

# ANÁLISE ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO EM UMA SEMEADORA-ADUBADORA DE PRECISÃO

## SPATIAL ANALYSIS OF LONGITUDINAL DISTRIBUTION OF MAIZE SEEDS IN A PRECISION GRAIN DRILL

Alessandro José Marques SANTOS<sup>1</sup>; Carlos Antonio GAMERO<sup>2</sup>, Rone Batista de OLIVEIRA<sup>3</sup>; Andréia Correa VILLEN<sup>4</sup>

1. Professor, MSc., Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Santa Helena de Goiás-UnU, [alessandro.santos@ueg.br](mailto:alessandro.santos@ueg.br).  
2. Professor, Doutor, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Universidade Estadual Paulista – UNESP; 3. Aluno de Doutorado do Departamento de Engenharia Rural, FCA – UNESP; 4. Aluna do curso de Agronomia, FCA – UNESP.

**RESUMO:** Na operação de semeadura realizada com semeadoras-adubadoras inúmeros fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas, dentre estes, a distribuição longitudinal das sementes em função da velocidade de deslocamento pode afetar significativamente a produtividade das culturas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a distribuição longitudinal de sementes de milho em duas velocidades de deslocamento de uma semeadora-adubadora de precisão, através da estatística clássica e geoestatística. Para isso, foi construída uma malha de amostragem em *grid* regular com distância entre os pontos de 10 m, totalizando 100 pontos amostrais em cada área. Cada ponto amostral constituiu uma área de 3,6 m<sup>2</sup> onde se mediu a percentagem de espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos entre plantas, após semeadura nas velocidades de deslocamento de 4,58 e 5,94 km h<sup>-1</sup>. Os dados foram analisados pela estatística clássica e geoestatística. A percentagem de espaçamentos aceitáveis e falhos apresentou diferença significativa entre as velocidades. Os resultados indicaram ausência de dependência espacial para as percentagens de espaçamentos estudados nas duas velocidades, indicando que estudos e inferências estatísticas podem ser realizados com base em parâmetros da estatística clássica para distância maior que a menor utilizada na amostragem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variabilidade espacial. Estatística clássica. Distribuição de sementes Efeito pepita puro

### INTRODUÇÃO

Existem vários trabalhos de pesquisas sobre semeadoras-adubadoras de precisão em diferentes velocidades de deslocamento e seu efeito na distribuição longitudinal de sementes. No entanto, com relação à distribuição espacial das sementes em linha, relacionando com a velocidade de trabalho e os efeitos sobre o espaçamento da cultura são escassos, principalmente, com relação ao uso da geoestatística na análise.

De acordo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), as semeadoras são classificadas segundo a forma de distribuição de sementes, sendo de precisão e semeadoras de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão são máquinas que distribuem as sementes no sulco de semeadura, uma a uma ou agrupadas, em linhas e em intervalos regulares de acordo com a densidade de semeadura estabelecida e, também, em semeadoras de fluxo contínuo, em que as sementes são distribuídas em linha, porém sem precisão na sua deposição no solo.

Estudos apontaram à uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a

melhoria da produtividade das culturas. Os parâmetros básicos utilizados para determinar a eficiência são: o coeficiente de variação geral de espaçamentos e a distribuição longitudinal de sementes, sendo eles a percentagem de espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos (KURACHI et al., 1989).

Numa avaliação de nove semeadoras-adubadoras de milho onde trabalharam com duas linhas de plantio, para as de engates de três pontos (PL-2000, JM-2040 e STP), e de quatro linhas para as de arrasto (PAR-2800, PSM, JM-2000, TMS-656, PST e PP-F/A-6/8) em três velocidades 5 km h<sup>-1</sup>; 6,5 km h<sup>-1</sup>; e livre, maiores que 7,5 km h<sup>-1</sup>, Mantovani e Bertaux (1990) verificaram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal das sementes foi irregular e fora dos limites aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregular à medida que a velocidade de avanço aumentava.

