



Características agronômicas da soja em semeadura convencional e cruzada

Agronomic characteristics of soybean under conventional and cross seeding

Antônio Tássio Santana Ormond^{1*}, Murilo Aparecido Voltarelli¹, Carla Segatto Strini Paixão¹, Lucas Augusto da Silva Gírio¹, Cristiano Zerbato¹, Rouverson Pereira da Silva¹

Resumo: Considerando-se que modificações relacionadas à população de plantas podem influenciar positiva ou negativamente na produtividade, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as características agronômicas relacionadas com a produção de soja em sistemas de semeadura convencional e cruzada. Para tanto, utilizaram-se as ferramentas do controle estatístico de processo. O experimento foi realizado no município de Jaboticabal - SP, em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, sendo empregado um conjunto trator MF660, 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), com 110 kW e semeadora-adubadora de precisão da marca Marchesan, modelo COP Suprema 7/4, com disco vertical pneumático. O delineamento estatístico utilizado foi baseado na metodologia do controle estatístico de processo, na qual os pontos foram coletados ao longo da operação. Os tratamentos consistiram de dois sistemas de semeadura da soja, sendo: convencional e cruzada. Empregou-se uma malha regular espaçada de 20 x 20 m, além de avaliações em duas linhas nos dois sistemas de semeadura. Os indicadores de qualidade ou variáveis avaliados foram: altura de plantas; altura da inserção da primeira vagem; número de vagem por planta; altura de corte; distribuição de palha e produtividade de grãos. As características agronômicas da soja foram influenciadas em função dos sistemas de semeadura convencional e cruzada. A altura de corte e a produtividade de grãos apresentaram estabilidade do processo para ambos os sistemas de semeadura.

Palavras-chave: Cartas de controle, densidade de plantas, *Glycine max* (L.) Merril.

Abstract: Changes related to plant population can have a positive or negative influence on productivity. The aim here therefore, was to evaluate the agronomic characteristics related to the production of soybeans in a system of conventional and cross seeding, using the tools of statistical process control. The experiment was carried out in Jaboticabal, in the State of São Paulo, Brazil (SP), in a soil classified as a Eutroferric Red Latosol, employing a MF660, 4 x 2 FWA (front wheel assist) 110 kW tractor set and a Marchesan, COP Supreme 7/4 precision seeder, with a vertical pneumatic disc. The statistical design was based on statistical process control methodology, in which collections were made at points throughout the operation. The treatments consisted of two systems for seeding soybeans, conventional and cross. A regular grid having a spacing of 20 x 20 m was used, with evaluations made in two rows for both seeding systems. The quality indicators were: plant height, height of 1st pod insertion, number of pods per plant, cutting height, straw distribution and grain productivity. The agronomic characteristics of the soybean were affected by the conventional and cross seeding systems. Cutting height and grain productivity displayed process stability in both seeding systems.

Key words: Control charts, plant density, *Glycine max* (L.) Merril.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 21/05/2015 e aprovado em 11/01/2016

¹Univ Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, São Paulo, Brasil; tassioormond@gmail.com; murilo_voltarelli@hotmail.com; ca_paixao@live.com; lucasgirio@gmail.com; cristianozerbato@hotmail.com; rouverson@fcav.unesp.br

INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merril] apresenta grande importância econômica mundial devido à ampla utilização dos grãos, bem como à sua boa adaptação em diversas regiões (BIANCO *et al.*, 2012). Durante o processo produtivo, inúmeros elementos podem influenciar na qualidade dos grãos de soja, desde a instalação dos campos de produção até o armazenamento. Nesse sentido, muitos fatores (avanços nos sistemas de semeadura, cultivares mais adaptadas, melhoria da capacidade produtiva dos solos e práticas conservacionistas) contribuíram para a utilização de população de plantas de soja entre 200 e 500 mil plantas por hectare, dispostas em linhas paralelas espaçadas de 45 a 60 cm (KUSS *et al.*, 2008).

Além da semeadura convencional, existe a semeadura cruzada, que consiste na distribuição de sementes em linhas paralelas, como é realizada convencionalmente na soja, seguida de uma nova distribuição de sementes sobre a mesma área, com linhas formando ângulos de 90° em relação às anteriores. Dessa forma, ocorre o aumento da quantidade de sementes e de fertilizante por hectare, chegando ao dobro do recomendado (LIMA *et al.*, 2012).

A redução do espaçamento entre as linhas da cultura, além das doses e da quantidade de aplicações de herbicidas, com a finalidade de favorecer a eficiência cultural na competição com plantas invasoras, é utilizada por alguns produtores para minimizar os custos de produção. Caso seja feita a redução do espaçamento das entrelinhas sem o ajuste ideal da densidade de plantas na linha, pode ocorrer o acamamento das plantas; em contrapartida, se o acerto da densidade resultar em poucas plantas por metro, essas apresentarão porte reduzido e mais ramificações, porém, é maior a probabilidade de elevar as perdas na colheita e reduzir a produtividade (HEIFFIG *et al.*, 2006).

