

# DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO MENSURADA POR IMAGENS E ESTEIRA COM GRAXA

**Marcelo Chan Fu Wei<sup>1</sup>; Maurício Martello<sup>2</sup>; José Paulo Molin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Eng° Agrônomo, Doutorando - Depto Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba - SP. marcelochan@usp.br / (11) 9 5359-9011; <sup>2</sup>Eng° Ambiental, Doutorando - Depto Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba - SP; <sup>3</sup>Eng° Agrícola, Professor - Depto Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba - SP

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2022**  
Campinas, SP, 09 a 11 de agosto de 2022

**RESUMO:** A produtividade, especialmente em culturas de sementes graúdas, pode ser afetada pela desuniformidade de distribuição de sementes. É função das semeadoras de precisão distribuí-las com espaçamento uniforme. Entretanto, é necessário avaliar a qualidade de distribuição de sementes em função das variáveis de deslocamento da máquina e do espaçamento pré-estabelecido. Os métodos atuais consistem na mensuração manual em esteira com feltro ou graxa. Além desses métodos, existem os que se utilizam de sensores com destaque aos ópticos e fotoelétricos, que apresentam menor onerosidade para obter os dados, porém o seu uso ainda é limitado seja por falta de capacidade de detecção de sementes múltiplas (fotoelétricos) ou poucos estudos que demonstrem a viabilidade da aquisição dos dados pela imagem (ópticos), sendo este uma forma passível de automatização que pode reduzir custos com insumos para o seu teste. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a uniformidade da distribuição longitudinal de uma semeadora pelo método da esteira com graxa e por imagem. O experimento foi conduzido com uma esteira com graxa, câmera digital, semeadora de precisão e sementes de milho. Foram avaliados quatro tratamentos com seis repetições, variando a densidade populacional e velocidade da semeadora. Os espaçamentos entre as sementes foram mensurados diretamente na esteira e a partir da análise dos quadros obtidos dos vídeos gravados durante os testes. Os dados de espaçamentos foram classificados de acordo com o intervalo de tolerância em relação ao seu referencial e classificados como aceitáveis, falhos e múltiplos. Os métodos foram comparados pelo teste de comparação múltipla de Tukey a um nível de 5% de significância. Os métodos de mensuração do espaçamento não apresentaram diferença estatística entre si. O trabalho indica o potencial da aplicação de imagens para obter a distância entre sementes de milho com o intuito de avaliar a qualidade da distribuição longitudinal de uma semeadora, sendo que a partir do seu uso pode-se reduzir a necessidade de insumos utilizados, com destaque para a graxa/feltro e sementes.

**PALAVRAS-CHAVE:** espaçamento; semeadora de precisão; qualidade de distribuição

## LONGITUDINAL DISTRIBUTION OF MAIZE SEEDS THROUGH IMAGES AND MAT WITH GREASE

**ABSTRACT:** Crop yield, especially in large seeds crop, can be affected by the uneven seed distribution. Precision seeder acts to distribute seeds evenly spaced. However, it is required to evaluate the distribution quality as function of tractor displacement and preset spacing. The current methods are based on manual measurements on mat with grease or felt. Besides these methods, there are sensor-based, especially optical and photoelectric ones, in which data acquisition is less onerous, but their use is still limited either due to lack of capacity to detect multiple seeds (photoelectric) or few studies that demonstrate the feasibility of acquiring data by image (optical) being this a method that can be automated reducing costs with inputs during tests. The objective of this work was to evaluate the longitudinal distribution uniformity of a seeder through image and mat with grease. The experiment was conducted with a mat with grease, digital camera, precision seeder and maize seeds. Four treatments were evaluated with six repetitions varying seed density and seedling speed. The spacings between seeds were measured on the mat and through images. After that, these data were classified according to the tolerance interval in relation to their reference as acceptable, flawed and multiple. A Tukey test with 5% of significance was applied to compared the methods. The measurement methods were statistically equal. This work presents the potential to apply image processing to obtain maize seed spacing to

evaluate the quality of a precision seeder distribution and from its use, the need for inputs can be reduced, especially grease/felt and seeds.

