

MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE PLANTAS DE SOJA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

EDUARDO LEONEL BOTTEGA¹, DANIEL ALVES DA VEIGA GRUBERT², BRUNA ORSI², ZANANDRA BOFF DE OLIVEIRA¹, PAULO ADEMAR AVELAR FERREIRA¹

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus de Cachoeira do Sul, Cachoeira do Sul – RS.

²Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba – SP.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A operação de semeadura da soja tem grande importância no rendimento da cultura, pois a uniformidade da distribuição longitudinal de sementes pode contribuir para um adequado estande de plantas e melhoria da produtividade. Este trabalho objetivou estudar a variabilidade espacial da distribuição longitudinal entre plantas de soja, em sistema de integração lavoura-pecuária. Para isso, foi estabelecida uma malha composta por 66 pontos amostrais georreferenciados. A avaliação da distribuição longitudinal de plantas foi realizada com as plantas em estágio vegetativo V4. Em cada ponto amostral foi efetuada a contagem das plantas presentes em um metro, bem como mensurada a distância (X, cm) entre plantas na linha de cultivo. Os dados foram coletados em três linhas de um metro cada, em cada ponto. Avaliou-se a porcentagem de espaçamentos falhos ($X > 10,5$), duplos ($X < 3,5$) e normais ($3,5 \leq X \leq 10,5$). A dependência espacial foi avaliada pelo programa GS+, versão 9. De acordo com os resultados, a variabilidade espacial dos atributos espaçamentos falhos e espaçamentos normais, apresentou dependência espacial moderada, com alcances de 84,9 e 96,5 metros, respectivamente. A classe de espaçamentos duplos e plantas por metro não apresentaram dependência espacial na distância entre pontos amostrais utilizada, indicando que suas distribuições são aleatórias.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, variabilidade espacial, geostatística.

SOYBEAN PLANT LONGITUDINAL DISTRIBUTION MAPPING IN CROP-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM

ABSTRACT: The sowing operation of soybean has great importance in crop yield, since the uniformity of the longitudinal distribution of seeds can contribute to an adequate plant stand and productivity improvement. This work aimed to study the spatial variability of the longitudinal distribution among soybean plants, in a crop - livestock integration system. For this, a mesh composed of 66 georeferenced sample points was established. The evaluation of the longitudinal distribution of plants was carried out with the plants in vegetative stage V4. At each sampling point, the plants were counted in a meter, as well as measured at distance (X, cm) between plants in the growing line. The data were collected in three lines of one meter each, at each point. The percentage of faulty ($X > 10.5$), double ($X < 3.5$) and normal ($3.5 < X < 10.5$) spacing was evaluated. The spatial dependence was evaluated by the GS+ program, version 9. According to the results, the spatial variability of the attributes normal spacing and spacing showed moderate spatial dependence, with a range of 84.9 and 96.5 meters, respectively. The class of double spacing and plants per meter did not show spatial dependence on the distance between sample points used, indicating that their distributions are random.

KEYWORDS: *Glycine max*, spatial variability, geostatistical.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes culturas do mundo, é amplamente utilizada na alimentação humana e animal, na produção de biocombustíveis e diversos outros subprodutos. A uniformidade da distribuição longitudinal de plantas pode contribuir para um adequado estande de plantas e melhoria da produtividade (SANTOS et al., 2011). A operação de

semeadura tem grande importância no rendimento da cultura, pois influencia o estabelecimento de um estande de plantas uniformemente distribuídas nas linhas, com competitividade e eficiência no uso dos recursos do ambiente (TOURINO et al., 2009).

A variabilidade espacial de um atributo à campo pode carregar consigo uma forte influência dos valores de sua vizinhança, deste modo observações tomadas a distâncias mais próximas são mais semelhantes que aquelas tomadas a distâncias maiores (REICHARDT; TIMM, 2012), caracterizando a dependência espacial da variável. A distribuição longitudinal de plantas pode apresentar essa estrutura de dependência espacial e, portanto, o conhecimento da distribuição longitudinal de plantas pode auxiliar na determinação de zonas específicas de manejo, fundamentais à tomada de decisão nas práticas de manejo, regulagens da semeadora e agricultura de precisão (SANTOS et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade espacial da distribuição longitudinal de plantas de soja em uma área comercial sob sistema de integração lavoura-pecuária, na região de Curitiba, Santa Catarina.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no município de Curitiba, estado de Santa Catarina, durante a safra 2015/2016 em uma área onde se estuda a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária há três anos, localizada à 27°18'41" de latitude Sul e 50°38'06" de longitude Oeste. O solo do local é classificado como LATOSSOLO Bruno, de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). O clima da região é mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb), com temperatura média anual de 16° C e precipitação média de 1600 mm (ALVARES et al., 2013).