As modificações relacionadas à população de plantas, em geral, influenciam na produtividade, pois refletem na densidade de plantas nas linhas e no espaçamento entre as linhas de semeadura. Quando a distribuição longitudinal de plantas for utilizada como indicador de qualidade da semeadura, a falta de uniformidade dessa distribuição pode resultar em baixo aproveitamento de recursos disponíveis, tais como água, luz e nutrientes (JASPER *et al.*, 2011).

Nesse contexto, o controle estatístico de processo (CEP) é uma ferramenta que auxilia no monitoramento ao longo das etapas de um determinado processo, permitindo identificar eventuais falhas, para posteriormente eliminá-las da operação e, assim, garantir a estabilidade do processo (todos os pontos dentro dos limites superior e inferior de controle), permitindo a sua contínua melhoria com incremento da qualidade nas operações agrícolas mecanizadas (FERNANDES *et al.*, 2010).

O emprego do CEP para avaliar os indicadores de qualidade provenientes de operações agrícolas mecanizadas

ainda é incipiente no Brasil, principalmente quando se utiliza as cartas de controle da média móvel exponencialmente ponderada (MMEP). Contudo, é possível encontrar trabalhos com aplicações de uma das ferramentas do CEP, utilizando normalmente as cartas de controle (valores individuais e de amplitude móvel) na colheita mecanizada de café (CUSTODIO *et al.*, 2012), soja (COMPAGNON *et al.*, 2012) e de cana-de-açúcar (NORONHA *et al.*, 2011), e, por fim, no plantio mecanizado de cana-de-açúcar (BARROS; MILAN, 2010; VOLTARELLI *et al.*, 2013; VOLTARELLI *et al.*, 2014).

Diante do exposto, pressupondo-se que os sistemas de semeadura de soja possam influenciar na qualidade do desenvolvimento da cultura e dos seus aspectos agronômicos, objetivou-se avaliar as características agronômicas que se relacionam com a produção de soja em sistema de semeadura convencional e cruzada, utilizando-se, para tanto, o controle estatístico de processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área agrícola do município de Jaboticabal - SP, próximo às coordenadas geodésicas 21°14' latitude Sul e 48°17' longitude Oeste, com altitude média de 595 m e declividade média de 4%. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, textura argilosa (EMBRAPA, 2013) e relevo suave ondulado.

O conjunto mecanizado utilizado foi um trator MF660, 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), com 110 kW (150 cv) no motor, operado na marcha 3ª L, com velocidade média de 5,0 km h⁻¹, a 1900 rpm no motor, com a tração dianteira auxiliar acionada; e uma semeadora-adubadora de precisão da marca Marchesan, modelo COP Suprema 7/4, com disco vertical pneumático para dosagem de sementes.

A semeadora foi equipada para o sistema de semeadura direta, com discos duplos desencontrados para deposição das sementes, hastes para a abertura dos sulcos para deposição do adubo e rodas aterradoras-compactadoras duplas em "V", operando com sete fileiras de semeadura, e espaçamento entre fileiras de 0,45 m, com largura útil de 3,6 m, e profundidade de semeadura regulada para 0,03 m. Para o sistema convencional, a semeadora realizou apenas uma passada aplicando 350 kg ha⁻¹ de fertilizante na formulação 02-20-20; já no sistema de semeadura cruzada, foram realizadas duas passadas. Na primeira passada da semeadora, foi distribuída uma dose de 350 kg ha⁻¹ de fertilizante na formulação, enquanto na segunda, perpendicular às linhas da primeira (90°), foram aplicados mais 120 kg ha⁻¹ do fertilizante com a mesma formulação.

A cultivar de soja utilizada em ambos os sistemas de semeadura foi ANTA 82 RR. Para a caracterização do poder germinativo das sementes, foram realizados testes para

determinação da porcentagem de germinação, segundo a metodologia proposta por Brasil (2009), sendo detectado um valor de aproximadamente 70%. A semeadura convencional foi realizada regulando-se a semeadora para 24 sementes m^{-1} , e para a semeadura cruzada foram distribuídas 18 sementes m^{-1} , para, assim, aumentar a densidade de plantas na área.

A colheita foi realizada na primeira quinzena de março de 2013. Na operação de colheita, utilizou-se a colhedora modelo JD1165, ano de fabricação 1997, que operou com rotação no motor de 2000 rpm, marcha 1N e velocidade média de 3,0 $km\ h^{-1}$. A largura de corte da plataforma da colhedora era de 5,0 m. A caracterização do teor de água dos grãos foi realizada por meio de medidor portátil, da marca Gehaka Agri, modelo G600, contabilizando-se dez amostras para cada sistema de semeadura. Os valores obtidos do teor de água foram de 16,5 e 24,3% para as semeaduras convencional e cruzada, respectivamente.

