

## VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO SILAGEM

PHILIP DOS SANTOS LEMOS<sup>1</sup>, DANILO GOMES DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, MARCOS PAULO DE OLIVEIRA MARTINS<sup>3</sup>, ANDERSON DA SILVA UMBERLINO<sup>4</sup>, ELTON FIALHO DOS REIS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO Fone (0xx62) 93673152 phililplemos\_@hotmail.com;

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

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO marcosmartins.92@gmail.com;

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, anderson-umbelino@hotmail.com;

<sup>5</sup> Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis –GO, fialhoreis@ueg.br

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** A cultura do milho apresenta sistema radicular com alto potencial de crescimento, e sendo os atributos físicos do solo de extrema importância para produtividade. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a variabilidade espacial e as correlações de atributos físicos do solo com os componentes de produção da cultura do milho para silagem. Com auxílio de um receptor GPS foi construída uma grade amostral de 37 x 37 m, totalizando 40 pontos, onde foram mensurados os atributos físicos do solo: densidade do solo, resistência mecânica à penetração do solo e a umidade do solo na camada de 0,0 - 0,20 metros. Para os componentes de produção, foram coletadas plantas em um metro quadrado no centro de cada ponto da grade amostral, onde foram medidos a altura de plantas, diâmetro médio de colmo, massa verde e teor de matéria seca. Os modelos para definição dos mapas de krigagem e o índice de dependência espacial foram analisados pelo software GS+ versão 7.0, entretanto as correlações foram feitas no software Excel. Os atributos físicos do solo apresentaram efeito pepita puro, com exceção para a resistência à penetração onde foi explicada pelo modelo exponencial. Os componentes de produção apresentaram baixa e moderada dependência espacial, explicados pelo modelo Gaussiano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoestatística, dependência espacial, agricultura de precisão.

### SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND CORN PRODUCTION COMPONENTS SILAGE

**ABSTRACT:** The culture of corn root system features with high growth potential, in which the soil physical attributes are of utmost importance to productivity. The objective of this study was to evaluate the spatial variability and correlations of soil physical attributes with corn production components for silage. With the aid of a GPS receiver built a sampling grid of 37 x 37 m, totaling 40 points, where the soil physical properties were measured: bulk density, mechanical resistance to soil penetration and soil moisture in the 0, 0 to 0.20 meters. For the production of components, plants were collected in one square meter in the center of each point of the sampling grid, which were measured plant height, diameter of stem, green mass and dry matter content. The models for definition of kriging maps and spatial dependency ratio were analyzed by GS + version 7.0 software, however the correlations were

made in Excel software. The soil physical properties showed pure nugget effect, except for resistance to penetration explained by the exponential model. Production components showed low and moderate spatial dependence, explained by the Gaussian model.

**KEYWORDS:** Geostatistics, spatial dependence, precision agriculture.

**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 as causas da variabilidade da produtividade e a qualidade da cultura, podendo vir a ser um parâmetro de tomada de decisão de manejo (Silva et al., 2010). Portanto objetivou-se com esse trabalho avaliar a variabilidade espacial e as correlações de atributos físicos do solo com os componentes de produção da cultura do milho para silagem.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido na área de produção de milho para silagem com cultivo convencional na Fazenda Piancó localizada no município de Anápolis-GO. Foi construída uma grade amostral utilizando um receptor GPS com sistema de correção diferencial em tempo real, totalizando 40 pontos de espaçamentos 37 x 37 m. Em cada ponto foi coletada amostras de solo na profundidade de 0,00 - 0,20 m para determinar a densidade do solo e a umidade do solo.

As amostras foram coletadas utilizando-se um trado Uhland com anel de aço de bordas cortantes de volume 187,27 cm<sup>3</sup>, conforme metodologia proposta pela Embrapa (2011), colocadas em sacos plásticos e vedadas para o transporte e levadas ao laboratório para determinação da umidade e a densidade do solo. A resistência à penetração foi determinada nas profundidades de 0,00 a 0,40 mm, empregando-se um penetrômetro eletrônico Falker PLG 1020, seguindo-se as normas da ASAE S 313 (ASAB, 2006). Antes da colheita definitiva foram coletadas todas as plantas em um metro quadrado no centro de cada ponto da grade amostral, onde foram mensurada altura de planta, diâmetro basal do colmo, massa verde e teor de matéria seca. Para a massa verde foram pesadas as plantas depois trituradas, pesadas e levadas à estufa, 65°C por 72 horas para determinar o teor de matéria seca. A estatística descritiva foi realizada pelo software GS+. A análise da dependência espacial dos atributos do solo e dos componentes de produção foi avaliada pela geoestatística, e os procedimentos para ajuste do modelo do semivariograma foram feitos conforme VIEIRA et al. (1983), utilizando o programa GS+ versão 7. Já as correlações de Pearson foram realizadas utilizando o software Excel 2010.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A estatística descritiva para as variáveis analisadas é apresentada na Tabela 1. Valores de assimetria e curtose entre 0 e 3 indicam distribuição normal dos dados, sendo esta determinação importante, pois a krigagem apresenta melhores resultados quando a normalidade dos dados é satisfeita.