Delafosse (1986) afirmou que a velocidade de trabalho é a variável que mais influencia no desempenho de semeadoras afetando a distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura o que influencia a assim, na produtividade das culturas.

A análise de dados obtidos em condições de campo tem apresentado dificuldades nas diversas áreas da ciência, devido à variabilidade espacial. Em áreas cultivadas, além da variabilidade natural do solo e plantas existem fontes adicionais de variabilidade devidas ao relevo, manejo exercido pelo homem e máquinas, cultivo em linhas, aplicação localizada de fertilizantes entre outros (JOHNSON et al., 1996; SOUZA et al., 1997; OLIVEIRA, 2007). Geralmente, os trabalhos de semeadoras são avaliados pela estatística clássica, através de testes de médias, considerando as áreas experimentais uniformes e desconsiderando a heterogeneidade natural dos solos e do seu preparo. Apesar da hipótese de igualdade pela estatística clássica da distribuição longitudinal de sementes em função da velocidade de deslocamento em vários trabalhos (KLEIN et al., 2002; SILVA, 2002), a análise geoestatística apóia a mesma hipótese, ou seja, que a distribuição longitudinal de sementes apresenta as mesmas configurações espaciais.

Portanto, o conhecimento do comportamento espacial da distribuição longitudinal de sementes no campo é importante para o refinamento das práticas de manejo e regulagens das semeadoras, como a definição da intensidade de amostragem para avaliação da semeadora, possibilitando reduzir o erro-padrão da média, maximizando a eficiência da amostragem e diminuindo a necessidade de mão-de-obra do trabalho. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a distribuição longitudinal de sementes de milho utilizando uma semeadora-adubadora de precisão trabalhando em duas velocidades de deslocamento, por meio da estatística clássica (descritiva, exploratória e teste de médias) e análise espacial (geoestatística).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP - Campus de Botucatu - SP, localizado nas coordenadas geográficas 22° 49' Latitude Sul e 48° 25' Longitude Oeste, com altitude média de 770 m, declividade de 0,045 m m<sup>-1</sup> e exposição face norte. O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006).

O preparo do solo primário foi realizado com um escarificador de 7 hastes com espaçamento entre hastes de 0,80 m na profundidade de 0,30 metros, objetivando uma menor mobilização e a descompactação do solo para a implantação da cultura de milho, utilizou-se um trator de potência

no motor de 53 kW (72 cv), pneus traseiros R1 18.4-30 e dianteiros 7.50-16, e massa de 4.393 kg, no preparo secundário realizou-se duas passagens de grade leve com 32 discos de 0,50 m de diâmetros para o destorroamento e nivelamento. Após 15 dias do preparo foi realizado a semeadura do híbrido de milho (*Zea mays* L.) 2B587 de ciclo precoce, com 98% de pureza e 92% de germinação, recomendado para época e local do experimento.

Utilizou-se uma semeadora-adubadora de precisão da marca Semeato, modelo Personale Drill 13 equipada com três unidades de semeadura com mecanismos sulcadores para adubo e sementes do tipo discos duplos defasados e com mecanismo dosador de sementes tipo disco horizontal perfurado com 28 furos. A semeadora-adubadora foi regulada para efetuar uma distribuição com espaçamento entre linhas de 0,90 metros e entre sementes (EES) na linha de 0,172 metros.

As velocidades de trabalho foram 4,58 e 5,94 km h<sup>-1</sup> realiza em duas áreas de 0,45 ha. Para a avaliação da distribuição longitudinal de sementes, fez-se uma malha amostral com 100 pontos de observações nas dimensões de 1,8 x 2,0 m (3,6 m<sup>2</sup>) com distância entre eles de 10 m. A regularidade da distribuição longitudinal de plantas na linha de semeadura foi determinada aos 21 dias após a semeadura, sendo que, dentro de cada ponto procedeu-se mensuração da distância entre as plantas de milho existentes em duas linhas de dois metros de comprimento, calculando o percentual de espaçamentos entre plantas, considerado em aceitáveis, falhos e duplos.

