

Variabilidade espacial e qualidade na semeadura de soja**Spatial variability and quality in soybean sowing**

DOI:10.34115/basrv4n3-037

Recebimento dos originais: 20/04/2020

Aceitação para publicação: 17/05/2020

Pedro Henrique Martins Cintra

Engenheiro Agrônomo e Mestre em Irrigação no Cerrado pelo Instituto Federal Goiano Campus Ceres
Avenida Rifania, Quadra C Lote 18, Setor Abreu, Formosa - GO, CEP: 73803-040
E-mail: pedrocintra.agro@gmail.com

Ariel Muncio Compagnon

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Campus de Jaboticabal
Professor do Instituto Federal Goiano Campus Ceres
Rodovia GO-154, Km 03, s/n, Ceres - GO, 76300-000
E-mail: ariel.compagnon@ifgoiano.edu.br

Fernando Henrique Arriel

Engenheiro Agrônomo e Mestre em Irrigação no Cerrado pelo Instituto Federal Goiano Campus Ceres
Rua Mangaba, Número 178, Bela Vista, Rubiataba – GO, CEP: 76350-000
E-mail: fernandoarriel.eng.agro@gmail.com

Guilherme Santos Ventura

Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Federal Goiano Campus Ceres
Avenida Tiradentes Q.44 L.04 Condomínio Jardim das Palmeiras, casa 13 - Jardim Planalto -
Cristalina GO, CEP: 73850-000
E-mail: guilhermeventura721@gmail.com

Murilo Lopes dos Santos

Engenheiro Agrônomo formado pelo Instituto Federal Goiano - Campus Ceres
Louis Dreyfus Company Brasil S.A.
Av. Cel. Gaspar Qd. 28 Lt. 01 Sala 01 - Setor Sul I, CEP 76.400-000, Uruaçu-GO.
E-mail: murilolopes500@gmail.com

Altamir Matias Pimenta Neto

Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Federal Goiano Campus Ceres
Rodovia GO-154, Km 03, s/n, Ceres - GO, 76300-000
E-mail: altamir.neto18@gmail.com

RESUMO

Em culturas propagadas por sementes, a qualidade da semeadura é indispensável para que seja alcançada altas produtividades, sendo que a variabilidade de espaçamentos entre plantas é uma das causas de redução na produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial e a qualidade na semeadura de soja. Foi utilizado uma malha amostral com 100 pontos espaçados em 50 m, no qual determinou-se o estande de plantas e a uniformidade de espaçamento entre plântulas, confeccionando mapas de variabilidade e cartas de controle. O estande de plantas, assim como os níveis de espaçamentos normais falhos e duplos ficaram fora dos limites agrônômicos de controle. O fator operacional de semeadura foi determinante para a irregularidade

na distribuição de plantas. Grande parte da área apresentou baixos níveis de espaçamentos normais, sendo que em sua maioria entre 45 e 55%, consequentemente altos níveis de espaçamentos falhos e duplos, sendo na maioria entre 30 e 40% e entre 10 e 30%, respectivamente.

Palavras-chave: Distribuição de plantas, Agricultura de precisão, Glycine max, Mapeamento.

ABSTRACT

In crops propagated by seeds, the quality of sowing is indispensable for achieving high yields, and the variability of plant spacings is one of the causes of reduced productivity. The objective of this work was to evaluate the spatial variability and the quality in soybean sowing. A sample mesh with 100 points spaced at 50 m was used, in which the plant stand and the uniformity of spacing between seedlings were determined, making maps of variability and control charts. The plant stand, as well as the normal and double fault spacing levels, were outside the agronomic control limits. The operational factor of sowing was determinant for the irregularity in the distribution of plants. Much of the area had low levels of normal spacings, most of them between 45 and 55%, consequently high levels of faulted and double spaced, being between 30 and 40% and between 10 and 30%, respectively.

Keywords: Distribution of plants, Glycine max, Mapping, Precision agriculture.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das espécies mais cultivadas e antigas do mundo. Tem sido conduzida com alto nível tecnológico em todas suas operações, constituindo-se em uma “commodity” de grande importância comercial para o desenvolvimento da agricultura brasileira, sendo cultivada em todas as regiões (SILVA et al., 2009). Sua grande importância econômica no cenário brasileiro se deve ao seu alto volume produzido, que segundo a Conab (2020), deve chegar a 122,1 milhões de toneladas na safra 2019/2020.

Em culturas propagadas por sementes a qualidade da semeadura é indispensável para que seja alcançada altas produtividades. A variabilidade de espaçamentos entre plantas é causa de redução na produtividade de culturas agrícolas, sendo assim, para que sejam obtidas diferentes densidades de semeadura e, por conseguinte, populações de plantas, são necessárias variações na regulação da semeadora, o que pode interferir na qualidade da dosagem de sementes, expressa na distribuição de espaçamentos normais, falhos e duplos (DIAS et al., 2009).

A desuniformidade na distribuição longitudinal de plantas implica em um aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes. Na cultura da soja, o acúmulo de plantas pode provocar o desenvolvimento de plantas de maior porte, porém menos ramificadas, com menor produção individual, diâmetro de haste reduzido e, portanto, mais propensas ao acamamento (JASPER et al., 2011). Entretanto, os espaços vazios ocasionados pela desuniformidade da semeadura facilitam o desenvolvimento e competição com plantas daninhas, gerando plantas de porte baixo (REYNALDO et al., 2016).

Jasper et al. (2009) citam que a qualidade da distribuição de sementes é o foco de várias inovações, em que diversas empresas propõem protótipos de máquinas e discos de semeadura que podem reduzir em até 50% as falhas no processo de deposição de sementes sendo a duplicação ou ausência, gerando espaçamentos duplos e falhos respectivamente.

A predição e o mapeamento da variabilidade espacial de atributos agrícolas possibilitam racionalizar o manejo agrícola e concorrem para o aumento da sustentabilidade da agricultura. No entanto, estudos com esse objetivo requerem a retirada e a análise de grande número de amostras e, portanto, têm alto custo (PELUCO et al., 2015). Em contrapartida, possibilita o acompanhamento de uma área com maior minuciosidade, podendo assim se efetuar correções mais específicas.