A área apresentou produtividade média de massa verde 70,9 ton ha<sup>-1</sup>, com os valores variando entre mínimos e máximos de 30, 1 a 114 ton ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). O coeficiente de variação da produtividade foi de 25,01% classificado como médio (15% ≤ CV ≤ 35%) assim como a umidade do solo e o teor de matéria seca, apresentado valor acima dos encontrados por Vieira et al., 2004. Já para densidade do solo, resistência à penetração, altura de plantas e diâmetro médio de colmo foram baixos (CV ≤ 15%) mostrando maior homogeneidade desse atributo para a área de estudo.

Na Tabela 2 é possível verificar os parâmetros dos modelos matemáticos que se ajustaram aos parâmetros físicos do solo e os componentes de produção do milho silagem, onde resistência à penetração foi explicada pelo modelo exponencial, já o modelo gaussiano foi utilizado para altura de plantas e diâmetro médio do colmo, os atributos densidade do solo, umidade e o teor de matéria seca foram classificados como efeito pepita puro, ou seja, os dados da área não

apresentaram dependência espacial, sendo observados os valores pelo valor médio. Segundo critérios de classificação do Dalchiavon et al. (2012), os atributos físicos do solo e os componentes de produção apresentaram baixa e moderada dependência espacial.

**TABELA 1:** Estatística descritiva para a Produtividade (PR), Densidade do solo (D), Umidade do solo (U), Resistência à penetração (RP), Altura de plantas (ALT), Diâmetro médio de colmo (DMC) e Teor de matéria seca (MS).

Parâmetros Estatísticos	PR (Ton ha <sup>-1</sup> )	D (g cm <sup>-3</sup> )	U (%)	RP (Mpa)	ALT (m)	DMC (cm)	MSF (Ton ha <sup>-1</sup> )
Nº Amost.	40	40	40	40	40	40	40
Média	70,93	1,04	33,12	1,22	3,10	2,04	21,83
Mínimo	30,5	0,83	5,63	1,01	2,43	1,70	8,56
Máximo	114	1,31	58,17	1,47	3,57	2,52	58,27
Mediana	71,6	1,04	33,27	1,21	3,12	1,99	20,9
Assimetria	-0,13	0,55	-0,58	0,30	-0,29	0,52	1,61
Curtose	0,06	2,04	17,15	-0,01	-0,47	-0,40	4,93
D.Padrão	17,74	0,08	6,13	0,10	0,27	0,22	9,22
Variância	314,67	0,01	37,63	0,01	0,07	0,05	89,48
C.V.(%)	25,01	7,69	18,5	8,19	8,7	10,78	42,23
C. Per.	1,00	-0,011	-0,099	-0,225	0,706	0,408	0,83

C.V- Coeficiente de variação; C. Per. - Correlação de Person em Relação à Produtividade 2015/2016.

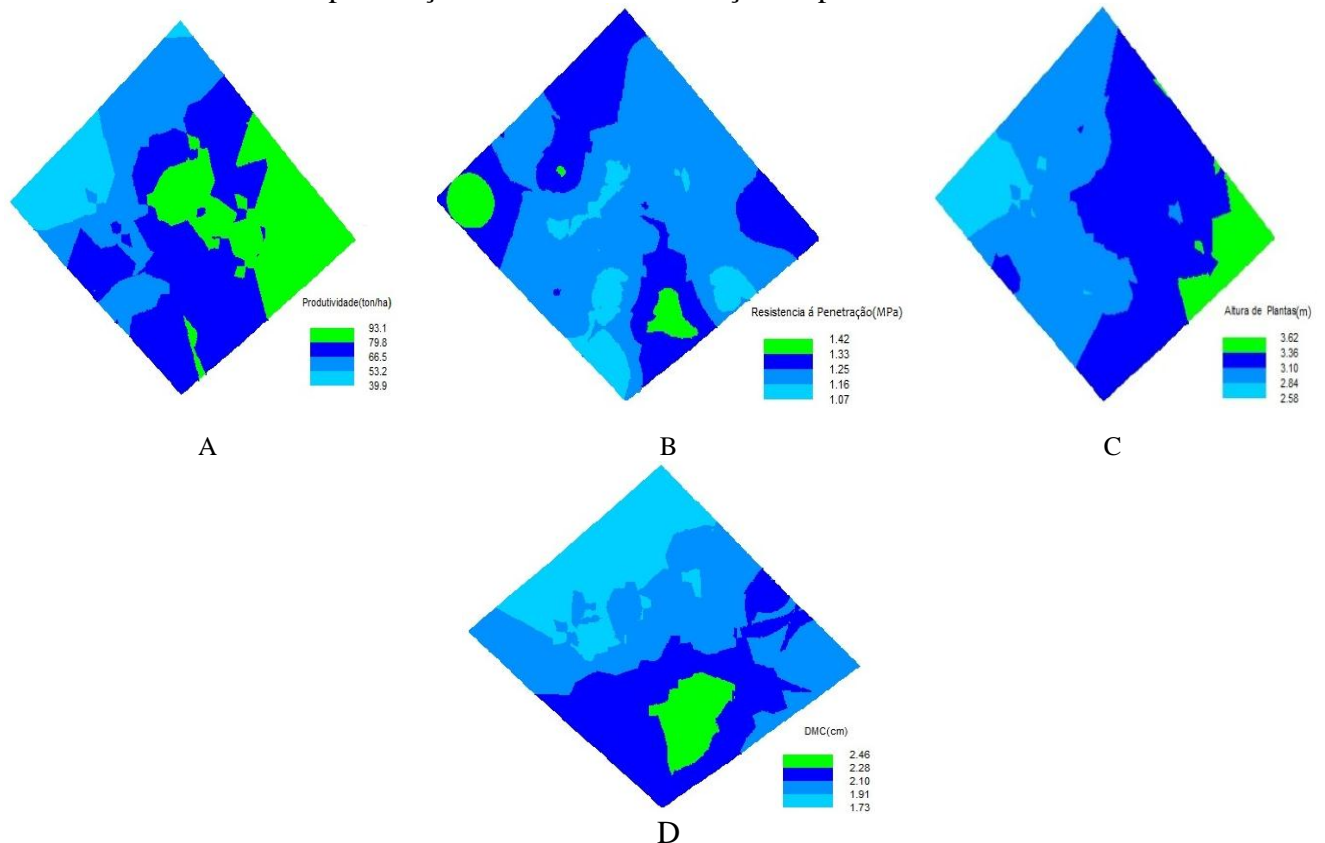
**TABELA 2:** Modelos teóricos dos semivariogramas ajustados para as variáveis Produtividade (PR), Densidade do solo (Ds), Umidade do solo (Us), Resistência mecânica a penetração do solo (RP), Altura de plantas (ALT), Diâmetro médio de colmo (DMC), Massa verde (UM), Teor de matéria seca (MS)

