

O USO DA GEOESTATÍSTICA NO MAPEAMENTO DO PH DO SOLO AMOSTRADO DE FORMA DIRETA E INDIRETA EM LAVOURAS SOB CULTIVO DE AVEIA

STHÉFANY AIRANE DOS SANTOS¹, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ²,
JOÃO LUIZ JACINTHO³, AMANDA PEREIRA ASSIS GOMES⁴, ÉTORE FRANCISCO
REYNALDO⁵

¹ Engo Agrícola, Aluna de Graduação, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras - MG, Fone: (35) 8889.2070, sthefanyairane@engagricola.ufla.br

² Engo Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras - MG .

³ Engo Agrimensor, Mestrando do Pgeaamg, Depto. de Engenharia, UFRRJ, Seropédica - RJ.

⁴ Engo Agrícola, Aluna de Graduação, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras- MG.

⁵ Engo Agrônomo, Pesquisador Doutor, Setor de mecanização agrícola e inovações tecnológicas, FAPA, Guarapuava- PR.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A Agricultura de Precisão consiste em um conjunto de técnicas e tecnologias aplicadas que permitem o gerenciamento da lavoura levando em consideração a variação espacial e temporal do solo e da produção, visando otimizar recursos e proteger o ambiente. O objetivo deste trabalho foi utilizar as técnicas de agricultura de precisão e geoestatística para avaliar a variabilidade espacial do pH do solo amostrado de forma direta e indireta. Este trabalho foi conduzido em uma área de 147,8 ha sob a produção de aveia, associada a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), Condói – PR. Utilizou-se dados de pH coletados diretamente, por meio de trado calador e envio das amostras para um laboratório, e indiretamente, por meio do uso de um sensor comercial, em pontos georreferenciados. Os dados foram avaliados por meio de semivariograma e interpolação por krigagem ordinária para a confecção de mapas de distribuição espacial. A análise dos dados pelas ferramentas da geoestatística permitiu caracterizar a magnitude da variabilidade espacial do pH do solo amostrado direta e indiretamente e os mapas permitiram a observação da distribuição espacial da variável na área em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de Precisão, Sensor, Krigagem.

THE USE OF GEOSTATISTIC IN MAPPING OF SOIL PH SAMPLED OF DIRECT AND INDIRECT FORM IN CROPS UNDER CULTIVATION OF OATMEAL

ABSTRACT: The Precision Agriculture is a set of techniques and technologies applied that enable management of agriculture taking into account the spatial and temporal variation of soil and production aiming optimize resources and protect the environment. The objective of this study was to use the precision agriculture and geostatistics techniques to evaluate the spatial variability of the soil pH sampled directly and indirectly. This work was conducted in an area of 147,8 ha under oats production, associated with the Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), Condói - PR. It was used pH data collected directly through a soil sampler and the soil samples were sent to a laboratory. The soil pH was collected indirectly through a commercial sensor in georeferenced points. The data was evaluated using semivariogram and interpolation by ordinary kriging for developing the spatial distribution maps. Data analysis by geostatistical tools allowed us to characterize the magnitude of the spatial variability of soil pH sampled directly and indirectly and the maps allowed the observation of the spatial distribution of the variable in the study area.

KEYWORDS: Precision Agriculture, Sensor, Kriging.

INTRODUÇÃO: A aveia preta (*Avena strigosa*) surgiu na agricultura brasileira como uma forma de rotação de culturas de soja, feijão e girassol. É usada para adubação verde de inverno e apresenta boa resistência à seca, tolerância ao alumínio, baixa incidência de pragas e baixo custo de condução da lavoura (Pitol, 1998). É cultivada para a cobertura do solo, para produção de forragem, feno, silagem e grãos, utilizados na alimentação de bovinos de corte e leite.

Derpsch&Calegari (1985), realizando estudos no estado do Paraná, observou um aumento de 38 e 69% no rendimento de grãos da soja e do feijão, respectivamente, em sucessão à aveia preta, em comparação com o pousio de inverno, mas para o milho a cobertura de aveia causou redução de produtividade.

A análise do potencial hidrogeniônico (pH) possui uma importância relevante na agricultura pois define as condições do solo (ácido, neutro ou alcalino). O pH ideal para as culturas de soja, feijão, milho e trigo está em torno de 6,0 (Fageria& Zimmermann, 1998). Solos ácidos apresentam problemas para o desenvolvimento das plantas gerando uma produtividade baixa.

Agricultura de Precisão aparece como um conjunto de técnicas e tecnologias que auxiliam o produtor, no gerenciamento das lavouras e nas intervenções adequadas, na qual busca-se a utilização de quantidades precisas para os diferentes pontos de uma área. A realização de amostragens em maiores escalas permitem um estudo mais detalhado da área gerando mapas mais precisos. O uso de sensores associados a AP pode tornar o processo de amostragem mais rápido e com menor custo operacional.

