

## VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

ALEXANDRE TORRECILHA SCAVACINI<sup>1</sup>, DANILO GOMES DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, ELTON FIALHO DOS REIS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis - GO, alexandre.torrecilha@gmail.com.

<sup>2</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis - GO, danilogomes.engenharia@hotmail.com.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor. Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis - GO, fialhoreis@ueg.br.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** O uso da geoestatística tem-se demonstrado de grande importância para determinar variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo. Este trabalho objetivou-se avaliar a variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e a produtividade da cultura da soja. Para isso foi constituída uma malha de amostral em uma área comercial da cultura, com um gride de 60x60 m num total de 126 pontos, cada ponto amostral constituiu de área de 1m<sup>2</sup> (1,0x1,0 m), onde foram coletados amostras de solo e a produtividade da cultura. Antes do plantio foram coletados os valores de resistência à penetração, umidade, densidade, saturação de bases, matéria orgânica e capacidade de trocas catiônica e posteriormente a produtividade da cultura em sistema de plantio direto. A dependência espacial foi muito baixa para a produtividade, resistência à penetração e umidade do solo. A variável de densidade do solo foi moderada e para as demais variáveis foi baixa. Já para correlação que foi negativa para a resistência à penetração e teor de matéria orgânica, considerada fraca e moderada para umidade. A correlação das demais variáveis foi baixa, como densidade, capacidade de trocas catiônicas e saturação de bases.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resistência à penetração, geoestatística, densidade.

### CHANGE SPACE SOYBEAN PRODUCTIVITY IN FUNCTION OF PHYSICAL ATTRIBUTES CHEMICALS AND SOIL IN PLANTING SYSTEM DIRECT

**ABSTRACT:** The use of geostatistics has proved of great importance to determine spatial variability of physical and chemical soil properties. This work aimed to evaluate the spatial variability of physical and chemical soil properties and soybean productivity. For it was set up a mesh sample in a commercial area of culture, with a gride of 60x60 m for a total of 126 points, each sample point consisted of 1m<sup>2</sup> area (1,0x1,0 m), which were collected soil samples and crop productivity. Before planting were collected resistance values to penetration, humidity, density, base saturation, organic matter and cation exchange capacity and then the crop yield in no-till system. The spatial dependence was very low for productivity, penetration resistance and soil moisture. The also density variable was moderate and the other variables was low. As for that correlation was negative for penetration resistance and organic matter content, considered weak and moderate to moisture. The correlation of the other variables was low, such as density, cationic exchange capacity and base saturation.

**KEYWORDS:** Penetration resistance, geostatistics, density.

**INTRODUÇÃO:** A variabilidade espacial dos atributos dos solos é resultado de processos pedogenéticos e pode ser demonstrada por resultados dos levantamentos e análises dos solos, bem como pelas diferenças encontradas nas produções das plantas (SILVA et al., 2010). O melhor conhecimento das características das áreas a serem cultivadas pode trazer benefícios como definir as possíveis deficiências de nutrientes e ainda como aperfeiçoar o processo de melhoria em tecnologias de aplicação e agricultura de precisão, onde zonas de manejo podem ser identificadas e o melhor aproveitamento da área e maquinário se fará de grande ferramenta. Com base no exposto, objetivou-se com este estudo, analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos do solo, por meio da geoestatística, em uma área cultivada no sistema de plantio direto com cultura da soja.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** Foi construída uma malha amostral utilizando um receptor de GPS (Sistema de Posicionamento Global), “Omnistar SST” (Fugro®), com o sistema de correção diferencial em tempo real via satélite geostacionário, com serviço fornecido pelo próprio fabricante do GPS sendo georreferenciados 126 pontos em uma malha de 60m x 60m, totalizando 67 ha de área total. Para determinação do teor de umidade, densidade do solo e resistência a penetração foram coletadas amostras nas profundidades de 0,0 - 0,20 m de profundidade. Cada amostra foi constituída de cinco amostras simples, coletadas a um raio de um metro em torno de cada ponto da malha amostral. O solo para análise química foi coletado da mesma forma com um trado de rosca, homogeneizado e levado ao laboratório comercial. O monitoramento da produtividade foi feito com a colheita em uma área de 1 m<sup>2</sup>, antes da colheita definitiva. As amostras foram pesadas em uma balança digital com precisão de 0,01g e os valores transformados em ton ha<sup>-1</sup>. A estatística descritiva foi realizada pelo software GS<sup>+</sup>. Para identificar a estrutura da dependência espacial dos dados de produtividade utilizou-se a geoestatística (VIEIRA et al., 1983), e a semivariância (BACHMAIER e BACKES, 2008) e a partir desses valores de semivariância construíram os semivariogramas experimentais para o conjunto de dados que foram gerados pelo programa GS+ versão 7.0 (Gamma Design Software®). Para verificar o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais, considerou-se o melhor R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação) e o menor SQR (soma de quadrados do resíduo) dos dados de semivariância experimental em relação aos valores de semivariância estimado pelo modelo. Os modelos foram classificados de acordo com o grau de dependência espacial (DALCHIAVON et al. 2012), onde o GDE é calculado pela proporção entre o efeito pepita em relação ao patamar. Após obter os modelos de dependência espacial para as variáveis avaliadas foram gerados os mapas por meio de krigagem.