Parâmetros	Geoestatística						
	Modelo	Co	Co+C1	a	R <sup>2</sup>	RSS	GDE%
PR	Gaussiano	149,00	1208,90	291,20	0,82	88959	12,32
Ds	EPP	-	-	-	-	-	-
Us	EPP	-	-	-	-	-	-
RP	Exponencial	0,003	0,01218	23,9	0,043	2,5.10 <sup>-05</sup>	27,42
ALT	Gaussiano	0,015	1,45300	610,9	0,778	0,0165	1,03
DMC	Gaussiano	0,021	0,04876	62,40	0,204	1,353.10 <sup>-3</sup>	44,36
MS	EPP	-	-	-	-	-	-

Co – efeito pepita; Co+ C1 – patamar; a – alcance (m); GDE = Co/(Co+ C1) – grau de dependência (%). GDE – Grau de dependência espacial (muito baixa < 20%; baixa 20 a 40%; c) média 40 a 60%; d) alta 60 a 80%; muito alta 80 a 100% e efeito pepita puro 100%) segundo classificação proposta por Dalchiavon et al. (2012).

Com o auxílio do programa GS+ versão 7.0 foi confeccionado os mapas de contorno com o objetivo de verificar a distribuição espacial das diferentes variáveis na área estudada. Dessa forma, esses resultados mostram que as condições do solo juntamente com as condições climáticas estavam favoráveis para produção do milho silagem. Os maiores valores de altura de plantas (Figura 1 E) encontram-se na parte oeste do mapa, a altura de plantas correlacionou positivamente com a produtividade de massa verde apresentando valor de 70%. Observando (Figura 1A e 1E), pode-se notar que nos pontos onde apresentou maior altura de plantas a produtividade de massa verde foi maior variando de 79,8 e 93,1 Ton ha<sup>-1</sup>. A resistência a penetração do solo apresentou valor médio de 1,22 Mpa, variando entre 1,33 e 1,42 Mpa. As maiores produtividades da cultura do milho (Figura 1A) encontram-se na parte oeste do mapa

onde se observa os menores valores de resistência a penetração (Figura 1C), indicando que o aumento da resistência a penetração ocorre uma diminuição da produtividade.



**FIGURA 1:** Mapas de contorno de produtividade (A), Resistência a penetração do solo (B), Altura de planta (C), Diâmetro médio de colmo (D).

**CONCLUSÕES:** Os atributos físicos do solo apresentaram efeito pepita pura, com exceção para a resistência à penetração explicada pelo modelo exponencial. Os componentes de produção apresentaram baixa e moderada dependência espacial, explicados pelo modelo Gaussiano. A altura de plantas correlacionou positivamente com a produtividade e a densidade do solo de maneira negativa com a produtividade.

**REFERÊNCIAS:**

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 Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 01, p. 1 - 8, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 2011. 212 p.

MIRANDA, G. V; RODRIGUES, T. C.; SOUZA, L. V. Desempenho de Novas Cultivares de milho Para a Produção de Silagem. *Revista Ceres*, v.51, n. 298, 2004.

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 Ciência Agronômica*. Fortaleza, v. 43, n. 3, July/Sept. 2012.

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.

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Soil cone penetrometer. **ASABE Standard S313.2**, St. Joseph, p. 903 - 904, 2006.