**KEYWORDS:** distribution quality; spacing; precision seeder

**INTRODUÇÃO:** A distribuição desuniforme de sementes pode reduzir a produtividade de grãos quando comparado a uma distribuição uniforme (WADE et al., 1988). Para melhorar a qualidade de distribuição de sementes, torna-se necessário o uso de semeadoras com mecanismo dosador de precisão (GOMES, 2018). Este mecanismo, disposto entre o reservatório e o tubo condutor de sementes, é responsável pela individualização das sementes de acordo com o espaçamento definido e as variáveis de deslocamento da máquina. A velocidade de operação da semeadora é uma das principais variáveis que afetam na qualidade da distribuição longitudinal das sementes (MIALHE, 2012). Dessa maneira, a avaliação da qualidade de distribuição de sementes pelas semeadoras em função da velocidade de deslocamento e densidade populacional desejada torna-se fundamental. Para isso, em teste laboratoriais, a prática comum é a medição de sementes em linha única a partir de uma esteira equipada com feltro ou cinto pegajoso, como nos estudos de Jasper et al. (2009). Esse teste é considerado preciso e acurado, entretanto possui alguns pontos limitantes, como onerosidade na determinação do espaçamento entre as sementes por se tratar de um método manual, limitação do número de dados devido a extensão da esteira e o alto risco de deslizamento ou não fixação das sementes no cinto (KARIMI et al., 2015). Pesquisas voltadas a desenvolver sistemas de avaliação laboratorial da uniformidade de espaçamento entre sementes com uso de sensores está se tornando comum (KARAYEL et al., 2006, KOSTIC et al., 2018). Como por exemplo, Lan et al. (1999) compararam o uso de sensores ópticos e a esteira pegajosa para avaliarem a uniformidade de distribuição de uma semeadora e obtiveram erros de 97 mm entre as medidas. Kostic et al. (2018) avaliaram a distribuição longitudinal de uma semeadura comparando os resultados obtidos por meio da análise de imagens e sensor fotoelétrico. Apesar dos resultados encontrados pelos autores serem satisfatórios, eles destacam pontos que limitam o uso dos sensores fotoelétricos, principalmente em relação à detecção de sementes consideradas de espaçamento múltiplo. Com isso, ressalta-se a importância de dar continuidade na exploração do uso de sensores ópticos para mensuração da qualidade de distribuição de semeadoras uma vez que a sua análise de espaçamento entre sementes pode se tornar automatizada, reduzindo gastos com cinta pegajosa, sementes e tempo de análise, entretanto ainda é necessário mais estudos que abordem o uso da imagem para estimar os espaçamentos entre a deposição das sementes. O objetivo foi avaliar a uniformidade da distribuição longitudinal de sementes em uma semeadora com a mensuração da distância entre sementes de milho obtida por imagens, tendo os espaçamentos obtidos em esteira com graxa como referencial comparativo.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O estudo foi desenvolvido no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). Como sistema de referência foi adotado uma esteira de borracha com 13 m de comprimento total, equipada com um motor elétrico de 3 CV e inversor de frequência para regulagem da velocidade (Figura 1a e 1b). O segundo sistema utilizado para avaliar a distribuição das sementes foi uma câmera digital modelo *Hero 3 Black*, fabricante *GoPro* (Califórnia, EUA), com resolução espectral na faixa do visível (350 ~ 700 nm – RGB) com um sensor CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) com capacidade de gravar vídeos a uma frequência de 240 FPS (*frames per second* – quadros por segundo) com resolução de 840 *pixels* de largura por 480 *pixels* de altura. Foi utilizada uma semeadora de precisão com disco perfurado horizontal de 22 furos, instalada a uma altura de 0,13 m entre a saída do distribuidor e a esteira. A semeadora contava com depósito individualizado preenchido com sementes de milho híbrido, cultivar 20A55PW padronizadas (tamanho e forma) e tratadas com fungicida. A semeadora foi adaptada com um motor elétrico de 3 CV e um inversor de frequência para o controle do sentido e velocidade com o intuito da realização dos testes em bancada.