**RESULTADOS:** Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão, coeficiente de variação, buscando assim caracterizá-los. A área apresentou produtividade média no primeiro ano de 3.626 ton ha<sup>-1</sup>, com valores variando entre 1.35 a 6.806 ton ha<sup>-1</sup>, com um coeficiente de variação (CV) de 22.58%, valores estes maiores que os encontrados por Silva et al. (2009), para a soja, utilizando um Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura argilosa. Houve correlação negativa entre a produtividade e a resistência à penetração (RP) e teores de matéria orgânica (MO), 19.52% e 9.8%, respectivamente. As variáveis de umidade do solo (UM), densidade do solo (DM) e capacidade de trocas catiônicas (CT) foram correlacionados positivamente, com valores de 43.90%, 12.70% e 11.26% respectivamente, com a produtividade da soja na área.

TABELA 1. Produtividade total da soja (PR), resistência à penetração (RP), umidade (UM), densidade (DM), matéria orgânica (MO), capacidade de trocas catiônicas (CT) e saturação de bases (ST) da safra.

Parâmetros	PR	RP	UM	DM	MO	CT	ST
Nº Amost.	126	126	126	126	126	126	126
Média	3.626	1926.2	20.67	1.095	22.69	5.65	56.44
Mínimo	1.352	1194.3	14.22	0.70	14.0	3.88	30.61
Máximo	6.806	3429.5	26.72	1.724	54.0	8.37	71.43
Mediana	3.548	1883.1	20.572	1.092	22.0	5.45	56.435
Assimetria	0.971	2.28	-0.215	0.731	2.37	0.499	-0.601
Curtose	2.764	7.30	2.42	6.391	12.73	-0.73	1.172
D. Padrão	0.819	330.18	1.82	0.118	4.878	1.023	7.453
Variância	0.671	109023	3.313	0.013	23.79	1.048	55.559
C. V. (%)	22.58	17.14	8.80	1.07	21.49	18.12	13.2
C. Per.	1	-0.1952	0.0439	0.127	-0.098	0.1126	0.1435

PR - Produtividade da soja; RP - Resistência à Penetração; UM - Umidade; DM - Densidade; MO - Matéria Orgânica; CT - Capacidade de Trocas Catiônicas; ST - Saturação de Bases; C.V.- Coeficiente de variação; C. Per.- Correlação de Person em Relação à Produtividade.

Com a obtenção dos dados de produtividade e demais variáveis, os parâmetros dos modelos de semivariogramas experimentais foram ajustados pelas análises da geoestatística, conforme apresnetado na Tabela 2.

TABELA 2. Modelos teóricos do semivariograma ajustados para as variáveis produtividades (PR), resistência à penetração (RP), umidade (UM), densidade (DM), matéria orgânica (MO), capacidade de trocas catiônicas (CT) e saturação de bases (ST) para a cultura da soja.

Parâmetros	Modelo	Co	Co+C1	a	R <sup>2</sup>	RSS	GDE%
PR	Exponencial	0.013	0.625	43.0	0.366	0.0185	2.08
RP	Exponencial	40700.0	242500.0	2110.0	0.655	1.08E+9	16.78
UM	Exponencial	0.49	2.904	27.53	0.049	0.971	16.87
DM	Gaussiano	0.00844	0.0169	425.0	0.989	6.88E-7	49.70
MO	Gaussiano	11.90	44.80	746.00	0.925	24.9	26.56
CT	Gaussiano	0.383	1.964	460.0	0.985	0.0294	19.50
ST	Esférico	18.60	69.24	460.0	0.949	92.9	26.86

Co - efeito pepita; Co+ C1 - patamar; a - alcance (m); GDE = Co/(Co+ C1) - grau de dependência (%); PR - Produtividade da soja; RP - Resistência à Penetração; UM - Umidade; DM - Densidade; MO - Matéria Orgânica; CT - Capacidade de Trocas Catiônicas; ST - Saturação de Bases;

Os parâmetros dos semivariogramas ajustados respectivamente como modelo exponencial com valores de grau de dependência espacial muito baixa para a produtividade, resistência à penetração e umidade do solo, conforme Tabela 2. Já os modelos de semivariogramas tipo gaussiano ajustou-se para a densidade do solo com valores de média dependência espacial (49.70%), teor de matéria orgânica com grau de dependência baixa (26.56%) e capacidade de trocas catiônicas com grau de dependência espacial muito baixo (19.50%). Já para a saturação de bases, o modelo de semivariograma ajustado foi o esférico com baixo grau de dependência espacial (26.86%), segundo Dalchiavon et al. (2012).

A ocorrência de maiores valores de produtividade foram na região norte do mapa de contorno (Figura 1), que consistiu na verificação da distribuição espacial das características amostradas por meio da krigagem. Para o mapa (Figura 1B) de densidade os maiores valores encontrados foram na região centro-norte. Já os valores maiores encontrados nos mapas (Figura 1C e 1D) de teores de matéria orgânica e resistência à penetração foram na região sudoeste. Os parâmetros de umidade e capacidade de trocas catiônicas foram encontradas maiores predominância de

valores na região sul dos mapas (Figura 1E e 1F). O parâmetro de saturação de bases na região nordeste do mapa (Figura 1G).