O delineamento estatístico utilizado foi baseado na metodologia do controle estatístico de processo (MONTGOMERY, 2009), na qual as amostras foram coletadas ao longo do período de semeadura, sendo os tratamentos compostos pelos sistemas de semeadura convencional e cruzada de soja. As repetições dos indicadores de qualidade ou variáveis avaliadas (pontos amostrais) foram representadas no eixo X das cartas de controle, enquanto que o eixo Y representou a resposta quantificada das avaliações.

A ferramenta do controle estatístico de processo utilizada foi a carta de controle da média móvel exponencialmente ponderada (MMEP), também denominada de gráficos de controle avançados, sendo, portanto, aprimoramentos dos gráficos de Shewhart, desenvolvidos para situações específicas, na qual se deseja minimizar, simultaneamente, a ocorrência de pontos fora dos limites de controle (alarmes falsos) e alarmes não visíveis (SAMOHYL, 2009), em virtude de sua maior rigorosidade de análise. A MMEP pode ser considerada uma média ponderada de todas as observações, os pesos decrescem geometricamente com as observações, atribuindo menos peso a observações que ocorreram há menos tempo ou com menor frequência; sua sensibilidade depende do peso dado e do intervalo entre os limites e a média (HINES *et al.*, 2006).

Os indicadores de qualidade avaliados foram: Altura de plantas (AP): avaliou-se no estádio R8, compreendendo a distância, na haste principal, entre o colo e a inserção da vagem mais distal, expressa em cm, medindo-se 135 plantas (repetições) ao acaso, com auxílio de uma régua graduada; Altura da inserção da 1ª vagem (AIPV): aferiu-se em 135 plantas no estádio R8, mensurando a distância em cm entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem; Número de vagem por planta (NV): foi realizada por meio da soma das vagens na haste principal e nos ramos secundários de cada uma das 135 plantas avaliadas; Altura

de corte (AC): foi mensurada a distância entre o colo da planta até onde a plataforma de corte da colhedora decepou a planta, medindo-se 135 plantas escolhidas ao acaso, com auxílio de uma régua graduada; Distribuição de palha (DP): foi obtida por meio de cordões de náilon de 5,0 m de comprimento, contendo 100 pontos espaçados a cada 0,05 m. Para determinar a distribuição de palha realizada pela colhedora, foram coletados 30 pontos amostrais de acordo com o método adaptado de Chioderoli *et al.*, (2012); Produtividade de grãos (PG): foi avaliada por meio da colheita manual da área útil de cada parcela (2,0 m em duas linhas, em ambos os sistemas de semeadura, na qual foram coletados 30 pontos amostrais para cada tratamento), com posterior trilhagem da soja, utilizando-se uma trilhadora estacionária. Após pesagem dos grãos, os dados obtidos (gramas por linhas) e os valores foram transformados para $kg\ ha^{-1}$, sendo esta produtividade corrigida para teor de água de 13%.

Foi realizada a análise descritiva dos dados por meio do programa Minitab 15, calculando-se a média, desvio padrão, amplitude, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose, coeficiente de variação e teste de normalidade de Anderson-Darling, conferindo maior rigidez à análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados (Tabela 1), verificou-se que tanto para a semeadura convencional quanto para a semeadura cruzada, a PG apresentou coeficientes de assimetria (Cs) negativos, -0,34 e -0,19, respectivamente. Esse coeficiente indica o afastamento da variável em relação a um valor central e serve para caracterizar como e o quanto a distribuição de frequência se afasta da simetria, sendo que: se $Cs < 0$, a distribuição é assimétrica à esquerda, o que retrata que a maior quantidade de pontos amostrais estão abaixo da média geral. Porém, essa leve assimetria não comprometeu a distribuição de normalidade do conjunto de dados, apresentando distribuição normal de acordo com o teste de Anderson-Darling.

A PG apresentou médias em torno de 4.127 e 5.965 $kg\ ha^{-1}$, para semeadura convencional e cruzada, respectivamente. Por outro lado, ao observar o coeficiente de curtose para AP, NV e PG, os valores positivos caracterizam uma curva de distribuição dos dados leptocúrticas (afilada). Para Fiomari *et al.* (2005), o aumento na produtividade da soja, devido à redução do espaçamento entre linhas, é atribuído ao adensamento de plantas auxiliando no controle de plantas daninhas. Essa situação pode ser utilizada para explicar a maior produtividade encontrada para o sistema de semeadura cruzada no presente estudo.