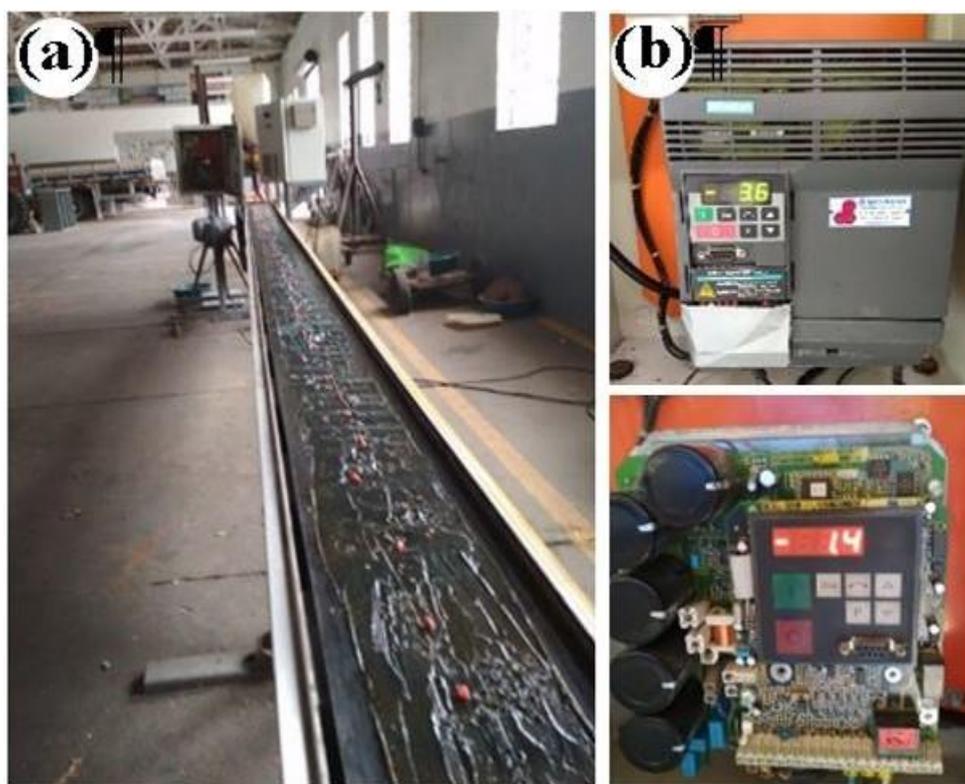


FIGURA 1. Equipamento utilizado para avaliação da qualidade de distribuição de sementes de milho. (a) esteira de borracha equipada com motor elétrico e inversor; (b) dois inversores de frequência, esteira (imagem superior) e semeadora (imagem inferior). **Equipment used to assess the quality of maize seed distribution. (a) rubber mat equipped with electric motor and frequency inverter; (b) two frequency inverters, mat (upper image) and seeder (lower image).**

Foram determinados quatro tratamentos, variando a velocidade de distribuição das sementes (Tabela 1) com seis repetições cada, totalizando 24 coletas. A esteira permaneceu a uma velocidade constante de  $0,222 \text{ m s}^{-1}$ . Esta velocidade era quatro vezes menor que a da semeadora, permitindo assim aumentar a densidade de sementes na esteira, uma vez que o comprimento é limitado, e consequentemente um X referência (X Ref – espaçamento de referência entre sementes) de esteira proporcionalmente menor que a referência teórica.