Assim objetivou-se avaliar a variabilidade espacial e a qualidade da semeadura de soja cultivada de forma convencional, realizada por uma semeadora-adubadora com mecanismo dosador de sementes do tipo mecânico, analisando o estande e a distribuição longitudinal de plantas de soja por meio do controle estatístico e agrônomico de processo (CEP) e análise espacial (geoestatística).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental se localiza em uma fazenda produtora de grãos e frutos, localizada no município de Carmo do Rio Verde – GO, com posição geográfica entre as coordenadas 15°21'50'' latitude sul e 49°35'36'' longitude oeste, e altitude média de 570 metros. O clima é do tipo Aw (verões úmidos e invernos secos), segundo a classificação de Köppen. O solo da área apresenta granulometria de 171 g kg⁻¹ de areia, 88 g kg⁻¹ de silte e 741 g kg⁻¹ de argila, classificado como muito argiloso.

Na área se utiliza a prática de sucessão de culturas, sendo a soja (*Glicine max*) utilizada como cultura de verão e a melancia (*Citrullus lanatus*) como cultura de inverno. Desta forma, se aproveita o nitrogênio fixado pelas bactérias do gênero *Bradirizhobium* e a soja para o cultivo da melancia e os restos da adubação potássica e fosfórica realizadas na melancia para o cultivo da soja. O solo é manejado de forma convencional com revolvimento total e sem cobertura morta.

Foi realizada a semeadura na área dia 15 de novembro de 2016, com a cultivar Geneze 660S RR de ciclo precoce, inoculada com o produto comercial Nod L[®] na dose de 50 mL para 40kg de semente. O tratamento de sementes foi feito com o produto Certeza[®] (*Tiofanato-metílico + Fluazinan*).

As máquinas utilizadas para semeadura foram Trator da marca Massey Ferguson modelo 265 com tração 4x2, tracionando uma semeadora-adubadora montada marca Tatu Marchesan com cinco linhas de semeadura, espaçamento de 0,50 m entrelinhas, equipada com discos de corte duplos para deposição do adubo e discos de corte duplos para deposição da semente, mecanismo dosador de sementes tipo mecânico equipado com disco duplo de 90 furos e rodas limitadoras de profundidade/aterradoras de ferro.

A regulagem da máquina foi feita afim de que fossem distribuídas 16 sementes de soja por metro, em uma profundidade de 0,03 m, com velocidade de deslocamento média de 5 km h⁻¹, distribuindo 297 kg ha⁻¹ de adubo na fórmula 00-20-30 a 0,05 m de profundidade.

Para mensurar a qualidade da semeadura utilizou-se de 100 pontos, distribuídos na área com malha amostral de aproximadamente 50 metros, sendo a localização geográfica de cada ponto foi obtida por meio de um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) marca Garmin modelo eTrex 30. Para cada ponto se determinou o estande de plantas, por meio do número de plantas emergidas 32 dias após a semeadura (DAS), e a uniformidade de espaçamento entre plântulas foi determinado por meio da aferição da distância entre as mesmas com uma trena graduada com precisão de 0,001 m, de modo que fosse possível mensurar os níveis de espaçamentos normais, falhos e duplos. Ambas as análises foram realizadas em dois metros consecutivos e duas linhas paralelas.

Deste modo, a porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi classificada de acordo com Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D): $\leq 0,5$ vez o Xref, "normais" (A): $0,5 < Xref \leq 1,5$, e "falhos" (F): $> 1,5$ vez o Xref, em que Xref é o valor do espaçamento de referência calculado de acordo com a regulagem da semeadora-adubadora para a operação. Assim, os espaçamentos entre plantas (X) foram classificados como normais ($0,0312 \text{ m} < X \leq 0,0937 \text{ m}$), duplos ($X \leq 0,0312 \text{ m}$) e falhos ($X > 0,0937 \text{ m}$).

Foi utilizada a estatística descritiva para análise dos dados, em que foram observados o comportamento geral e a normalidade dos mesmos pelo teste de Anderson-Darling. Utilizou-se também o controle estatístico de processo (CEP), com a confecção de cartas de controle de valores individuais, que são compostas de uma linha central (média geral), e outras duas linhas, uma inferior e outra superior, representando o limite inferior de controle (LIC) e o limite superior de controle (LSC), respectivamente calculados com base no desvio padrão das variáveis: para LIC, média menos três vezes o desvio padrão, e para LSC, média mais três vezes o desvio padrão.

Ainda se considerando condições viáveis técnica e economicamente para o sistema de produção em questão, foram considerados os limites superiores agrônômicos (LSA) e limites inferiores agrônômicos (LIA) para cada uma das variáveis analisadas. Segundo Copetti (2003), quando há erros de semeadura, a soja suporta variações máximas de até 15% sem ocorrer prejuízos para a produtividade. Portanto, foram definidos valores aceitáveis para cada aspecto analisado, sendo LSA (18,4 plantas m⁻¹) e LIA (13,6 plantas m⁻¹) para estande de plantas, LSA (7,5%) e LIA (0%) para espaçamentos falhos e duplos totalizando 15% e LSA (100%) e LIA (85%) para espaçamentos normais.

Realizou-se também a análise geoestatística para verificar a dependência espacial dos parâmetros analisados na malha de amostragem pré-definida, estimando e caracterizando a dependência espacial de forma sistemática ou aleatória para cada uma das variáveis, utilizando-se modelos de semivariogramas.

A escolha dos modelos foi definida de acordo com o menor valor da soma de quadrados do resíduo (SQR) e o melhor valor do coeficiente de determinação (R^2) testando os modelos linear, exponencial, esférico e gaussiano.

A validação dos semivariogramas foi definida a partir do método das isolinhas, se considerando a isotropia em todos os modelos ajustados, deste modo indicando que existe um padrão de distribuição na variabilidade em todas as direções. Para os semivariogramas foram determinados os seguintes parâmetros: efeito pepita (C_0); patamar ($C_0 + C$) e alcance da dependência espacial (a). Também se determinou o avaliador da dependência espacial (ADE), que é a relação entre a variância (C) e o patamar ($C_0 + C$).

O ADE foi classificado de acordo Dalchiavon et al. (2012), como: $< 0,20$ variável espacial de muito baixa dependência (MBD), entre $0,20$ e $0,40$ baixa dependência (BD), entre $0,40$ e $0,60$ média dependência (MD), entre $0,60$ e $0,80$ alta dependência (AD) e entre $0,80$ e 1 muito alta dependência (MAD). Ainda avaliando os modelos ajustados utilizou-se a técnica da validação cruzada para que fosse possível distinguir sua qualidade.