O objetivo deste trabalho foi utilizar as técnicas de agricultura de precisão e geoestatística para avaliar a variabilidade espacial do pH do solo amostrado de forma direta e indireta.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido no município de Condói- PR, em uma área de 148,4 ha de lavoura de aveia preta no espaçamento de 0,22m entre plantas. As coordenadas médias da área são de 25° 35' 00" de latitude sul e 51° 56' 15" de longitude oeste de Greenwich. Nesta área foram coletadas amostras de pH do solo de forma direta e indireta. Para tal, foram desenvolvidas duas malhas amostrais, uma malha 0,5 ponto por hectare, para a amostragem direta do solo e uma malha de 160 pontos por hectare, para realização da amostragem de forma indireta.

Os dados foram coletados nos meses de julho e agosto de 2014 com diferença de 20 dias entre a amostragem direta e a indireta. Para obtenção de dados de pH diretamente do solo utilizou um trado tipo calador e as amostras foram enviadas para um laboratório de análises de solo. Foram retiradas amostras na profundidade de 10 a 15cm para as duas formas de amostragem. Para amostragem indireta dos dados de pH do solo foi utilizado o sensor comercial Veris PMC (*Stara*), que realiza a amostragem em tempo real.

A dependência espacial do pH foi analisada por meio de ajuste de semivariograma clássico pelo método dos mínimos quadrados ordinários (OLS) e pelo modelo esférico. Visando a confecção de mapas para a observação do comportamento desta variável na área em estudo, foi realizada interpolação por Krigagem ordinária. O grau da dependência espacial do atributo em estudo, foi classificado de acordo com Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas com efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar; moderada quando está entre 25 e 75 % e fraca quando o efeito pepita for maior ou igual a 75 %.

Para realizar a análise geoestatística e para a plotagem dos mapas de isolinhas foi utilizado sistema computacional estatístico R, por meio do pacote geoR (RIBEIRO Jr. & DIGGLE, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A partir da análise de estatística descritiva (Tabela 1) é possível perceber uma variação nos dados, tanto nos amostrados indiretamente, quanto nos amostrados diretamente. Foi observada uma diferença entre os valores médios das amostragens, que pode ser justificada pela maior quantidade de dados obtidos na amostragem indireta com relação a amostragem direta. O desvio padrão apresentou valores baixos, indicando uma proximidade com a média.

Segundo Pimentel Gomes (2000), em experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% considera-se o mesmo como baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão. Pela análise da tabela observou-se alta precisão nas amostragens indireta e direta, apresentando valores de 6,34 e 4,47

% respectivamente. Porém somente com análises descritivas não se pode afirmar onde ocorrem os maiores ou os menores valores de potencial hidrogeniônico na área, necessitando, assim, de estudos geoestatísticos.

TABELA 1. Estatística descritiva do pH amostrado de forma indireta e direta.

Amostragem	Min.	Máx.	Média	Md	DP	Var	CV
Indireta	5,05	7,00	6,18	6,20	0,41	0,17	6,34
Direta	5,00	6,10	5,59	5,60	0,25	0,06	4,47

Mín – valor mínimo da variável; Md – Mediana; Média - Média da Variável; Máx – Valor máximo da variável; DP - Desvio Padrão; Var – Variância; CV - Coeficiente de variação

Na Tabela 2 são encontrados os dados da análise geoestatística. Um importante parâmetro do semivariograma é o efeito pepita, que indica a variabilidade não explicada (McBratney & Webster, 1986), considerando a distância de amostragem utilizada, o efeito pepita encontrado para o pH amostrado de forma indireta foi igual a 0,1146 e para o pH amostrado de forma direta foi de 0,0469. Os valores do alcance relativos aos semivariogramas têm uma importância considerável na determinação do limite da dependência espacial, ou seja, indicam até onde a variável é influenciada pelo espaço. A variável estudada apresentou valores de alcance de dependência espacial muito próximos, onde o alcance para o pH indireto foi igual a 400,00 m e o alcance para o pH direto foi de 429,99 m essa proximidade dos valores reflete a característica das distribuição espacial do pH na área. O grau de dependência espacial apresentou valor moderado para ambas as formas de amostragem.

TABELA 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para a variável pH amostrado de forma indireta e direta na profundidade 10 a 15 cm.

	Modelo	C ₀	C ₁	C ₀ +C ₁	a	GDE
Indireta	Esférico	0,1146	0,0635	0,1781	400,000	64,35
Direta	Esférico	0,0469	0,0180	0,0649	429,997	72,27

C₀ – Efeito Pepita; C₁ - Contribuição; C₀+C₁ – Patamar; a - alcance; GDE - Grau de dependência espacial

