

## QUALIDADE NA COLHEITA MECANIZADA DE MILHO SEMEADO EM DIFERENTES VELOCIDADES

ANTONIO TASSIO SANTANA ORMOND<sup>1</sup>, MURILO APARECIDO VOLTARELLI<sup>2</sup>,  
CARLA SEGATTO STRINI PAIXÃO<sup>1</sup>, ALINE SPAGGIARI ALCÂNTARA<sup>1</sup>,  
ELIZABETH HARUNA KAZAMA<sup>1</sup>, CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI<sup>1</sup>  
e ROUVERSON PEREIRA DA SILVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
Departamento de Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n,  
Jaboticabal - SP, Brasil, 14.884-900, Faculdade de Ciências Agrárias  
e Veterinárias, Unesp – tassiormond@gmail.com, ca\_paixao@live.com, alineespaggiari@hotmail.com,  
bethkazama@hotmail.com, furlani@fcav.unesp.br, rouverson@gmail.com.

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino - Buri - SP – voltarelli@ufscar.br

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.3, p. 582-593, 2016*

**RESUMO** - As perdas na colheita podem estar relacionadas tanto a colhedora, como também a fatores ligados a cultura como: mau preparo do solo, densidade de plantas, inadequação da época de semeadura são alguns deles. O presente estudo objetivou determinar a influência da velocidade de semeadura no processo de colheita mecanizada de milho, por meio do controle de qualidade do processo. O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho, textura argilosa e relevo suave ondulado. O delineamento foi baseado na óptica do Controle Estatístico de Processo CEP, onde os dados foram coletados em pontos aleatórios em função do tempo. Os indicadores de qualidade avaliados foram divididos em parâmetros de semeadura (população de plantas e distribuição longitudinal de plântulas); e de colheita (Perdas de grãos e distribuição de palha) em função de seis velocidades de deslocamento (aproximadamente 2,0; 4,0; 6,0; 9,0; 10,0 e 12,0 Km.h<sup>-1</sup>). Os dados foram submetidos a análise descritiva para análise do comportamento. Como ferramentas do controle estatístico de processo utilizou-se, run charts ou gráfico sequencial e carta de controle de valores individuais para análise da qualidade do processo. A maior velocidade (V6) apresentou a maior variabilidade dos dados para todas as variáveis. A operação da colheita mecanizada de milho foi influenciada por fatores extrínsecos e intrínsecos a ela.  
**Palavras-chave:** Controle estatístico de processo, espaçamentos normais, perdas, população de plantas.

## QUALITY IN MECHANIZED HARVEST OF CORN SOWN IN DIFFERENT SPEEDS

**ABSTRACT** - The harvest losses may be associated to harvester as well as factors related to cultivation such as poor soil preparation, plant density, unsuitable sowing time. This study aimed to determine the effect of speed sowing in the mechanized harvest of corn, through the control of the quality of the process. The experiment was conducted in a clayey Oxisol and undulate relief. The design was based on the optics of the Statistical Process Control SPC, and the data were collected at random points in function of time. The quality indicators evaluated were divided into sowing parameters (plant population and longitudinal distribution of seedlings) and harvesting (loss of grain and straw distribution) in function of six displacement speeds (approximately 2.0, 4.0, 6.0, 9.0, 10.0 and 12.0 Km.h<sup>-1</sup>). The data were submitted to descriptive analysis for behavior analysis. As tools for the statistical control of the process, run charts or sequential graph were used, and control chart of individual values for analysis of the quality of the process. The highest speed (V6) showed the highest variability of the data for all variables. The operation of mechanized harvest of corn was influenced by extrinsic and intrinsic factors.

**Keywords:** statistical process control, normal spacings, losses, plant population.

A alta disponibilidade e a diversidade de máquinas e implementos têm proporcionado condições ideais para que seja realizada a semeadura dentro de estreito espaço de tempo disponível. Com isso, a segunda safra de milho nos últimos anos vem conquistando cada vez mais importância no cenário agrícola nacional, em função da boa oportunidade de aumento de renda ao agricultor (Porto et al., 2011).

As perdas na colheita são influenciadas por fatores inerentes à cultura e à colhedora (Carvalho Filho et al., 2005), podendo-se citar: mau preparo do solo, inadequação da época de semeadura, espaçamento e densidade de plantas, cultivares inadequadas para a região, ocorrência de plantas invasoras, atraso na colheita, umidade dos grãos incorreta. Esses fatores podem ser afetados por inúmeras variáveis, sendo a velocidade de semeadura uma das mais importantes, exercendo influência direta na uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, uma das características que mais contribui para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a melhoria da produtividade das culturas (Kurachi et al., 1989).