TABELA 1. Tratamentos utilizados para avaliar a qualidade da distribuição da semeadora de precisão em função da densidade populacional de sementes de milho, velocidade teórica e frequência do inversor da semeadora. **Applied treatment to assess the distribution quality of the precision seeder as function of maize seed population density, theoretical velocity and seeder inverter frequency.**

Tratamentos	População (sementes $\text{ha}^{-1}$ )	X Ref Esteira (m)	X Ref Teórico (m)	Velocidade Teórica ( $\text{m s}^{-1}$ )	Inversor Semeadora (Hz)
A	50.000	0,1111	0,4444	0,889	1,000
B	70.000	0,0833	0,3332	1,067	1,400
C	85.000	0,0667	0,2668	1,333	1,800
D	100.000	0,0556	0,2224	1,600	2,200

X Ref = X referência – espaçamento de referência entre sementes.

Para atingir a velocidade necessária de trabalho foi determinada a quantidade de sementes distribuídas em 27 s, tempo necessário para a esteira percorrer os 6,0 m definido como distância efetiva. Foi inserida uma fina camada ( $\sim 0,003 \text{ m}$  de espessura) de graxa sobre a esteira com a função de reter as sementes no local exato da

queda. Para cada coleta, primeiramente, era acionada a esteira e logo após a semeadora, a partir da primeira semente fixada na esteira era iniciada a contagem até alcançar os 6,0 m lineares. Ao final, a semeadora era desligada e, posteriormente, a esteira. Para a determinação da distribuição longitudinal era medida a distância manualmente de cada semente com um esquadro e uma fita métrica disposta na lateral da esteira (Figura 2a). A determinação da distribuição longitudinal pelas imagens foi obtida a partir da fixação da câmara na lateral da semeadora a uma distância de 0,21 m da saída do distribuidor e 0,32 m do fundo instalado com um material emborrachado verde com a função de contrastar a semente no momento do processamento das imagens (Figura 2b).

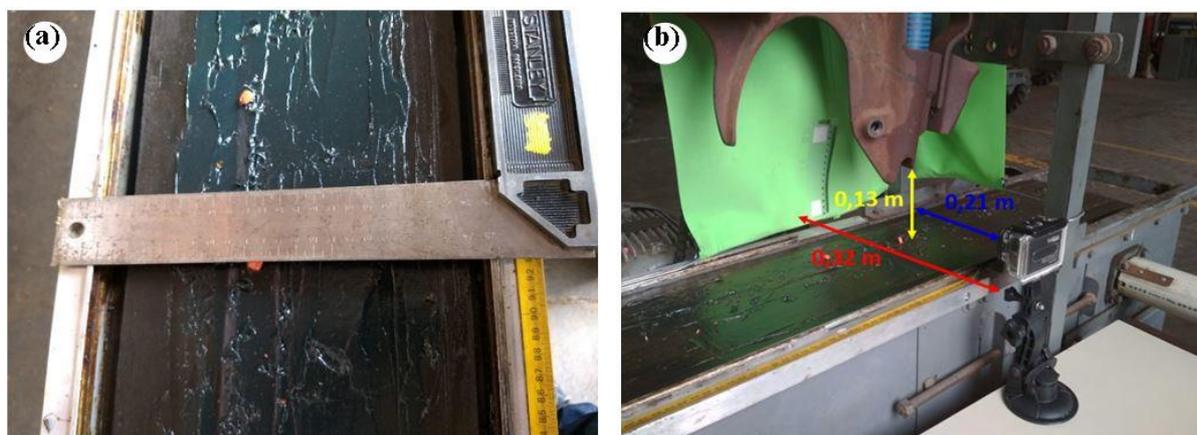


FIGURA 2. Métodos utilizado para mensuração das distâncias entre as sementes de milho. (a) aferição pelo uso de um esquadro metálico e fita métrica e (b) disposição do sensor óptico para posterior mensuração a partir de imagens. **Applied methods to measure the distances between maize seeds. (a) measurement obtained from a metallic square and measuring tape and (b) optical sensor placement to further obtain distance measurements from images.**

Para cada coleta de dados com a câmera foi gravado um vídeo com taxa de quadros a 240 FPS. Os vídeos foram separados de acordo com o tratamento e repetição, os processamentos para extração de dados foram executados de forma manual, utilizando o aplicativo nativo do Windows 10 (Fotos). O aplicativo permitiu avaliar quadro a quadro do vídeo com a informação de tempo, extraindo-se os valores de tempo de cada semente que passava pela saída do distribuidor, conforme exemplificado na Figura 3.