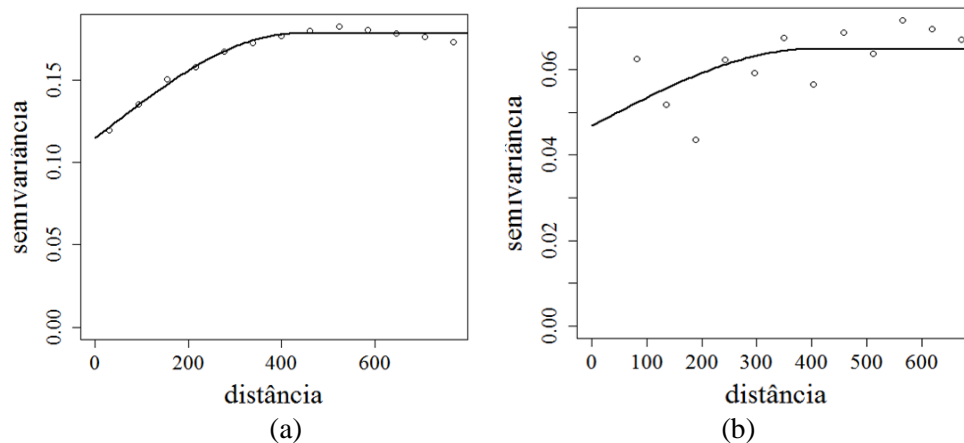


FIGURA 1. Semivariograma do pH amostrado de forma indireta (a) e do pH amostrado de forma direta (b).

As Figuras 2a e 2b representam os mapas de krigagem da área em que observou-se diferenças entre as amostragens de solo realizada na área. A Figura 2b apresenta uma imagem mais suavizada da distribuição espacial do pH indicando os pontos de maiores e menores valores deste atributo. Já na Figura 2a é possível observar que esta se encontra menos suavizada, isso pode ser explicado pelo grande volume de dados que foi obtido por meio do uso sensor comercial, o que permitiu uma análise mais detalhada da distribuição espacial do pH da área em estudo. Observa-se que ambos os mapas apresentam uma distribuição espacial semelhante, porém observa-se na Figura 2a pontos de maiores teores de pH que não foram possíveis de se observar na amostragem direta. Assim, percebeu-se que a

amostragem indireta, por fornecer maior quantidade de pontos amostrais, demonstrou melhor a distribuição espacial do pH na área em estudo.

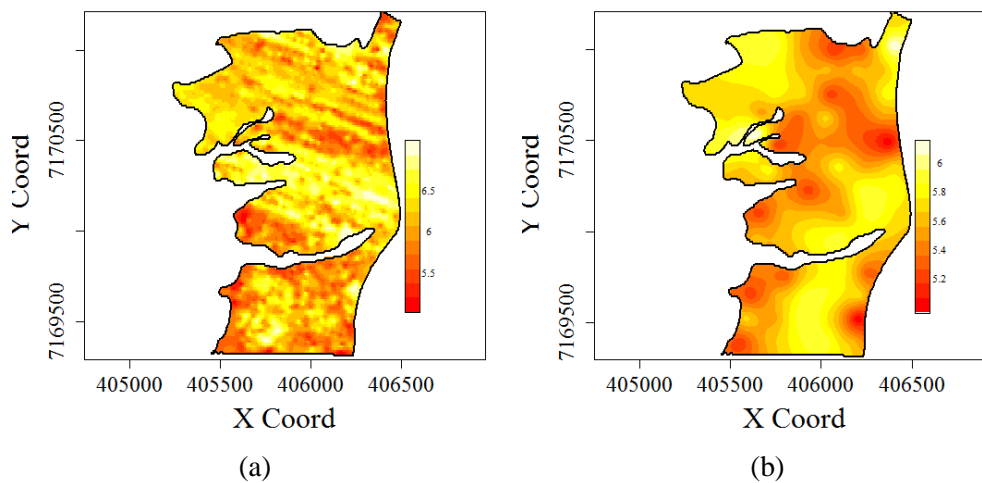


FIGURA 2. Mapa da distribuição espacial do pH amostrado de forma indireta (a) e amostrado de forma direta (b).

CONCLUSÕES: Foi possível caracterizar a variabilidade espacial do potencial hidrogeniônico na área em estudo. Observou-se que a variável em estudo apresentou estrutura de dependência espacial, o que permitiu o mapeamento por meio do uso da krigagem. Ao se comparar as formas de amostragem, observou-se que a amostragem indireta, apresentou grande potencial para a amostragem do pH do solo, pois o mesmo permitiu a coleta de dados em uma malha amostral mais densa o que possibilitou uma melhor observação da dependência espacial do pH do solo, com grande potencial a redução do custo de amostragem, uma vez que o sensores de solo apresenta alto rendimento operacional em comparação ao método de amostragem tradicional.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a FAPA, a FAPEMIG, a CAPES, o SISU/MEC e o CNPq pelo apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, 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 Science Society of America Journal, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 96p. (IAPAR. Documentos, 9).
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. **Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.29, n.17, p.2675- 2682, 1998.
- McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, n.3, p. 617-639, May 1986.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.
- PITOL, C. **A cultura da aveia no Mato Grosso do Sul**. Maracaju: COTRIJUI, 1988. 34p. (COTRIJUI. Boletim Técnico, 2).
- RIBEIRO JR., P.J. and DIGGLE, P.J. (2001) **geoR: A package for geostatistical analysis**. R-NEWS Vol 1, No 2. ISSN 1609-3631.