Por fim, após a estimação dos semivariogramas e ajuste dos modelos experimentais realizou-se a interpolação dos dados de variáveis dependentes das plantas pelo método do inverso da distância, assim como Silva et al. (2009), realizando a confecção dos mapas de variabilidade com o auxílio dos softwares Gs+ e Surfer.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva os variáveis espaçamentos normais, falhos, duplos e estande de plantas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros de estatística descritiva, para espaçamentos normais, falhos, duplos e estande de plantas.

	Média	Mediana	A	\square	CV	Cs	Ck	AD
Esp ⁽⁷⁾ . Normais %	45,30	46,65	47,40	9,50	20,97	-0,36	-0,22	0,631 ^N
Esp ⁽⁷⁾ . Falhos %	35,07	33,33	64,02	13,09	37,31	0,85	0,80	1,142 ^A
Esp ⁽⁷⁾ . Duplos %	19,62	19,09	50,61	9,56	48,72	0,38	0,21	0,216 ^N
Est ⁽⁸⁾ . Plantas (plantas m ⁻¹)	11,42	11,25	15,25	2,70	23,69	0,35	0,71	0,392 ^N

(¹): amplitude; \square desvio padrão; (³): coeficiente de variação (%); (⁴): coeficiente de assimetria; (⁵): coeficiente de curtose; (⁶): valor do teste de normalidade de Anderson-Darling; ^A: distribuição Assimétrica; ^N: distribuição Normal; (⁷): Espaçamentos; (⁸): Estande.

Pode-se observar que os valores de média e mediana se encontraram semelhantes entre si, demonstrando que houve baixa dispersão dos dados em relação a sua posição central, confirmando assim que os dados amostrados são próximos de sua média, em que tal dispersão se confirma na sua

distribuição simétrica segundo o teste de normalidade de Anderson-Darling, exceto para espaçamentos falhos. Santos et al. (2011) analisando a distribuição longitudinal de sementes de milho por uma semeadora-adubadora de precisão em duas velocidades também encontraram valores de média e mediana próximos para espaçamentos normais, falhos e duplos.

Apesar dos dados apresentarem valores próximos nas medidas de tendência central, os valores para medidas de dispersão foram considerados altos, especificamente quando se observa o coeficiente de variação, que de acordo com Pimentel-Gomes (2009), são baixos quando menor que 10%; médio, entre 10 e 20%; alto, quando estão entre 20 e 30%; e muito alto, quando superior a 30%. Neste caso, para todos os parâmetros os valores foram superiores a 20%, extrapolando valores acima de 30% para espaçamento falho e de 40% para espaçamento duplo, entretanto isso não impediu que a geoestatística fosse aplicada aos dados.

Quando observado o coeficiente de assimetria (C_s) verifica-se que na maioria dos casos este se encontra com valores positivos e ligeiramente afastados do valor de referência (zero), indicando que a maioria dos dados estão distribuídos a direita da média no gráfico de simetria, entretanto para espaçamentos normais o valor foi negativo indicando um gráfico de simetria inverso. O maior valor do coeficiente de assimetria foi encontrado para espaçamentos falhos confirmando assim a distribuição assimétrica de seus dados, porém não afetando a análise geoestatística (Tabela 1).

Assim como no coeficiente de assimetria, o coeficiente de curtose apresentou valor negativo apenas para espaçamentos normais determinando assim que sua curva de distribuição é platicúrtica, ou seja, é mais achatada que a curva de distribuição normal, bem como, para as outras variáveis a curva se denomina leptocúrtica, ou seja, possui pico mais afunilado que a curva de distribuição normal (Tabela 1).

Apesar das amostras não apresentarem distribuições simétricas e os coeficientes de assimetria e curtose próximos de zero para a maioria das variáveis, ainda foi possível lhes aplicarem tratamentos geoestatísticos (CHAVES; FARIAS, 2009), pois como dito por Dalchiavon et al. (2012) o importante em estudos geoestatísticos é a ocorrência ou não do efeito proporcional, em que a média e a variância dos dados não tenham constância ao longo da área de estudo, tornando possível estimar valores em pontos não amostrados.

Aplicando a geoestatística pode-se verificar que houve dependência espacial para todos os atributos analisados, pois em todos os casos foi observado ajuste de algum modelo, confirmando que a malha experimental utilizada foi suficiente para determinar a variabilidade espacial das variáveis. Desta maneira são apresentados na Tabela 2 os valores dos semivariogramas ajustados.

Verificou-se que as variáveis espaçamentos normais e estande de plantas apresentaram muito alta dependência em relação ao avaliador da dependência espacial (ADE), podendo se afirmar que as

variáveis na área em estudo encontram-se de forma heterogênea, não aleatória e que a malha amostral foi suficiente para se detectar a dependência espacial nas mesmas. Já para as variáveis espaçamento falho e duplo, o ADE foi classificado como de muito baixa dependência, ou seja, mesmo que a dependência espacial seja expressada, os valores de pontos não amostrados são estimados com baixa influência daqueles que foram amostrados.

Tabela 2 - Parâmetros ajustados ao semivariograma para espaçamentos normais, falho, duplos e estande de plantas.

Modelo	Co ⁽¹⁾	Co + C ⁽²⁾	C ⁽³⁾	a ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	SQR ⁽⁶⁾	ADE ⁽⁷⁾	Classe
Espaçamento Normais (%)								
Exp ⁽⁹⁾	12,5	92,7	80,2	46,8	0,47	467	0,86	MAD ⁽¹⁰⁾
Espaçamentos Falhos (%)								
Lin ⁽⁸⁾	171,52	171,52	0,00	389,67	0,043	39250	0,00	MBD ⁽¹¹⁾
Espaçamentos Duplos (%)								
Lin ⁽⁸⁾	85,56	87,79	2,23	389,67	0,002	2687	0,025	MBD ⁽¹¹⁾
Estande de Plantas (plantas m ⁻¹)								
Exp ⁽⁹⁾	0,010	7,089	7,079	159,00	0,734	11,3	0,99	MAD ⁽¹⁰⁾

⁽¹⁾: Efeito pepita; ⁽²⁾: Patamar; ⁽³⁾: Variância; ⁽⁴⁾: Alcance; ⁽⁵⁾: coeficiente de determinação; ⁽⁶⁾: soma dos quadrados do erro; ⁽⁷⁾: Avaliador da dependência espacial; ⁽⁸⁾: Modelo Linear; ⁽⁹⁾: Modelo Exponencial; ⁽¹⁰⁾: Muito Alta dependência; ⁽¹¹⁾: Muito Baixa Dependência.