Os espaçamentos entre plantas (EEP) foram analisados mediante as normas técnicas da ABNT, apud Kurachi et al. (1989) para esse tipo de avaliação em campo. Determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes às classes: aceitáveis (0,5 EES < EEP < 1,5 EES), duplos (EEP < 0,5 EES) e falhos (EEP > 1,5 EES), baseado no espaçamento entre sementes (EES) calculado e tido como de referência, de acordo com a regulação da semeadora-adubadora para o trabalho. Dessa forma, os espaçamentos entre plantas (EEP) foram classificados como aceitáveis (0,0862 m < EEP < 0,258 m), duplos (EEP < 0,862 m) e falhos (EEP > 0,258 m).

Primeiramente, os dados foram analisados pela estatística clássica (descritiva, exploratória e teste t), conforme proposto por Libardi et al. (1996) e Gonçalves et al. (2001) usando o *software* STATISTICA 7.0 (STAT SOFT, 2004) e, na seqüência, a análise espacial por meio da geoestatística para verificar a dependência espacial da percentagem de espaçamentos aceitáveis, falhos

e duplos nas duas velocidades na malha de amostragem definida. Para esta análise foi utilizado o *software* GS<sup>+</sup> (ROBERTSON, 2000), para determinação e ajustes de semivariogramas (Equação 1), conforme descrito por Vieira (2000), com base nas pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca.

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

em que:  $\hat{\gamma}(h)$  é a semivariância calculada;  $N(h)$  o número de pares do atributo;  $Z(x_i)$ ,  $(x_i+h)$  os valores dos atributos medidos na posição  $x_i$  e  $x_i + h$ , separados por um vetor  $h$  (distância entre amostras).

Os semivariogramas experimentais foram ajustados aos modelos esféricos, exponencial, gaussiano e linear, usando como critério de seleção a soma de quadrado dos resíduos (SQR), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a correlação entre os valores medidos e os estimados pelo método da validação cruzada. Com o ajuste dos modelos determinou-se os parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ) e alcance de dependência espacial ( $a$ ).

Para análise do índice de dependência espacial (IDE) dos atributos foi utilizado à relação ( $C_1/C_0 + C_1$ ) e os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera a dependência espacial fraca ( $IDE \leq 25\%$ ); moderada ( $25\% < IDE < 75\%$ ) e forte ( $IDE \geq 75\%$ ). Constatado a dependência espacial foram construídos mapas temáticos pelo método de krigagem ordinária.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