A cultivar de soja utilizada foi a 6909 IPRO Nidera. Estabeleceu-se, na área estudada, uma malha amostral composta por 66 pontos georreferenciados distanciados 50 metros entre si, que serviram como base para coleta dos dados. Em cada ponto amostral foi efetuada a mensuração da distância entre plantas e plantas por metro presentes em três linhas de um metro de comprimento no estádio vegetativo V4. Determinou-se o percentual de espaçamentos entre plantas normais, falhos e duplos (KURACHI et al., 1989). Realizou-se análise estatística descritiva, teste de normalidade dos dados de Shapiro Wilk's ($p > 0,05$) e calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$). Posteriormente realizou-se análise geoestatística. A dependência espacial foi avaliada pelo ajuste de variogramas, pressupondo a estacionaridade da hipótese intrínseca, definida pela Equação 1.

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

Em que,

$\hat{\gamma}(h)$ = Semivariância em função da distância de separação (h) entre pares de pontos;

h = Distância de separação entre pares de pontos, m;

N (h) = Número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_{i+h})$ separados por uma distância h.

Foi calculado o índice de dependência espacial (IDE) (CAMBARDELLA et al., 1994). O mapa temático da distribuição espacial do atributo foi produzido por meio de krigagem ordinária. A análise estatística foi realizada no programa Statistica, versão 7. A análise geoestatística utilizou-se o programa de computador GS+, versão 9. Os mapas temáticos foram gerados utilizando o programa Surfer, versão 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de coeficiente de variação (CV) de todas as classes de espaçamentos foram classificados como médio ($12\% < CV < 60\%$), o CV de plantas por metro foi considerado baixo ($CV < 12\%$) segundo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980). Todas as variáveis apresentaram distribuição normal.

Segundo Mialhe (1996) é considerado uma semeadura de precisão uma porcentagem de espaçamentos normais acima de 60%, o que não foi observado na média geral de espaçamentos normais. Na análise de correlação de Pearson (Tabela 1), correlação negativa significativa foi observada entre espaçamentos falhos (EF) com espaçamentos normais (EN) e plantas por metro (PM),

indicando que ao aumentar a proporção de espaçamentos falhos, a proporção de espaçamentos normais e a quantidade de plantas por metro diminuem. Correlação positiva significativa foi observada entre espaçamentos duplos (ED) e plantas por metro, este fato é indicativo de que quanto maior o número de plantas por metro, maior a quantidade de espaçamentos duplos, ou seja, ocorreu um incremento na deposição de sementes por metro de linha de semeadura.

Tabela 1. Análise de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas

	EF ⁽¹⁾	EN ⁽²⁾	ED ⁽³⁾	PM ⁽⁴⁾
EF	1,00			
EN	-0,61*	1,00		
ED	-0,18	-0,67*	1,00	
PM	-0,71*	0,07	0,58*	1,00

⁽¹⁾Espaçamentos falhos; ⁽²⁾Espaçamentos normais; ⁽³⁾Espaçamentos duplos; ⁽⁴⁾Plantas por metro; *Significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise geostatística e da validação cruzada das variáveis estudadas. Na análise do IDE, as classes de EF e EN apresentaram dependência espacial moderada, resultados estes diferentes dos observados por Santos et al. (2011) que, avaliando a distribuição longitudinal de sementes de milho, não encontraram dependência espacial nestas classes de espaçamentos. Segundo Bottega et al. (2013) o modelo gaussiano e o modelo esférico representam, respectivamente, elevada e baixa continuidade da variabilidade espacial do atributo.

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas teóricos e da análise de validação cruzada referente à modelagem da dependência espacial das variáveis estudadas.