Os modelos matemáticos ajustados aos semivariogramas diferiram de acordo com cada variável. Para espaçamentos normais e estande de plantas o modelo exponencial foi o que melhor se adaptou. Em contrapartida, para espaçamentos falhos e duplos o modelo utilizado foi o linear (Tabela 2). As variáveis que foram estimadas com modelos exponenciais apresentaram melhores valores de ajuste do semivariograma. Dalchiavon et al. (2012), estudando a correlação espacial dos componentes de produção e produtividade da soja, também encontraram para população de plantas semivariogramas estimados com modelos exponenciais.

No semivariograma, o efeito pepita (Co) indica a variabilidade não-explicada, que pode ocorrer devido aos erros de medidas e microvariação (SILVA et al., 2007). Portanto, este valor deve ser o mais próximo de 0, ou mais afastado possível do valor do patamar (Co+C), possibilitando assim um maior valor de contribuição (variância). Neste caso, os melhores valores foram encontrados para espaçamentos normais e estande de plantas resultando nos maiores valores de variância (C). Entretanto, para espaçamentos falhos e duplos, o efeito pepita foi muito alto, chegando a ter o mesmo valor do patamar para espaçamento falho, o que ocasionou valores de variância muito próximos de 0 (Tabela 2).

Outro parâmetro importante na análise de semivariogramas é o alcance de dependência espacial, o qual marca a distância limite na qual um ponto amostral apresenta influência em outro ponto, ou seja, a distância máxima que uma variável está correlacionada espacialmente (REICHERT et al., 2008).

Considerando a malha amostral utilizada, os valores do alcance foram compatíveis para que as variáveis tivessem dependência espacial, pois todos foram acima de 46,8 (Tabela 2).

O coeficiente de determinação (R^2) seguiu apontando que para estande de plantas foram obtidos os melhores valores do semivariograma, em que seu valor foi de 0,734 enquanto que para as outras variáveis foram de 0,47; 0,043 e 0,002 respectivamente para espaçamentos normais, falhos e duplos. Ainda seguindo os mesmos padrões, a soma dos quadrados do resíduo (SQR) foi menor para estande de plantas (11,3), seguido em ordem crescente por espaçamentos normais, falhos e duplos com valores de 467; 2687 e 39250 respectivamente (Tabela 2).

A técnica de validação cruzada pode ser usada para testar o modelo ajustado ao semivariograma, isto é, testar o modelo para valores reais. A técnica consiste em retirar um valor real do banco de dados e estimá-lo usando o modelo variográfico. A validação é realizada comparando os valores estimados com os valores reais, usando a regressão linear como critério de comparação (AMADO et al., 2007). Os valores da validação cruzada para espaçamentos normais, falhos, duplos e estande plantas são apresentados na Tabela 3.

O valor do coeficiente de regressão (CR) indica a inclinação da reta em relação a uma reta imaginária feita a partir da regressão linear perfeita, sendo assim o seu valor de referência é 1 (um) e quanto mais próximo desse valor melhor se caracteriza a validação. Portanto, foi verificado que em todos os parâmetros as retas foram crescentes, devido aos valores positivos de seus coeficientes e que para espaçamentos falhos, duplos e estande de plantas os valores de CR ficaram próximos do ideal, 0,857; 0,852 e 1,060 respectivamente, tendo para espaçamentos normais o menor valor (0,215).

Tabela 3 - Parâmetros da validação cruzada para espaçamentos normais, falho, duplos e estande de plantas.

	CR ⁽¹⁾	Y ⁽²⁾	SE ⁽³⁾	R ²⁽⁴⁾
Espaçamentos Normais (%)	0,215	35,58	0,314	0,005
Espaçamentos Falhos (%)	0,857	4,95	0,182	0,184
Espaçamentos Duplos (%)	0,852	2,94	0,202	0,154
Estande de Plantas (plantas m ⁻¹)	1,060	-0,75	0,174	0,275

⁽¹⁾: Coeficiente de regressão; ⁽²⁾: Intercepto; ⁽³⁾: Erro padrão; ⁽⁴⁾: Coeficiente de determinação.

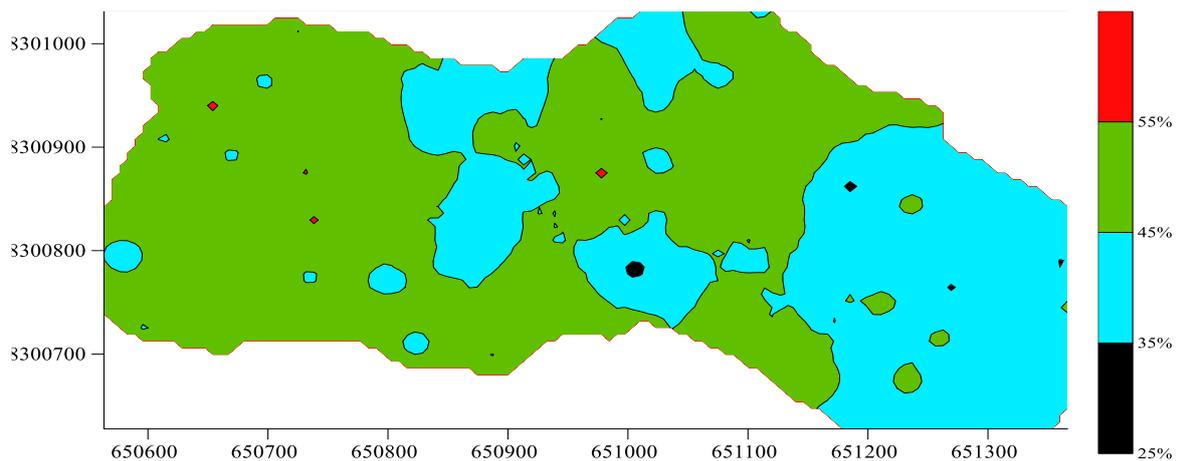
Observando os valores do intercepto (Y) é possível identificar o quão distante a reta corta o eixo y quando o valor de x é 0. Novamente pode-se dizer que os menores valores foram encontrados para estande de plantas (-0,75), espaçamentos duplos (2,94) e falhos (4,95), porém o valor para espaçamentos normais (35,58) foi muito distante do ideal (zero) (Tabela 3).