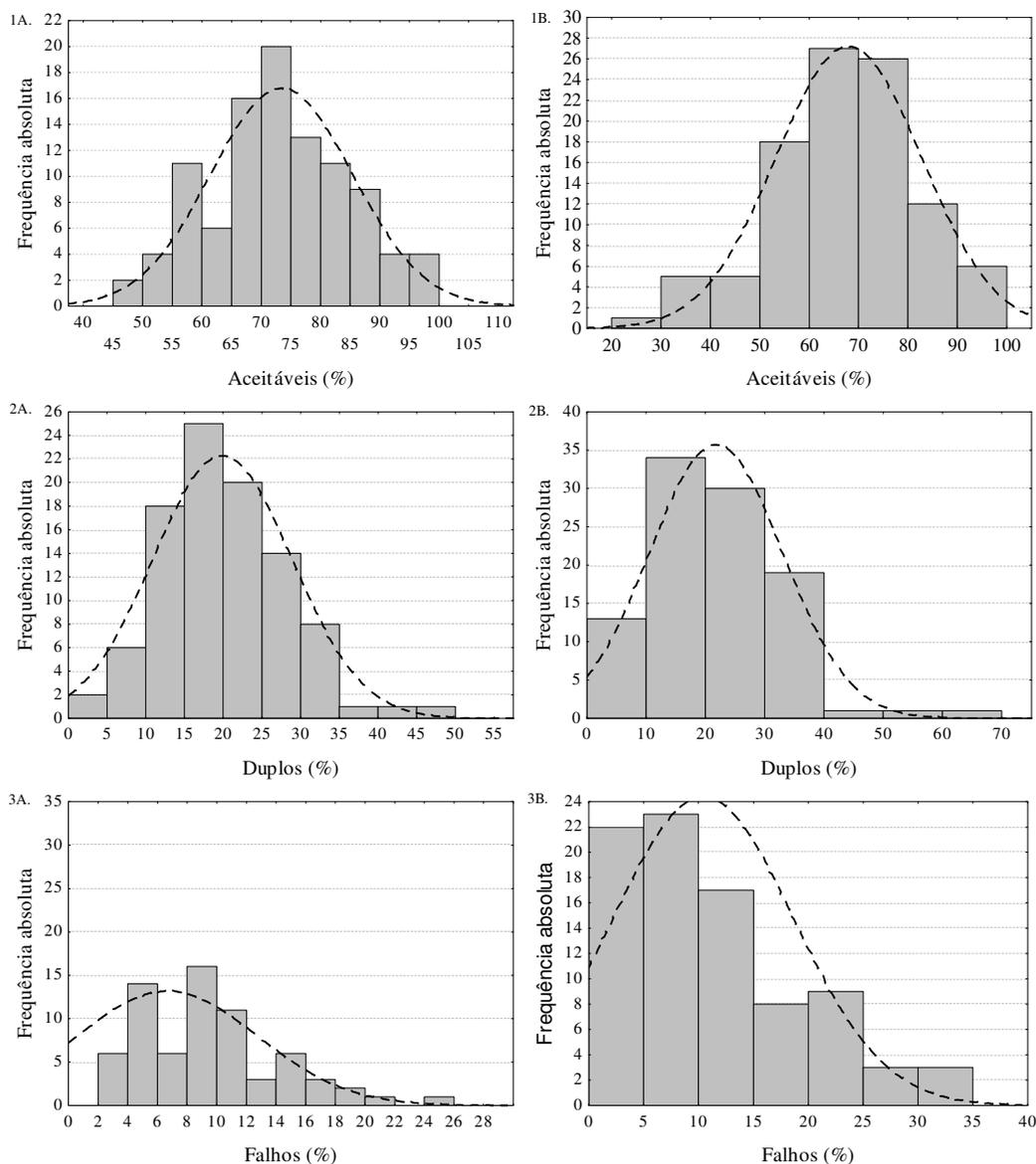
Na Figura 1 estão apresentados os histogramas da distribuição das classes de espaçamentos entre plantas. Conforme pode ser observado, somente a classe de falhos na menor velocidade ( $4,58 \text{ km h}^{-1}$ ) não se comporta como uma distribuição normal, sendo confirmado pelo teste de normalidade aplicado (K-S), com concentração de valores a abaixo da média dos dados e distribuição bimodal.

Na Tabela 1, são apresentadas as estatísticas utilizadas para descrever as distribuições dos dados medidos. Todos os atributos de estudo apresentaram assimetria positiva, com a média maior que a mediana, com exceção para os valores de aceitáveis na velocidade de  $5,94 \text{ km h}^{-1}$ .

Em relação à normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, como discutido anteriormente, a classe de falhos na menor velocidade ( $4,58 \text{ km h}^{-1}$ ) não apresentou normalidade. Observa-se que os valores da mediana se afastam em relação aos valores da média aritmética e também os valores mínimos e máximos reforçam a observação de alta variabilidade da classe em estudo, com 91,26% de coeficiente de variação (CV). De acordo com Cressie (1991), a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, é conveniente apenas que, no gráfico de distribuição normal, o atributo não apresente extremidades da distribuição muito alongadas, o que poderia comprometer as análises. Os resultados dos coeficientes de assimetria e de curtose e a proximidade entre os valores de média e mediana evidenciam que, embora apresentem alguns valores elevados, estas distribuições não apresentam extremidades alongadas que possam comprometer a análise geoestatística.