Para a semeadura convencional, verificou-se que as variáveis AIPV, NV, AC e PG apresentaram médias em torno de 13,57 cm; 34,89 vagens; 10,84 cm e 4.127 $kg\ ha^{-1}$, além de

Tabela 1 - Estatística descritiva para os indicadores de qualidade nos sistemas de produção de soja convencional e cruzada**Table 1** - Descriptive statistics of the quality indicators in a conventional and cross system of soybean production

Indicador de qualidade	Semeadura convencional						
	Média	δ	A	Cs	Ck	CV	AD
Altura de plantas - AP (cm)	88,03	8,58	51,0	-0,70	1,24	9,76	1,77(1)
Altura de inserção da 1ª vagem - AIPV (cm)	13,57	3,33	18,0	-0,19	-0,01	24,55	0,89(1)
Número de vagens - NV	34,89	12,97	65,0	1,01	0,78	37,17	2,90(1)
Altura de corte - AC (cm)	10,84	2,34	10,0	0,09	-0,69	21,61	1,17(1)
Distribuição de palha - DP (%)	37,63	5,14	19,0	-0,25	-0,66	13,67	0,35(1)
Produtividade - PG (kg ha-1)	4127	1021	4350	-0,34	0,39	24,75	0,36(2)
Indicador de qualidade	Semeadura cruzada						
Altura de plantas - AP (cm)	82,14	11,49	54,0	0,33	-0,08	13,99	0,42(1)
Altura de inserção da 1ª vagem - AIPV (cm)	13,0	3,46	18,0	0,06	-0,14	26,65	0,91(1)
Número de vagens - NV	35,74	12,28	54,0	0,01	-0,63	34,35	0,38(1)
Altura de corte - AC (cm)	11,68	1,77	8,5	0,67	0,13	15,22	1,91(1)
Distribuição de palha - DP (%)	65,83	6,42	27,0	1,18	1,24	6,42	0,91(1)
Produtividade - PG (kg ha-1)	5965	1119	3923	-0,19	-1,11	21,2	0,20(2)

*A - Amplitude total; δ - Desvio padrão; Cs - Coeficiente de assimetria; Ck - Coeficiente de curtose; CV (%) - Coeficiente de variação; AD - Teste de normalidade de Anderson-Darling, (1)distribuição não normal - $p > 0,05$; (2)distribuição normal - $p < 0,05$.

A - full range; δ - standard deviation; Cs - asymmetry coefficient; Ck kurtosis coefficient; CV (%) - Variation coefficient; AD - Anderson-Darling Normality Test (1)non-normal distribution - $p > 0.0$; (2)normal distribution - $p < 0.05$.

desvio padrão de 3,33; 12,97; 2,34 e 1021, respectivamente. Já para a semeadura cruzada, as médias foram de 13 cm e 35,74 vagens; e desvios padrões de 3,46 e 12,28, para os indicadores de qualidade AI e NV, respectivamente. Esses resultados representam elevada variabilidade do conjunto de dados quando se associa esses valores aos coeficientes de variação e de amplitude para ambos os sistemas de semeadura. Toledo *et al.* (2008), ao avaliarem a colheita mecanizada de soja, em sistema convencional de semeadura, relataram que os indicadores de qualidade AIPV, NV, AC e PG apresentaram elevados valores de coeficiente de variação, sendo esses resultados semelhantes aos encontrados para o presente trabalho, validando que existe elevada variação para esses indicadores.

A AP de soja obtida está dentro dos limites considerados ideais para colheita mecanizada no presente trabalho, que varia de 80 a 100 cm, pois facilita a colheita mecanizada, podendo refletir na maior produtividade, apresentando os valores de 88,03 e 82,14, para o sistema de semeadura convencional e cruzada de soja, respectivamente. Porém, Lima *et al.* (2012) relataram maiores alturas em plantas de soja em sistema de semeadura cruzada, devido, possivelmente, à maior competição entre as plantas por luminosidade, efeito esse descrito como estiolamento das plantas. Essa situação não ocorreu com frequência para o presente trabalho, dada a menor média de altura de plantas para o sistema de semeadura cruzada (Tabela 1).

Na semeadura convencional, AIPV e DP apresentaram coeficiente de assimetria negativo com grau moderado (Tabela 1), indicando o alongamento da curva de distribuição dos dados à esquerda. Por outro lado, para AC e NV, as assimetrias obtidas foram positivas em grau baixo e elevado, respectivamente (MINITAB, 2007), indicando uma curva de distribuição mais alongada à direita, em relação à curva de distribuição normal. A semeadura cruzada apresentou assimetria positiva para AIPV, AC e DP (Tabela 1), com baixo, moderado e elevados graus de assimetria, respectivamente. Para AP e NV, ocorreu assimetria negativa com graus moderado e baixo, respectivamente. Por outro lado, ao observar o coeficiente de curtose para AP, NV e PG, os valores negativos caracterizam uma curva de distribuição dos dados platicúrtica (achatada).