Os valores de erro padrão (SE) se mantiveram próximos do valor de referência (zero), apresentando uma maior discrepância apenas para espaçamentos normais, pois como dito por Bottega et

al. (2013), embora seja dispersa a nuvem de pontos, os mesmos mantêm um padrão de dispersão uniforme, não sendo observada a presença de muitos pontos discrepantes no arranjo da nuvem. Quanto ao coeficiente de determinação (R^2), todos as variáveis apresentaram valores baixos, bem distantes de 1, com espaçamentos normais assumindo o pior valor (0,005).

Definidos os semivariogramas, fez-se a interpolação dos valores na área de estudo pelo método do inverso da distância, e a partir dessas estimativas, foram construídos os mapas de variabilidade, tendo o mapa para espaçamentos normais apresentado na Figura 1. Houve uma predominância na área do nível de espaçamentos normais entre 45 e 55%, estando bem distante do nível aceitável para que não ocorram perdas futuras de produtividade, que é no mínimo de 85%. Em segundo plano aparece uma considerável área com níveis entre 35 e 45%, indicando também que o arranjo de plantas na área experimental não foi adequado.

Figura 1 - Mapa de variabilidade para espaçamentos normais.



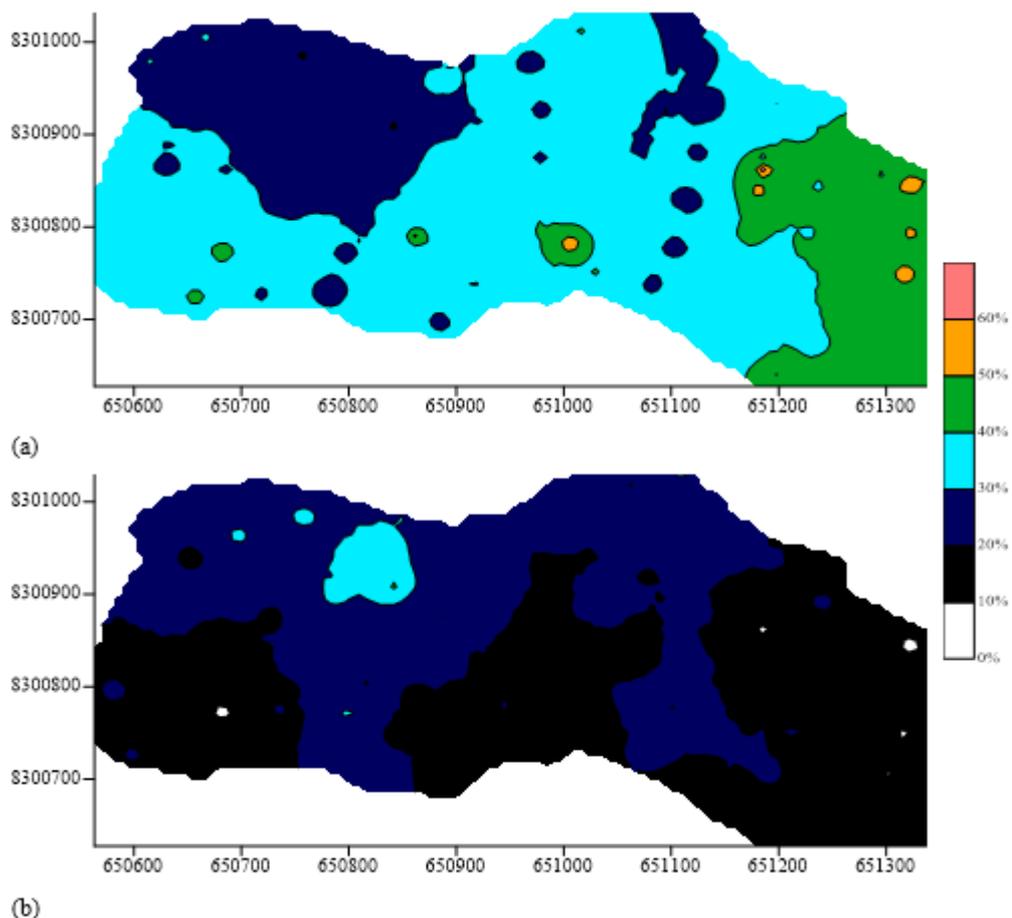
São vários os fatores que podem influenciar a má qualidade do processo de semeadura, dentre eles podemos classificar os fatores intrínsecos à semeadura, como velocidade de deslocamento, umidade do solo durante a operação, o que favorece o aumento da patinagem do rodado, nível de tecnologia da máquina utilizada (dosador pneumático ou mecânico), pressão da roda compactadora, profundidade de semeadura, entre outros, bem como fatores extrínsecos ao processo, como porcentagem de germinação e vigor da semente, ataque de pragas de solo na fase de plântulas, teor de água do solo necessário para que a semente germine, dentre outros.

Uma condição fundamental para a emergência das sementes é o teor de água do solo. A semente tem que atingir a umidade suficiente para germinar e iniciar o crescimento radicular. Para isso, é necessário não apenas que o teor de água do solo seja adequado, mas também a relação solo-água-semente. Além disso, outro fator que interfere na emergência das sementes é a profundidade de

semeadura. Se esta for maior que a necessária para a emergência, a plântula irá levar mais tempo para emergir, permanecendo por mais tempo exposta ao ataque de pragas de solo. Além disso, uma profundidade excessiva pode inviabilizar a germinação (KOAKOSKI et al., 2007).

Assim como a incidência de espaçamentos normais foi baixa, consequentemente encontrou-se níveis elevados de espaçamentos falhos e duplos (Figura 2). Visualizando os mapas, nota-se a alta incidência de espaçamentos falhos e duplos, em que praticamente toda a área os níveis ficaram acima do nível aceitável de 7,5% para cada variável. Para espaçamentos falhos a predominância foi em torno de 30 e 40% (Figura 2a), tendo manchas consideráveis com incidência acima de 40%, consequentemente provocando baixa quantidade de espaçamentos aceitáveis (Figura 1). No mapa de espaçamentos duplos (Figura 2b) foi verificado também em sua maioria elevados níveis com predominância entre 10 e 30% atingindo até 40%.