Uma vez comprovado que existem atributos sem distribuição normal dos dados é clara a importância da geoestatística no complemento da estatística clássica, conforme descreve Jakob (1999), para interpretar com mais clareza e certeza os atributos estudados.

Na Figura 2 estão apresentadas as distribuições percentuais de classes de espaçamentos entre plantas ao longo da maior seção ( $y$ ) da área experimental. Verifica-se que não existe tendência significativa dos atributos com a direção estudada, independente da velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora.

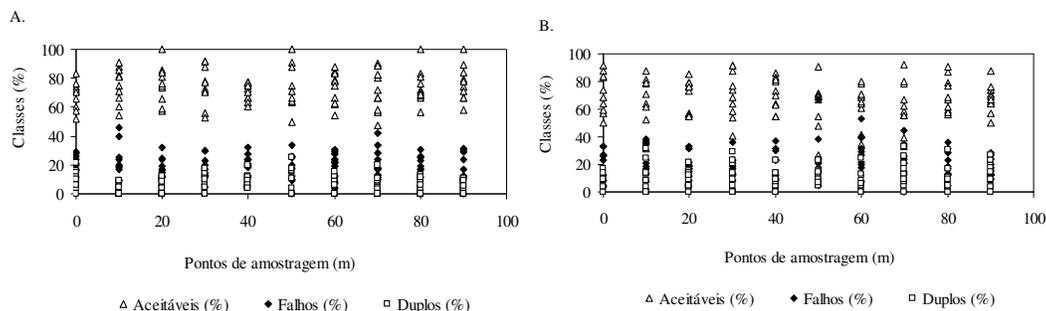


**Figura 1.** Distribuição de frequência das classes de espaçamentos entre plantas de milho em função da velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora de precisão: velocidades de 4,58 km h<sup>-1</sup> (1A, 2A.; 3A.) e 5,98 km h<sup>-1</sup> (1B.;2B.;3B.)

**Tabela 1.** Estatística descritiva das classes de espaçamentos entre plantas de milho (aceitáveis, falhos e duplos) em função da velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora

Velocidades	Classes (%)	Valores		Coeficientes			Teste K-S		
		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV		Assimetria	Curtose
4,58 km h <sup>-1</sup>	Aceitáveis	73,26	72,57	47,37	100,0	16,23	0,16	-0,36	p>0,20 <sup>ns</sup>
	Falhos	6,64	5,72	0,00	25,00	91,26	0,68	-0,10	p<0,01 <sup>*</sup>
	Duplos	19,80	19,62	0,00	46,15	45,24	0,10	0,27	p>0,20 <sup>ns</sup>
5,94 km h <sup>-1</sup>	Aceitáveis	67,76	68,71	26,67	92,30	19,95	-0,53	0,07	p>0,20 <sup>ns</sup>
	Falhos	10,39	9,09	0,00	33,33	78,79	0,82	0,16	p<0,10 <sup>ns</sup>
	Duplos	21,69	20,84	0,00	66,67	51,54	0,91	1,76	p>0,20 <sup>ns</sup>

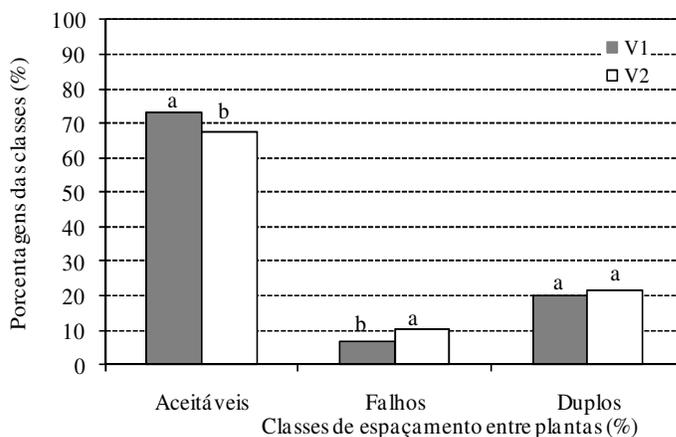
CV – coeficiente de variação; ns - não significativo pelo teste Kolmogorov-Smirnov (KS) a 5% de probabilidade, ou seja, distribuição normal e \* Distribuição não normal