Na Figura 1, observa-se que o processo apresentou-se instável para altura de plantas nos dois sistemas de semeadura, com pontos fora do limite inferior de controle (LIC). Nota-se que os dois sistemas de semeadura avaliados apresentaram pouca diferença entre as médias de altura, porém, o sistema de semeadura convencional apresentou os maiores valores (Tabela 1). Isso está relacionado ao fato de que nas maiores densidades de semeadura há maior competição por luz e menor disponibilidade de fotoassimilados, fazendo com que a planta diminua o número de ramificações e produza menor número de nós. A AP para a cultura da soja é uma característica importante

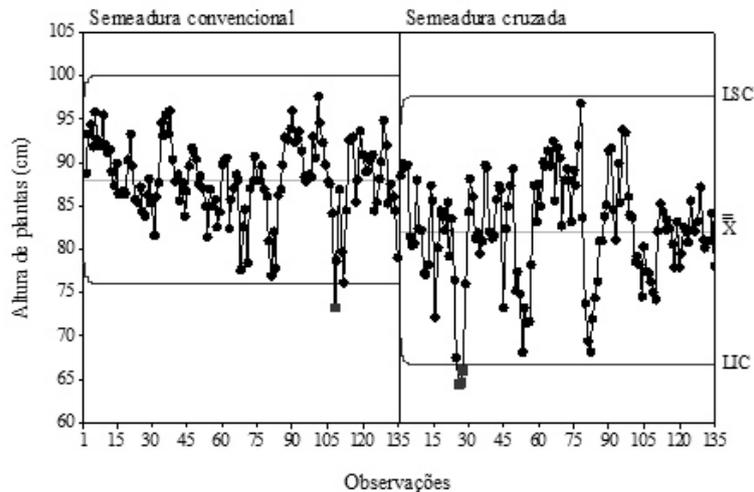


Figura 1 - Cartas de controle para a altura de plantas (AP) na sementeira convencional e cruzada de soja. LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle, \bar{x} : média móvel exponencialmente ponderada.

Figure 1 - Control charts for plant height in soybean conventional and crossed sowing. UCL: upper control limit, LCL: lower control limit, \bar{x} : exponentially weighted moving average.

a ser observada já que plantas altas podem acamar em lugares de ventos muito fortes, e plantas com porte muito baixo restringem o desempenho das máquinas agrícolas na colheita (TAVARES *et al.*, 2012).

As médias de AP encontradas foram superiores às observadas por Silva *et al.* (2010), apresentando efeitos diretos e indiretos sobre a produção por estarem relacionadas ao controle de plantas invasoras, ao acamamento e à colheita mecânica.

Na Figura 2, observa-se que a sementeira convencional promoveu menor variabilidade na altura da inserção da primeira vagem, porém, tanto para a sementeira convencional quanto para a sementeira cruzada o processo é instável, apresentando pontos abaixo do limite inferior de controle (LIC). Esses pontos abaixo do LIC podem representar ineficiência da colhedora ao realizar o corte das plantas, incorrendo em potenciais perdas de vagens

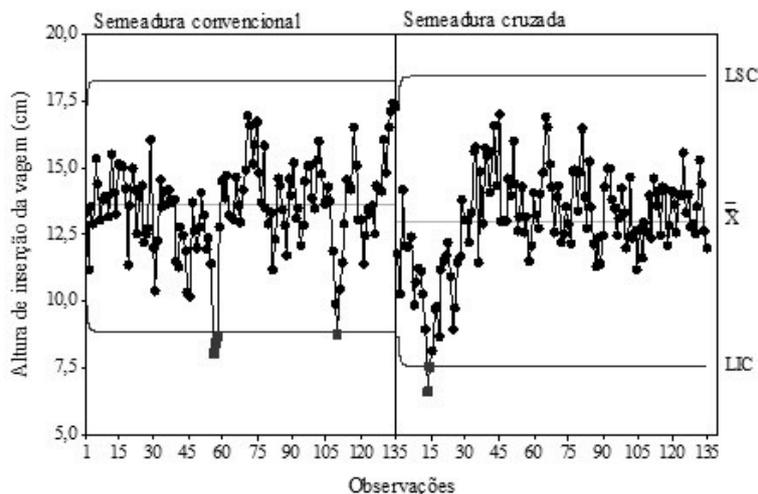


Figura 2 - Cartas de controle para a altura de inserção da primeira vagem (AIPV) na sementeira convencional e cruzada de soja. LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle, \bar{x} : média móvel exponencialmente ponderada.

Figure 2 - Control charts for insertion of first pod in soybean conventional and crossed sowing. UCL: upper control limit, LCL: lower control limit, \bar{x} : exponentially weighted moving average.

deixadas junto a uma parte da planta presa ao solo após a passagem da máquina.