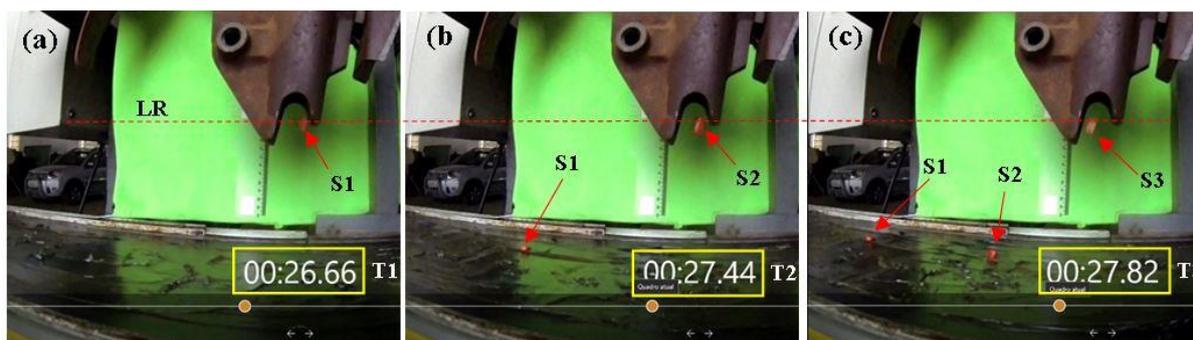


FIGURA 3. Exemplo da obtenção das distância entre as sementes de milho a partir de imagens. (a) quadro com a semente 1 (S1) na linha de referência (LR) e tempo 1 (T1) da semente S1; (b) quadro com a semente 2 (S2) na linha de referência com S1 na esteira, tempo 2 (T2) da semente S2 e (c) quadro com a semente 3 (S3) na linha de referência com S2 e S1 na esteira, tempo 3 (T3) da semente S3. **Example of distance measurement between maize seeds from images. (a) frame with seed 1 (S1) on the reference line (LR) on time 1 (T1); (b) frame with seed 2 (S2) on the LR with S1 on the mat and time 2 (T2) and (c) frame with seed 3 (S3) on the LR with S1 and S2 on the mat and time 3 (T3).**

Para os dados obtidos manualmente, a distância entre sementes foi calculada subtraindo a posição da semente em questão com a anterior. Já com os dados obtidos pelas imagens, a distância foi obtida aplicando a equação

da distância em função da velocidade e tempo. Os valores de distância/espaçamento entre sementes ( $x_i$ ) foram classificadas de acordo com ABNT (1996), Tabela 2.

TABELA 2. Classificação de espaçamento entre sementes de acordo com o intervalo de tolerância para variação do  $X_i$  (ABNT, 1996). **Seed spacing classification according to the variation tolerance of  $X_i$  (ABNT, 1996).**

Tipos de Espaçamento – Classes	Intervalo de tolerância para variação de $X_i$
Múltiplo	$x_i < 0,5 X \text{ Ref}$
Aceitáveis	$0,5 X \text{ Ref} < x_i < 1,5 X \text{ Ref}$
Falhas	$x_i > 1,5 X \text{ Ref}$

$x_i$  = espaçamento entre sementes;  $X \text{ Ref}$  = espaçamento de referência entre sementes