**Figura 2.** Distribuição das classes de espaçamentos (aceitáveis, falhos e duplos) em função da velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora de precisão: velocidades de 4,58 Km<sup>-1</sup>(A) e 5,98 Km<sup>-1</sup>(B)

Verifica-se na Figura 3 que o aumento da velocidade de 4,58 para 5,94 km h<sup>-1</sup> reduziu os espaçamentos aceitáveis e aumentou os espaçamentos falhos significativamente, refletindo em desempenho inferior da semeadora na maior velocidade, confirmando o efeito no rendimento da cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por Pacheco et al. (1996) e Mello et al. (2007)

indicando que o aumento da velocidade reduziu as médias dos percentuais de espaçamentos aceitáveis entre as sementes, concordando com Mantovani et al. (1992), Justino et al. (1998), Silva et al. (2000) e Mahl et al. (2004), mesmo que tenham trabalhados com diferentes tipos de semeadoras, amplitudes de velocidades e mecanismos dosadores.



As médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ); V1=4,58 e V2=5,98 Km h<sup>-1</sup>

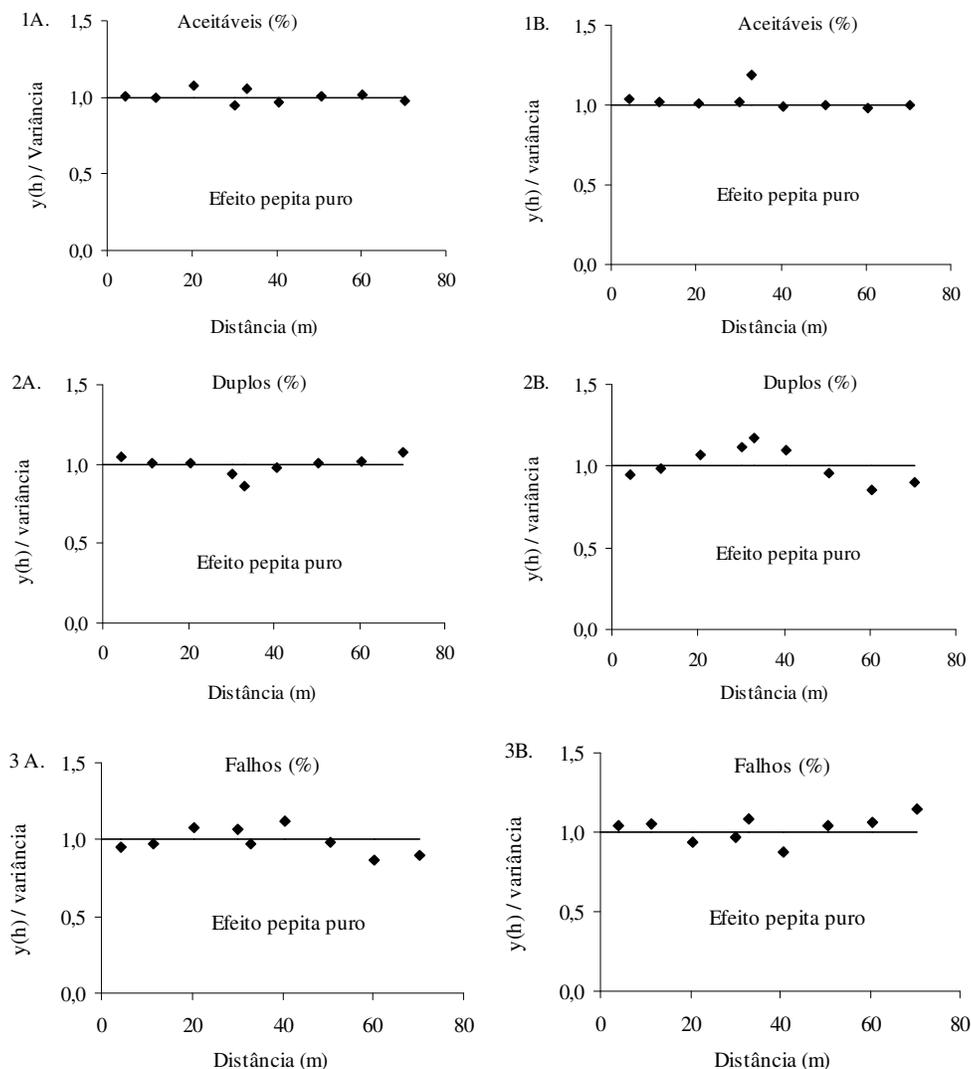
**Figura 3.** Comparação entre médias das classes de espaçamentos das plantas de milho em função da velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora de precisão