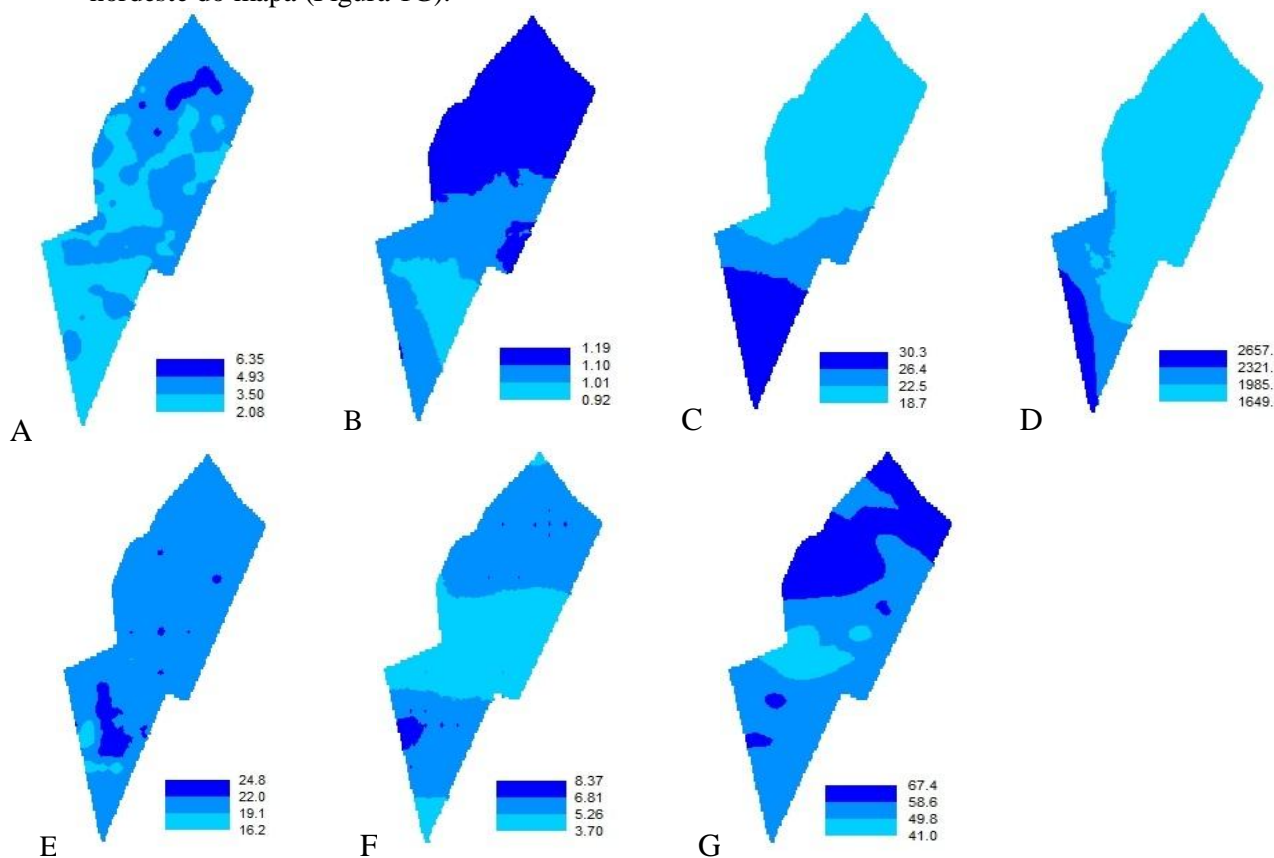


FIGURA 1. Mapa de produtividade da soja (A), densidade (B), matéria orgânica (C), resistência à penetração (D), umidade (E), capacidade de trocas catiônicas (F) e saturação de bases (G).

**CONCLUSÕES:** A dependência espacial foi muito baixa para a produtividade, resistência à penetração e umidade do solo. A variável de densidade do solo foi moderada e para as demais variáveis foi baixa. Já a correlação foi negativa para a resistência à penetração e teor de matéria orgânica, considerada fraca e moderada para umidade. A correlação da produtividade com a densidade, capacidade de trocas catiônicas e saturação de bases foi positiva e baixa.

**REFERÊNCIAS:**

BACHMAIER, M.; BACKES, M. Variogram or semivariogram: Understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**. v.9, p.173 - 175, 2008.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista de Ciências Agronômicas**. Fortaleza, v. 43, n. 3, 2012.

SILVA, J. M.; LIMA, J. S. S.; MADEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O. Variabilidade espacial da produtividade da soja sob dois sistemas de cultivo no cerrado. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.2, p.397-409, 2009.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, R. B.; SILVA, A. F. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 01, p. 1-8, 2010.

VIEIRA, S. R.; HATFIEL, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. Hilgardia, v.51, 1983, p.1-75.