Com os dados brutos foram realizadas duas filtragens. A primeira foi realizada com o intuito de remover apenas valores que não correspondiam com a classificação do  $X \text{ Ref}$ . Sendo assim, foram eliminados os valores considerados “falsos positivos” e a segunda filtragem foi efetuada para eliminar dados que sofreram influência com relação à trajetória da semente no momento da queda, porém não influenciando na classificação do  $X \text{ Ref}$ . Para isso foi calculada a diferença entre espaçamentos dos dois métodos e extraídos os valores duas vezes maiores ou menores que o desvio padrão da média dessa diferença. A partir disso, com o intuito de avaliar os dois métodos foram realizadas duas análises: a) um teste de comparação de médias de Tukey a um nível de 5% de significância entre os dois métodos e b) uma análise de regressão linear entre o espaçamento calculado pelo vídeo *versus* o espaçamento mensurado na esteira.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Adotando o critério de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, temos graficamente a distribuição das classificações para cada tratamento, representadas na Figura 4 com os tratamentos A, B, C e D (Figura 4a-d). Observa-se que os resultados comparativos entre ambos os métodos não são 100% correlacionados, ou seja, existem valores considerados como falso-positivos. Estes valores são aqueles em que a classificação é diferente entre as metodologias utilizadas para mensuração do espaçamento entre sementes, tornando desta maneira, necessária a realização da primeira filtragem.

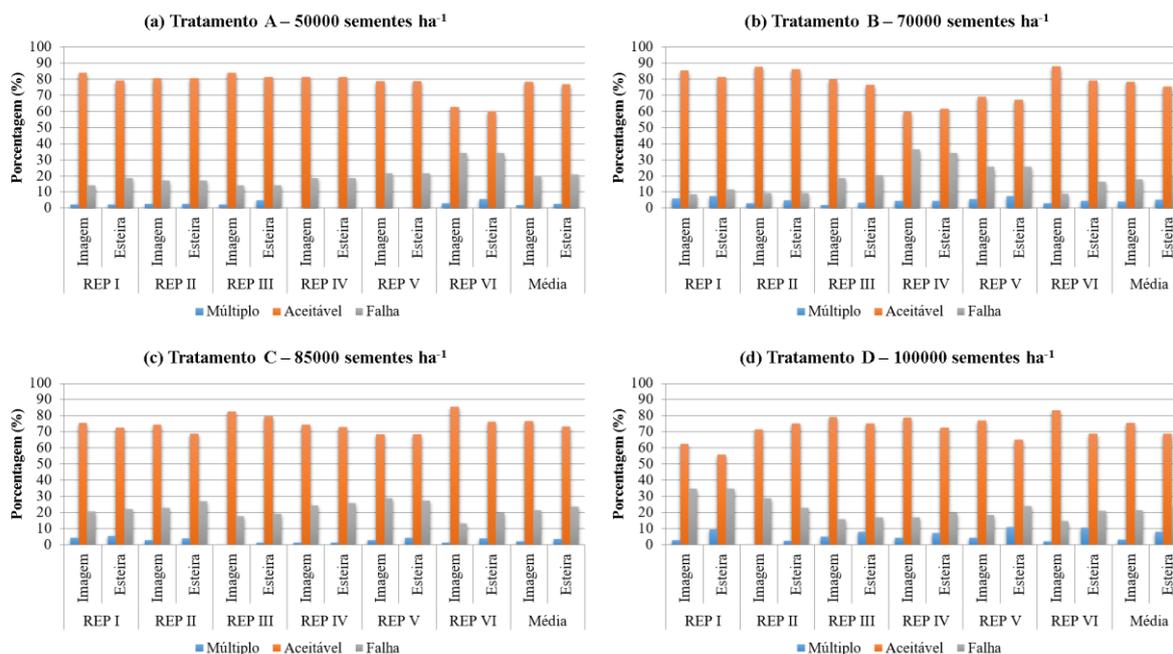


FIGURA 4. Classificação da distribuição longitudinal do espaçamento das sementes de milho de acordo com o intervalo de tolerância (ABNT, 1996) para a mensuração pela esteira e imagem. (a) tratamento A (50.000

sementes ha<sup>-1</sup>); (b) tratamento B (70.000 sementes ha<sup>-1</sup>); (c) tratamento C (85.000 sementes ha<sup>-1</sup>) e (d) tratamento D (100.000 sementes ha<sup>-1</sup>). **Seed spacing classification according to the tolerance interval (ABNT, 1996) to the mat and image measurements. (a) treatment A (50,000 seeds ha<sup>-1</sup>); (b) treatment B (70,000 seeds ha<sup>-1</sup>); (c) treatment C (85,000 seeds ha<sup>-1</sup>) and (d) treatment D (100,000 seeds ha<sup>-1</sup>).**