Nota-se, também, que o aumento da velocidade não afetou estatisticamente a classe dos espaçamentos duplos, concordando com Klein et al. (2002) e Mahl et al. (2004) que afirmaram que a velocidade de deslocamento não influencia nessa classe de espaçamento entre plantas.

De acordo com a classificação sugerida por Torino e Klingenstein (1983), é considerado como ótimo desempenho à semeadora que distribuir de 90 a 100% das sementes na faixa de espaçamentos aceitáveis, bom desempenho de 75 a 90%, regular de 50 a 75%, e insatisfatório abaixo de 50%. Em função desses intervalos, a semeadora-adubadora de

precisão apresentou desempenho regular com 73,26 e 65,76% de espaçamentos aceitáveis para as velocidades de 4,58 e 5,94 km h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Na Figura 4 são apresentados os semivariogramas escalonados pela variância dos dados, indicando ajuste do modelo efeito pepita puro (EPP), ou seja, que a variância espacial não contribuiu para a variância total dos dados, sendo assim, ausência de dependência espacial na escala analisada para distância maior que a menor utilizada, que foi de 10 m, ou seja, o espaçamento utilizado entre as amostras não foi suficiente para representação da estrutura de dependência espacial.



**Figura 4.** Semivariogramas escalonados, pela variância dos dados, das classes de espaçamentos aceitáveis (1A, 2B) duplos (2A, 2B) e falhos (3A, 3B) em função da velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora de precisão: velocidades de 4,58 km h<sup>-1</sup> (A) e 5,98 km h<sup>-1</sup> (B)

Segundo Eguchi et al. (2002) e Lima et al. (2007), a ausência de dependência espacial determina que a única estatística aplicável para escala de amostragem na avaliação dessas classes é a estatística clássica, podendo utilizar a média dos dados para a melhor representação. Os fatores que podem ter contribuído com o fato de se ter observado a ausência da dependência espacial foram: o número de observações por ponto de amostragem; a distância entre os pontos de amostragens; e a regularidade da distribuição da semeadura-adubadora, mostrando que o erro é aleatório na operação, independente das velocidades utilizadas.

## CONCLUSÕES

A percentagem de espaçamentos falhos apresentou um coeficiente de variação de 91,26% na velocidade de 4,58 km h<sup>-1</sup>.

O aumento da velocidade de 4,58 para 5,94 km h<sup>-1</sup> na operação de semeadura influenciou negativamente com a redução da percentagem de espaçamentos aceitáveis e com aumento para os falhos.

Pela análise espacial, as classes de espaçamentos entre plantas (aceitáveis, falhos e duplos) apresentaram ausência de dependência espacial, indicando que estudos e inferências estatísticas podem ser realizados com base em parâmetros da estatística clássica.

**ABSTRACT:** In the operation of sowing with planter numerous factors interfere with the establishment of the plant stand, among them, the longitudinal distribution of seeds depending on the displacement speed can significantly affect crop productivity.