Figura 2 - Mapas de variabilidade para espaçamentos falhos (a) e duplos (b).



Devido a semeadora utilizada ser do tipo montada, em que o que faz girar os mecanismos dosadores são as rodas compactadoras, está é mais sujeita a erros, pois a aderência das rodas aterradoras

ao solo é mais sujeita a variações. Isso pode ocorrer devido a velocidade de semeadura que associada a micro topografia do terreno ocasione baixo atrito com o solo, conseqüentemente não girando os mecanismos dosadores, gerando espaçamentos falhos, ou espaçamentos duplos quando o atrito ocorrer de forma brusca, gerado por açoites na semeadora.

O fator operacional também pode ser apontado como um dos principais fatores, para o elevado percentual de espaçamentos falhos, pois quanto maior a velocidade de deslocamento, maior e a velocidade periférica do disco de semeadura, ocasionando assim um menor tempo para encaixe das sementes em seus furos, podendo gerar espaçamentos falhos. Silva e Gamero (2010) também relatam que o aumento da velocidade na operação de semeadura proporciona um acréscimo na quantidade de espaçamentos falhos.

Considerando a interação das outras três variáveis configura-se o estande de plantas, em que seu mapa é apresentado na Figura 3. Em sua grande maioria a área apresentou estande de plantas com níveis de 11 a 14 plantas m^{-1} , com pequena parte próximo do nível desejado que foi de 16 plantas m^{-1} . O restante da área apresentou estande de plantas muito baixo, devido à grande quantidade de área com espaçamentos falhos (Figura 2a). Segundo Canova et al. (2007), a elevação da capacidade operacional propiciada pelo uso de velocidades de trabalho mais elevadas pode comprometer a qualidade da semeadura, sendo este um dos possíveis casos da má distribuição.

Outro fator que também tem influência na porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos é a própria densidade de semeadura, pois quanto maior o número de sementes por metro for necessário se depositar, maior será a velocidade periférica do disco de semeadura, causando em ocasiões extremas falhas na deposição ou avarias nas sementes, as impedindo de germinar normalmente, causando espaçamentos falhos (DIAS et al., 2009).

Avaliando a qualidade da semeadura isoladamente foram confeccionadas cartas de controle indicando o nível de tolerância do ponto de vista estatístico e agrônômico, como pode-se verificar na Figura 4, que apresenta o comportamento das amostras para espaçamentos normais. A utilização de cartas de controle é importante na avaliação da aleatoriedade dos dados, como também da qualidade do processo de semeadura, utilizando indicadores de qualidade para todas as variáveis, permitindo assim trabalhar os dados dentro de valores aceitáveis para cada variável e se determinar a eficiência do processo.

Figura 3 - Mapa de variabilidade para estande de plantas.

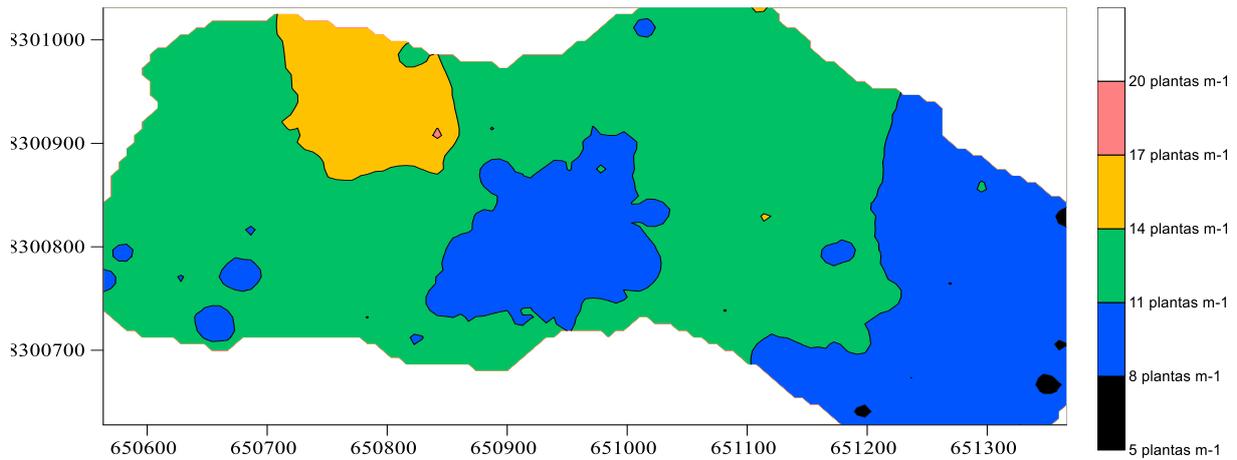
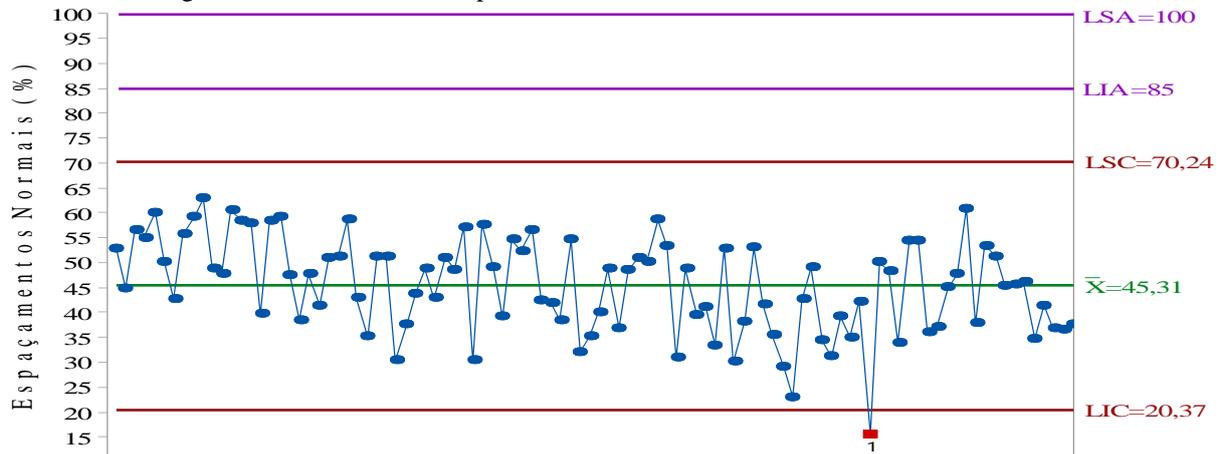