As maiores populações estimulam o crescimento das plantas e a AIPV, divergindo dos resultados obtidos no presente trabalho. Chioderoli *et al.* (2012) e Pereira Júnior *et al.* (2010) observaram a altura de inserção da primeira vagem da soja de 0,14 e 0,15 m, respectivamente, e afirmaram que esses valores estão dentro dos padrões normais para altura de corte na colheita mecanizada.

O NV apresentou instabilidade para os dois tratamentos analisados (Figura 3), podendo ser verificado pelos pontos

acima do limite superior de controle (LSC), para o sistema de semeadura convencional, e por pontos que extrapolam os limites superior e inferior para a semeadura cruzada. Nota-se que os pontos fora de controle encontram-se abaixo do LIC, situação essa considerada prejudicial para uma boa produção de soja, já que o número de vagens está diretamente ligado com esse fator.

Na Figura 4, observa-se que a AC apresentou estabilidade para ambos os tratamentos (semeadura convencional e semeadura cruzada), não havendo ocorrência de pontos fora dos limites de controle. Observa-se, ainda, que a menor

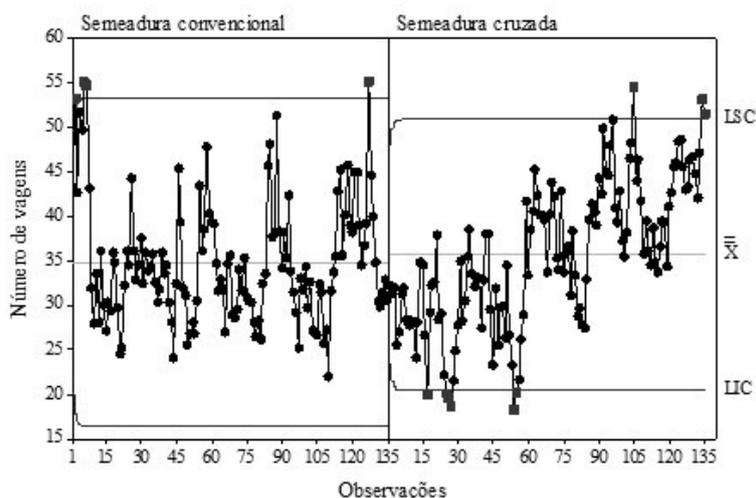


Figura 3 - Cartas de controle para o número de vagens por planta na semeadura convencional e cruzada de soja. LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle, \bar{x} : média móvel exponencialmente ponderada.

Figure 3 - Control charts for number of pod in soybean conventional and crossed sowing. UCL: upper control limit, LCL: lower control limit, \bar{x} : exponentially weighted moving average.

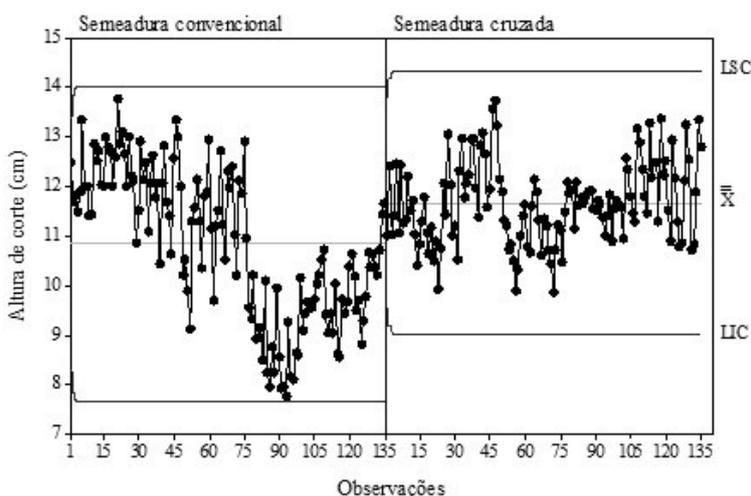


Figura 4 - Cartas de controle para a altura de corte na semeadura convencional e cruzada de soja. LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle, \bar{x} : média móvel exponencialmente ponderada.

Figure 4 - Control charts for cutting height in soybean conventional and crossed sowing. UCL: upper control limit, LCL: lower control limit, \bar{x} : exponentially weighted moving average.

variabilidade da operação foi verificada para o sistema de semeadura cruzada de soja, no qual os limites superior e inferior de controle possuem a menor diferença entre si, quando comparados ao sistema convencional.

A semeadura cruzada apresentou os maiores valores para AC, em razão da maior AIPV, decorrente da maior densidade de plantio. Mauad *et al.* (2010) também constataram aumento no AC devido à elevação da densidade de plantio.