Com os dados devidamente filtrados, realizou-se a análise de variância dos fatores, neste caso, indicando que existe uma diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade apenas para o fator tratamento. As metodologias avaliadas para mensuração do espaçamento entre as sementes apresentaram p-valores inferiores que 0,05, indicando que são semelhantes, corroborando com resultados encontrados por outros trabalhos (KARAYEL et al., 2006; KOSTIC et al., 2018). A partir disto, prosseguiu-se com um teste de comparação de médias para os tratamentos com o intuito de verificar como foi a diferenciação dos tratamentos entre si. A Tabela 3 indica que todos os tratamentos foram estatisticamente diferentes entre si ao nível de 5 % de probabilidade, porém quando nos referimos aos métodos, o resultado indica que os métodos são estatisticamente iguais.

TABELA 3. Teste de Tukey para comparação entre tratamentos e métodos de estimativa de espaçamento entre sementes de milho. **Tukey test comparison among treatment and method to estimate spacing distribution between maize seeds.**

Método	Espaçamento médio por tratamento (cm)			
	A	B	C	D
Câmera	14,49* Aa	9,80* Ba	8,04* Ca	6,53* Da
Esteira	14,45* Aa	9,79* Ba	8,04* Ca	6,52* Da

\* nível de 5% de probabilidade Valores médios seguidos de letras maiúsculas são comparados na horizontal (entre tratamentos) e letras minúsculas, na vertical (entre métodos). Letras maiúsculas iguais na linha e letras minúsculas iguais na coluna não apresentam diferença estatística entre si a um nível de 5% de probabilidade.

Adicionalmente, a Figura 5 ilustra a correlação entre os valores obtidos pelos dois métodos para todos os tratamentos. É oportuno destacar que o método da esteira com graxa é tido como exato, mas incorpora incertezas como pequenos deslocamentos pela inércia das sementes na queda e leitura visual de distâncias. O gráfico indica que o modelo proposto neste trabalho para mensuração do espaçamento com as filtragens utilizadas, é adequado se comparado com os dados da esteira e corrobora com os dados obtidos por trabalhos que também utilizaram imagens para mensurar o espaçamento entre sementes (KARAYEL et al, 2006; KOSTIC et al, 2018).