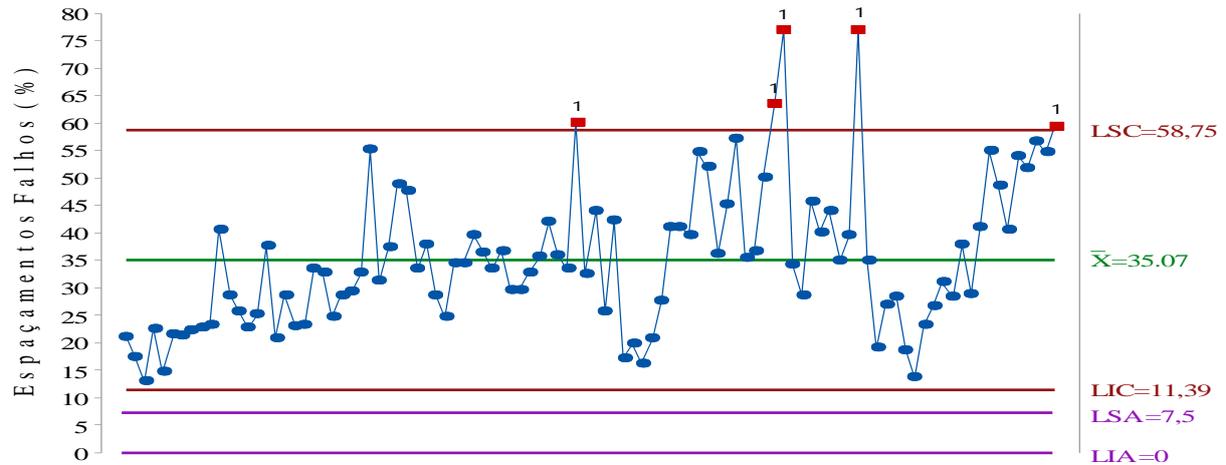
Figura 4 - Controle estatístico e agrônômico de processo para espaçamentos normais, LSA: Limite superior agrônômico; LIA: Limite inferior agrônômico; LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle.



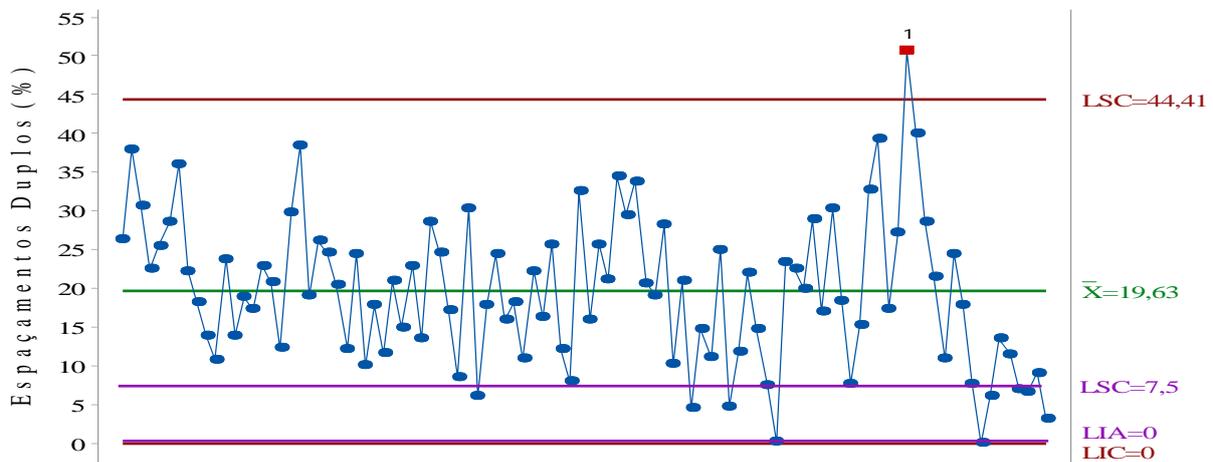
Os dados de espaçamentos normais se mantiveram sob controle estatístico, extrapolando os limites em apenas uma das observações, porém quando se pensa em um controle mais relacionado as práticas agrônômicas, fica claro a ineficiência do processo, pois nenhum dos pontos apareceu dentro dos limites pré-estabelecidos, além da média estar abaixo do limite inferior agrônômico (LIA), conforme Figura 4.

Ao contrário dos processos industriais, os agrícolas possuem menor nível de controle por apresentarem maior variabilidade em função de fatores do processo, como matéria-prima, condições meteorológicas, condições de solo, sistemas mecanizados, índices de qualidade de operações, qualificação de operadores, entre outros (ALBIERO et al., 2012). Desta maneira pode se observar a dificuldade de se manter um padrão de distribuição de sementes, gerando espaçamentos irregulares, como visto na Figura 5.

Figura 5 - Controle estatístico e agrônômico de processo para espaçamentos falhos (a) e espaçamentos duplos (b), LSA: Limite superior agrônômico; LIA: Limite inferior agrônômico; LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle.