Atributo	Parâmetros geoestatísticos						
	Modelo	a ⁽¹⁾	C ₀ +C ⁽²⁾	C ₀ ⁽³⁾	IDE ⁽⁴⁾	SQR ⁽⁵⁾	R ²⁽⁶⁾
EF ⁽⁷⁾	Gaussiano	84,9	79,91	37	Moderado	32,9	0,976
EN ⁽⁸⁾	Esférico	96,5	92,13	30,2	Moderado	169	0,821
ED ⁽⁹⁾	----- Efeito pepita puro -----						
PM ⁽¹⁰⁾	----- Efeito pepita puro -----						
Parâmetros da análise de validação cruzada							
	Coefficiente de Regressão	Y ⁽¹¹⁾	EPP ⁽¹²⁾		R ²		
EF	0,85	2,66	7,62		0,19		
EN	0,86	6,8	8,32		0,21		

⁽¹⁾Alcance (m); ⁽²⁾Patamar; ⁽³⁾Efeito pepita; ⁽⁴⁾Índice de dependência espacial; ⁽⁵⁾Soma de quadrados do resíduo; ⁽⁶⁾Coefficiente de determinação; ⁽⁷⁾Espaçamentos falhos (%); ⁽⁸⁾Espaçamentos normais (%); ⁽⁹⁾Espaçamentos duplos (%); ⁽¹⁰⁾Plantas por metro; ⁽¹¹⁾Intercepto; ⁽¹²⁾Erro padrão de predição.

Na validação cruzada os coeficientes de regressão dos espaçamentos falhos e dos espaçamentos normais foram próximos ao ideal, entretanto para o coeficiente de determinação, os valores obtidos para EF e EN foram baixos. Nas regiões com valores maiores para espaçamentos normais são encontrados valores mais baixos para espaçamentos falhos e vice-versa, o que é lógico de se esperar para classes que representam uma proporção dentro de uma mesma variável (espaçamentos), sendo que o aumento de um implica na redução do outro. As regiões com menor porcentagem de EF foram as que apresentaram maior altitude na área, e as regiões de menor altitude as que apresentaram menor proporção de EN, o que pode ter sido em função da realização da semeadura no sentido da declividade, que propicia a maiores perdas de solo por erosão da chuva das áreas mais elevadas para a parte mais baixa da área, dificultando a emergência das plântulas nas áreas de menor altitude e aumentando assim a porcentagem dos EF e reduzindo os EN nas linhas. Na Figura 1 são apresentados os mapas temáticos da distribuição espacial dos atributos EF e EN.

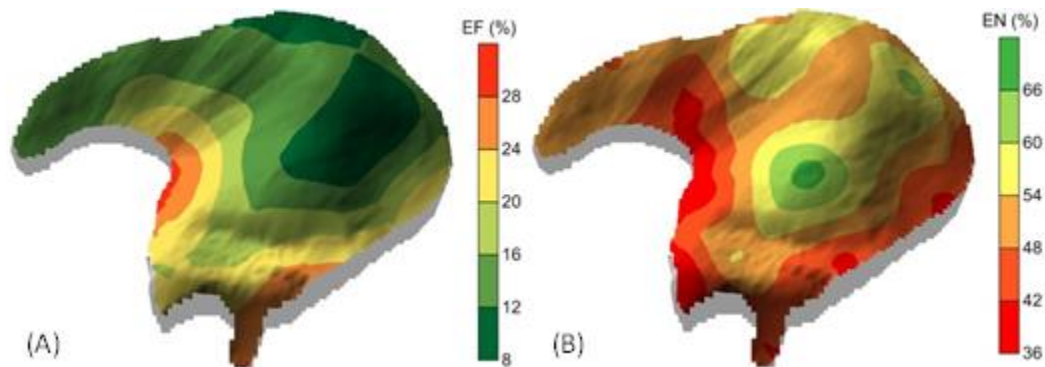


Figura 1. Mapas temáticos da distribuição espacial dos espaçamentos falhos (A) e espaçamentos normais (B).

CONCLUSÕES

A variabilidade espacial dos atributos EF e EN apresentou dependência espacial classificada como moderada, com alcances de 84,9 e 96,5 metros, respectivamente. A classe de espaçamentos duplos e plantas por metro não apresentaram dependência espacial na distância entre pontos amostrais utilizada, indicando que suas distribuições são aleatórias.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n.6, p. 711–728, 2013.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, p. 1501-1511, 1994.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- KURACHI, S.A.H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.O.; SILVEIRA, G.M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. *Bragantia*, Campinas, v.48, n.2, p.249-62, 1989.
- MIALHE, L.G. *Máquinas agrícolas: ensaios e certificação*. Piracicaba: FEALQ, 1996, 722 p.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. 2 ed. Barueri, SP: Manole, 2012. 500 p.
- SANTOS, A. J. M. et al. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011.
- TOURINO, M.C.C. et al. Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.1, p.241-245, 2009.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed). *Applications of soil physics*. New York: Academic, 1980. Cap.2, p.319-344.