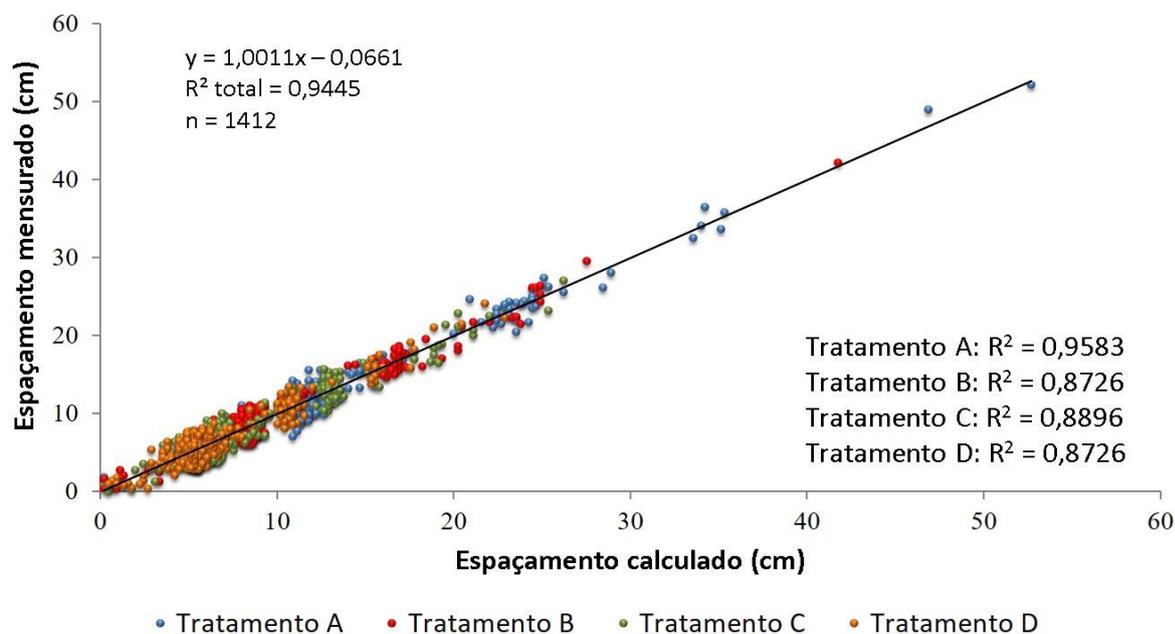


FIGURA 5. Regressão linear entre os espaçamentos de sementes de milho mensurados na esteira e os espaçamentos obtidos pelo processamento de imagens. **Linear regression among maize seed spacing measured on the mat and estimated by image processing.**

Com o desenvolvimento do trabalho foi possível observar na prática alguns pontos negativos em trabalhar com a metodologia da esteira com graxa, como: a dificuldade em realizar grandes amostras devido ao comprimento limitado da esteira; o tempo necessário para realizar uma coleta; onerosidade da amostragem considerando que após a mensuração das distâncias era preciso retirar manualmente semente por semente; necessidade de descarte do material vegetal após mensuração, uma vez que elas entraram em contato com a graxa; descarte do material vegetal em local adequado, dentre outros. Assim, torna-se oportuno desenvolver métodos alternativos que permitam estimar com maior exatidão e menor onerosidade a distribuição longitudinal de sementes. O sistema utilizando câmera digital apresentou alto potencial, porém são necessários mais estudos visando desenvolver um algoritmo a partir de visão computacional para realizar a contagem, estimativa e classificação dos espaçamentos de forma automática. A partir deste algoritmo, é necessário avaliar diferentes sistemas dosadores de semeadora e desenvolver um protocolo para avaliação da regularidade de distribuição de sementes por parte dos usuários.

**CONCLUSÃO:** A avaliação da regularidade da distribuição longitudinal de sementes de milho utilizando câmera digital apresentou alta correlação com o método de esteira com graxa, viabilizando a sua utilização como alternativa ao método comparado.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto de norma 04:015.06-004/1995. *Semeadora de precisão: ensaio laboratório/método de ensaio*. São Paulo: ABNT, 1996. 21p.
- GOMES, A. R. A. *Avaliação de sensores ópticos para monitoramento da operação de semeadura em milho e soja*. 2018. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual de São Paulo, Brasil.
- JASPER, R.; JUSTINO, A.; MORGADO, C.B.; DYCK, R.; & GARCIA, L.C. Comparação de bancadas simuladoras do processo de semeadura em milho. *Engenharia Agrícola*, v. 29, n. 4, p. 623-629, 2009.
- KARIMI, H.; NAVID, H.; MAHMOUDI, A. Online laboratory evaluation of seeding-machine application by an acoustic technique. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 13, n. 1, 2015.

KARAYEL, D.; WIESEHOFF, M.; OZMERZI, A., MULLER J. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 50, p. 89-96, 2006.

KOSTIC, A.M.; RAKIC, B.D.; RADOMIROVICA, D.; SAVINA, L.; DEDOVICA N.; CRNOJEVIC V.; LJUBICIC N. Corn seeding process fault cause analysis based on a theoretical and experimental approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v 151, p.207-218, 2018.

LAN, Y.; KOCHER, M.F.; SMITH, A. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, p. 119–127, 1999.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas: Editora Millennium, 2012. 648 p.

WADE, L.J.; NORRIS, C.P.; WALSH, P.A. Effects of suboptimal plant density and non-uniformity in plant spacing on grain yield of rain-grown sunflower. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 28, p. 617–622, 1988.