No tratamento de semeadura convencional, todos os pontos para DP ficaram dentro dos limites inferior e superior de controle, podendo ser verificado na carta de controle da média móvel exponencialmente ponderada. Enquanto que no tratamento de semeadura cruzada, foi verificada a instabilidade, apresentando somente um ponto fora dos limites de controle calculados (Figura 5). A ocorrência desse ponto fora dos limites de controle pode ser atribuída há algum fator externo a operação, que devem ser detectados

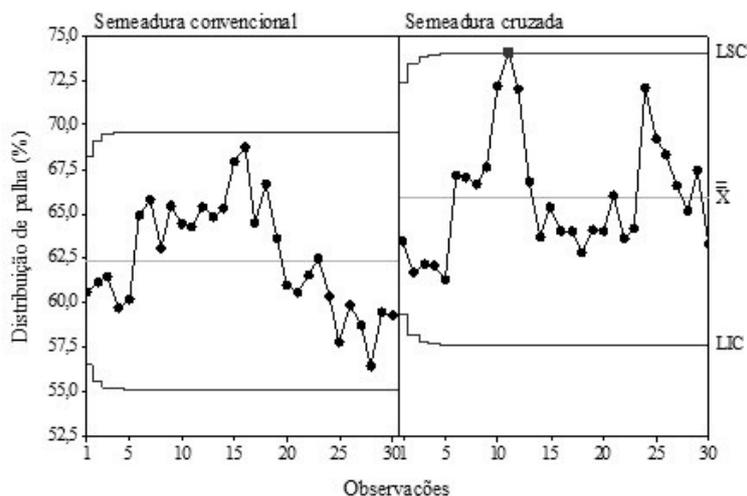


Figura 5 - Cartas de controle para a distribuição de palha (DP) na colheita mecanizada de soja convencional e cruzada. LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle, \bar{x} : média móvel exponencialmente ponderada.

Figure 5 - Control charts for Straw distribution in mechanized harvesting in soybean conventional and crossed sowing. UCL: upper control limit, LCL: lower control limit, \bar{x} : exponentially weighted moving average.

e posteriormente eliminados do processo, sendo eles caracterizados pelos 6 M's: máquina, mão de obra, matéria prima, método, medição e meio ambiente.

A ocorrência desse ponto fora de controle, ou instável, está relacionada ao “embuchamento” da colhedora, em virtude do maior fluxo de material vegetal no interior da máquina, ocorrido anteriormente ao momento da coleta do ponto amostrado. Observa-se ainda que o maior valor médio de DP foi encontrado no tratamento com semeadura cruzada, esse fato está vinculado ao maior número de plantas por metro nesse tipo de semeadura, aumentando o material vegetal e, conseqüentemente, apresentando maior distribuição de palha. Nesse sentido, a distribuição uniforme da palha é importante para o bom desempenho da semeadora, permitindo maior eficiência operacional, melhor controle de plantas daninhas e distribuição regular de sementes, promovendo, portanto, maior lucratividade e qualidade operacional (CHIODEROLI *et al.*, 2012).

Toledo *et al.* (2008) observaram que a distribuição da cobertura vegetal pelo mecanismo distribuidor de palha da colhedora, em semeadura convencional, manteve-se em processo sob controle, assim como pode ser observado no presente trabalho, evidenciando qualidade intrínseca ao processo analisado.

Verifica-se na Figura 6 que o processo de semeadura convencional e cruzada de soja apresentou-se estável para a PG, tanto para a semeadura convencional quanto para a cruzada, com todos os pontos entre os limites superior e inferior de controle, tendo a semeadura cruzada maiores valores de produtividade. Isso decorre da maior densidade de plantas, em virtude da maior distribuição de sementes, que, por sua vez, eleva o número de vagens e grãos e, conseqüentemente, eleva a produtividade. Observa-se ainda que, apesar da estabilidade do processo para a semeadura cruzada de soja, esse apresenta maior variabilidade em relação ao sistema convencional.

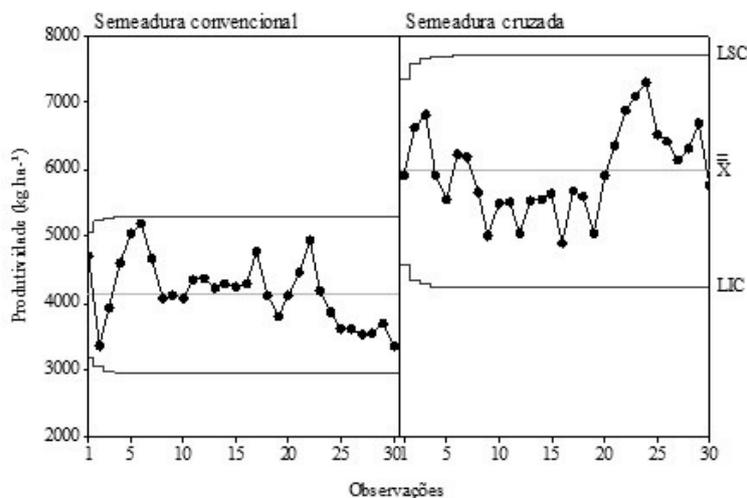


Figura 6 - Cartas de controle para a produtividade na colheita mecanizada de soja convencional e cruzada. LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle, \bar{x} : média móvel exponencialmente ponderada.