The present study aimed the evaluation of longitudinal distribution of maize seeds in two different speeds of dislocation of a precision grain drill, through classical and geostatistics. A regular *grid* sample, totalizing 100 points in each area, was built with 10-meter distance among the points. Each sample point comprised 3.6m<sup>2</sup> (1.8 x 2.0) where the percentage of acceptable, double and fail spacing among the plants was measured after sowing at 4.58 and 5.94 km h<sup>-1</sup> speed of dislocation. Classical and geostatistics were used for data analyses. The percentage of acceptable and failed spacing has shown significant difference between 4.58 and 5.94 km h<sup>-1</sup> speed. The results has shown absence of spatial dependence regarding the percentage of the studied spacing (acceptable, fail and double) at both speeds, showing that studies and statistical inferences can occur based on parameters of classical statistics for distances higher than the shortest one used in the sampling.

**KEYWORDS:** Pure nugget effect. Spatial variability. Classical statistics. Seed distribution.

---

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de norma 12:02.06-004 - Semeadora de precisão - Ensaio de laboratório. São Paulo, 1994. 21 p.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991. 900 p.

DELAFOSSÉ, R.M. **Máquinas sembradoras de grano grueso**. Santiago: Oficina Regional de La FAO para America Latina y el Caribe, 1986, 48 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2006. 306 p.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1987. 466 p.

EGUCHI, E. S. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos de um solo hidromórfico no Município de Lavras-MG**. 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado) - UFLA, Lavras, 2001.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análise exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, 2001.

JAKOB, A. A. E. **Estudo da correlação entre mapas de variabilidade de propriedades do solo e mapas de produtividade para fins de agricultura de precisão**. 1999. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia agrícola – FEAGRI, Campinas, 1999.

JOHNSON, G. A.; MORTENSEN, D. A.; GOTWAY, C. A. Spatial and temporal analysis of weed populations using geostatistics. **Weed Science**, Champaign, v. 44, n. 3, p. 704-710, 1996.

JUSTINO, A.; WEIRICH NETO, P. H.; SANTOS, S. R. **Análise da distribuição de sementes do conjunto de sete híbridos de milho (*Zea mays* L.) e sete discos horizontais perfurados**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, p. 286-8.

KLEIN, V. A.; SIOTA, T. A.; ANESI, A. L.; BARBOSA, R. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 75-82, jan. 2002.

- 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.
- LIBARDI, P. L.; MANFRON, P. A.; MORAES, S. O. TUON, R. L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 20, n. 1, p. 1-12, 1996.
- MAHL, D.; GAMERO, C. A. Consumo no plantio. Cultivar Máquinas, Pelotas, n. 22, p. 18-21, 2003.
- MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-7, 2004.
- MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo**. Relatório de Ensaio. Sete Lagoas: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA, 1990, 50p.
- MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 1579-86, 1992.
- MELLO, A. J. R. et al. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de Semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 479-486, maio/ago. 2007.
- OLIVEIRA, R. B. **Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão**. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. 2007.
- PACHECO, E. P.; MANTOVANI, E. C.; MERTYN, P. J.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de uma semeadora - adubadora de precisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 209-214, 1996.
- ROBERTSON, G. P. GS+: **Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide**. Plainwell, Gamma Desing Software, 1998. 152 p.
- SILVA, S. L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento**. 2000. 123 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- SOUZA, L. S.; VIEIRA, S. R.; COGO, N. P. Variabilidade dos teores de nutrientes na folha, entre plantas, em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 21, n. 3, p. 373-377, 1997.
- STAT SOFT Inc, **Programa Statistica for windows**, versão 6.0. Tulsa, EUA: Stat Soft, Inc, 2001. 1 CD-ROM.
- TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. **Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 8., 1983, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro:UFRRJ, 1983. v. 2. p. 103-116.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000. v. 1, p. 1-54.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia) - FCA-UNESP, Botucatu, 2001.