(a)

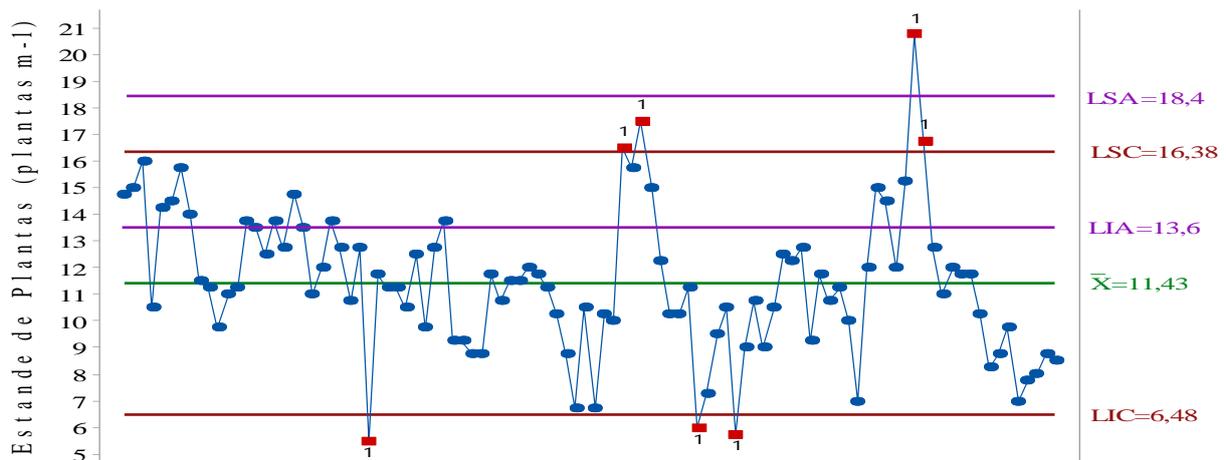


(b)

Quando se considera o controle estatístico do processo, uma porcentagem pequena de pontos encontra-se fora dos limites, pois neste caso o parâmetro adotado é a média de ocorrência da variável, sendo 4% para espaçamentos falhos e 1% para duplos, porém quando os parâmetros são fatores de campo e é considerado o controle agrônômico apenas 9% dos pontos aparecem dentro dos limites para espaçamentos duplos e nenhum para falhos (Figura 5a e 5b).

Para estande de plantas foram encontrados 22% dos pontos dentro dos limites agrônômicos, confirmando que a distribuição de plantas não foi satisfatória. Já o controle estatístico apresentou apenas sete pontos fora dos limites sendo quatro acima e três abaixo, como apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Controle estatístico e agrônômico de processo para estande de plantas, LSA: Limite superior agrônômico; LIA: Limite inferior agrônômico; LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle.



4 CONCLUSÕES

O estande de plantas, assim como os níveis de espaçamentos normais falhos e duplos ficaram fora dos limites agrônômicos de controle.

O fator operacional de semeadura foi determinante para a irregularidade na distribuição de plantas.

Grande parte da área apresentou baixos níveis de espaçamentos normais, sendo que em sua maioria entre 45 e 55%, conseqüentemente altos níveis de espaçamentos falhos e duplos, sendo na maioria entre 30 e 40% e entre 10 e 30%, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal Goiano Campus Ceres pelo apoio recebido para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALBIERO, D. et al. Avaliação da Distribuição de Sementes por Uma Semeadora de Anel Interno Rotativo Utilizando Média Móvel Exponencial. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 1, p. 86-95, 2012.
- AMADO, T.J.C. et al. Variabilidade Espacial e Temporal da Produtividade de Culturas Sob Sistema Plantio Direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p. 1101-1110, 2007.
- BOTTEGA, E. L. et al. 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.

CANOVA, R. et al. Distribuição de Sementes por Uma Semeadora-adubadora em Função de Alterações no Mecanismo Dosador e de Diferentes Velocidades de Deslocamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, p. 299-306, 2007.

CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade Espacial de Cobre e Manganês em Argissolo sob Cultivo de Cana-de-Açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 211-218, 2009.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos**. v.7 Safra 2019/20 – Sétimo levantamento, Brasília, p.1-66, abril, 2020.

COPETTI, E. **Plantadoras: Distribuição de sementes**. Cultivar Máquinas, Pelotas, n.18, p. 14-17, 2003.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P. Correlação Linear e Espacial dos Componentes de Produção e Produtividade da Soja. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012.

DALCHIAVON, F. et al. Variabilidade Espacial de Atributos da Fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.

DIAS, V. O. et al. Distribuição de Sementes de Milho e Soja em Função da Velocidade e Densidade de Semeadura. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.6, p. 1721-1728, 2009.

JASPER, R. et al. Comparação de Bancadas Simuladoras do Processo de Semeadura em Milho. **Revista Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p. 623-629, 2009.

JASPER, R. et al. Velocidade de Semeadura da Soja. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, n.1, p. 102-110, 2011.

KOAKOSKI, A. et al. Desempenho de Semeadora-Adubadora Utilizando-se Dois Mecanismos Rompedores e Três Pressões da Roda Compactadora. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.5, p. 725-731, 2007.

KURACHI, S. A. H. et al. Avaliação Tecnológica de Semeadoras e/ou Adubadoras: Tratamento e Dados de Ensaios e Regularidade de Distribuição Longitudinal de Sementes. **Revista Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989.

PELUCO, R. G. et al. Mapeamento do Fósforo Adsorvido por Meio da Cor e da Suscetibilidade Magnética do Solo. **Revista Pesquisa Agropecuária**. v.50, n.3, p. 259-266,2015.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15ª ed. Piracicaba, FEALQ, 2009. 451p.

REICHERT, J. M. et al. Variabilidade Espacial de Planossolo e Produtividade de Soja em Várzea Sistematizada: Análise Geoestatística e Análise de Regressão. **Revista Ciência Rural**, v.38, n.4, p. 981-988, 2008.

REYNALDO, E. F. et al. Influência da Velocidade de Deslocamento na Distribuição de Sementes e Produtividade de Soja. **Revista Engenharia na agricultura**, v. 24 n. 1, p. 63-67, 2016.

Brazilian Applied Science Review

SANTOS, A. J. M. et al. Análise Espacial da Distribuição Longitudinal de Sementes de Milho em uma Semeadora-Adubadora de Precisão. **Revista Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011.

SILVA, J. M. et al. Variabilidade Espacial da Produtividade da Soja Sob Dois Sistemas de Cultivo no Cerrado. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 397-409, 2009.

SILVA, M.C.; GAMERO, C.A. Qualidade da Operação de Semeadura de Uma Semeadora-Adubadora de Plantio Direto em Função do Tipo de Marteleto de Velocidade de Deslocamento. **Revista Energia na Agricultura**, v. 25, n.1, p.85-102, 2010.

SILVA, R. P. et al. Variabilidade Espacial e Controle Estatístico do Processo de Perdas na Colheita Mecanizada do Algodoeiro. **Revista Engenharia Agrícola**. v. 27, n. 3, p. 742-752, 2007.