Figure 6 - Control charts for productivity in soybean conventional and crossed sowing. UCL: upper control limit, LCL: lower control limit, \bar{x} : exponentially weighted moving average.

Os resultados encontrados para semeadura cruzada corroboram com os encontrados por Lima *et al.* (2012), que, em estudo de diferentes densidades de semeaduras de soja, também verificaram maior produtividade em semeaduras cruzadas. Já Freitas *et al.* (2010) e Luca e Hungria (2010), verificaram que o aumento da densidade de semeadura não proporcionou maiores rendimentos para a cultura da soja, entretanto, essa constatação foi feita somente para a semeadura em linhas convencionais. Essa afirmação pode ser considerada diferente dos resultados do presente trabalho, pois, quando comparado, o sistema de semeadura cruzada se sobressai com maior produtividade em relação ao convencional.

CONCLUSÕES

As características agrônômicas da soja foram influenciadas pelos sistemas de semeadura convencional e cruzada;

A altura de corte e a produtividade de grãos apresentaram estabilidade do processo para ambos os sistemas de semeadura;

A carta de controle da média móvel exponencialmente ponderada foi eficaz para o monitoramento, detecção e análise para encontrar as fontes de variações externas à operação e que tornam o processo instável.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 221-229, 2010.

BIANCO, S.; CARVALHO, L. B.; BIANCO, M. S.; PITELLI, R. A. Acúmulo de massa seca e de macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Solanum americanum*. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 87-95, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, ACS, 2009. 39 p.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 112-121, 2012.

- COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M. A. Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Scientia Agropecuaria**, v. 3, n. 3, p. 215- 223, 2012.
- CUSTODIO, A. A. P.; SILVA, R. P.; LEMOS, L. B.; TOLEDO, A.; LIMA, L. P. Controle estatístico aplicado na colheita mecanizada de cafeeiros irrigados. **Revista de Agricultura**, v. 1, p. 172-180, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.
- FERNANDES, A. E. S.; COSTA, C. E. S.; SOUZA, E. S. O. O uso de controle estatístico de processo na gestão de qualidade. Estudo de caso: Grupo Coringa - AL. **INGEPRO - Inovação, Gestão e Produção**, v. 03, n. 06, p. 1-10, 2010.
- FIOMARI, B. R.; WATANABE, T. S.; STORTO, M. A.; KAWAKAMI, E. **Informações Agronômicas**, n. 109. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 28, 2005.
- FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T.; BUENO, M. R.; MARQUES, M. C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010.
- HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.
- HINES, W. W.; MONTGOMERY, D. C.; GOLDSMAN, D. M.; BORROR, C. M. **Probabilidade e estatística na engenharia**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIAL, C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p.102-110, 2011.
- KUSS, R. C. R.; KÖNIG, O.; DUTRA, L. M. C.; BELLÉ, R. A.; ROGGIA, S.; STURMER, G. R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência rural**, v. 38, n. 4, p. 1133-1137, 2008.
- LIMA, S. F. D.; ALVAREZ, R. D. C. F.; THEODORO, G. D. F.; BAVARESCO, M., SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, 2012.
- LUCA, M. J. de; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento da soja em diferentes densidades de plantas. In.: FERTIBIO, 2010, Guarapari. **Anais...Guarapari**, 2010.
- MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDANETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v.3, p. 175-181, 2010.
- MINITAB. MINITAB Release 16. **MINITAB StatGuide**. Minitab, 2007.
- MONTGOMERY, D. C. **Control charts for variables**. In: MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. Arizona: Wiley, 2009. v. 6, p. 226-268.
- NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CASSIA, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.
- PEREIRA JÚNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L.V.T.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.)]. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 908-913, 2010.
- SAMOHYL, R. W. Estatística aplicada. In: **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. cap. 1, p. 7-75.
- SILVA, J. B.; LAZARINI, E.; SILVA, A. M.; RECO, P. C. Ensaio comparativo de cultivares de soja em época convencional em Selvíria, ms: características agronômicas e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 747-754, 2010.
- TAVARES, L. A. F.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. R. A. características agronômicas e demanda energética de cultivares de soja sob efeito dos sistemas de preparo do solo. **Revista Energia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 92- 108, 2012.
- TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C.; COSTA, B. O. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Engenharia Agrícola**, n. 4, p. 710-719, 2008.
- VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P. da; ZERBATO, C.; ALVES, V. F.; SILVA, F. A. C. Agronomic capability of mechanized sugarcane planting. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 10, p. 1448-1460, 2014.
- VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; ROSALEN, D. L.; CRISTIANO ZERBATO, C.; CASSIA, M. T. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p. 1396-1406 , 2013.