraram-se úteis, corroborando visualmente para reconhecimento das dependências espaciais apontadas pelos índices identificados pelos modelos ajustados.

#### REFERÊNCIAS:

- BAIO, F. H. R. Aplicação localizada de defensivos baseado na variabilidade espacial das plantas daninhas. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.
- CAMBARDELLA, C. A.; et al. Field-scale variability of soil properties in central lowa soils. **Soil Science Society America Journal**. Madison, v. 58, p. 1501-1511, 1994.
- FARACO, M. A. et al. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.32, n.2, p.463-476, 2008.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Nobel, Piracicaba - SP, 13ª edição, 1990.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: março de 2014.
- RIBEIRO JR., P.J.; DIGGLE, P.J. (2001) **geoR: A package for geostatistical analysis**. **R-NEWS**, v 1, n 2, ISSN 1609-3631.
- SANTOS, E. O. DE J.; GONTIJO, I.; NICOLE, L. R. Distribuição espacial dos nutrientes em um Latossolo cultivado com pimenta-do-reino. **Enciclopédia biosfera**. Goiânia, v.7, n.13; 2011.