O processo de semeadura mal realizado pode ocasionar aumento nas perdas de grãos no processo de colheita mecanizada, influenciando na produtividade e no lucro final do produtor, como também afetar a distribuição uniforme da palha, que é de fundamental importância para o bom desempenho da semeadora, permitindo maior eficiência operacional, melhor controle de plantas daninhas e distribuição regular de sementes, promovendo maior lucratividade e qualidade operacional (Chioderoli et al., 2012).

A boa qualidade de uma colheita de grãos está relacionada com as perdas e a fragmentação e distribuição uniformes da palha, que são importantes para o bom desempenho da semeadora, em sistema de plantio direto, permitindo maior eficiência operacio-

nal, melhor controle de plantas daninhas e distribuição regular de sementes. Neste sentido, para manter as perdas na colheita em níveis baixos, é necessário saber como estas ocorrem, bem como medi-las e saber quais são os níveis de perdas aceitáveis e quais práticas são necessárias para correção (Pishgar-Komleh et al., 2013).

A agricultura moderna apresenta conceitos de gerenciamento cujas informações adquiridas permitem aos produtores identificar melhores estratégias em busca de maior eficiência operacional (Cunha et al., 2009). Uma boa ferramenta na avaliação de processos agrícolas é o controle estatístico de processo (CEP), auxiliando no monitoramento das etapas, identificando eventuais falhas, para que sejam eliminadas posteriormente e, assim, garantir a estabilidade do processo (todos os pontos dentro dos limites superior e inferior de controle), permitindo um incremento da qualidade nas operações agrícolas mecanizadas (Fernandes et al., 2010).

Considerando o exposto, e pressupondo que a velocidade de trabalho do conjunto trator-semeadora-adubadora possa influenciar as perdas durante a colheita mecanizada de milho, objetivou-se determinar a influência da velocidade de semeadura no processo de colheita mecanizada de milho, por meio do controle de qualidade do processo.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em uma área agrícola no estado de São Paulo, localizada em torno das coordenadas geodésicas 21°14'54"S e 48°16'51"W, com altitude média de 568 m e declividade média de 4%. Os resultados da análise granulométrica do solo apresentaram textura argilosa e relevo suave ondulado, segundo classificação da Embrapa (Santos et al., 2006).

A cultura do milho foi implantada em sistema de plantio direto utilizando-se o híbrido simples Viptera 3, da Syngenta. Realizou-se adubação mineral, no sulco de semeadura, com 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial (08-28-16). O trator utilizado foi o modelo MF 7370, com potência de 170 cv, em uma rotação de 2.000 rpm, acoplado a uma semeadora modelo JM 3070.

A colheita foi realizada com uma colhedora autopropelida da marca SLC modelo 1165, ano 96/97, potência de 103 kW no motor a 2.350 rpm e cilindro de trilha de fluxo transversal, plataforma com largura de 3,80 m para colher quatro linhas da cultura. Os valores médios da abertura entre o cilindro e o côncavo foram de 30 mm na parte frontal do côncavo e 27 mm na parte posterior no decorrer da colheita. A caracterização da velocidade média de deslocamento foi de 3,5 km h<sup>-1</sup>, coletada por meio do monitor de coluna frontal alocado na cabine da máquina.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, baseado nas premissas do controle estatístico de qualidade, sendo as amostras coletadas ao longo do tempo. Os tratamentos foram constituídos por meio de seis velocidades de deslocamento na semeadura, sendo elas: V1 = 2,0; V2 = 4,0; V3 = 6,0; V4 = 9,0; V5 = 10,0 e V6 = 12,0 Km h<sup>-1</sup>.

Como indicadores de qualidade, foram avaliados parâmetros de semeadura (coletadas 40 amostras para cada velocidade analisada):

- População de plantas final - determinação do número de plantas de milho por parcela, levando em consideração a área útil.

- Distribuição longitudinal de sementes - foram avaliadas pela contagem do número de plântulas, de acordo com Kurachi et al. (1989).

Para os parâmetros de colheita, foram coletados menos pontos amostrais devido à agilidade do processo de colheita e, para que não houvesse con-

dições diferentes para as coletas, foi delimitado que a colhedora não realizasse paradas. Por isso, coletaram-se dez pontos em cada velocidade analisada para as perdas de grãos e distribuição de palha; para a produtividade, foram coletados 20 pontos:

- Perdas de grãos - foram utilizadas armações retangulares, construídas com duas barras metálicas e cordões de náilon, com medidas ajustáveis para obter a mesma largura da plataforma de corte da colhedora em estudo, mantendo-se a área interna de 2,0 m<sup>2</sup>, segundo método proposto por Mesquita et al. (1998).

- Para a determinação da distribuição de palha, efetuou-se adaptação à armação de perdas para tornar mais prático o método de avaliação. Em um dos cordões de náilon delimitador da área de perdas, foram marcados 50 pontos espaçados a cada 10 cm, de acordo com metodologia adaptada de Lafflen et al. (1981).

- Produtividade de grãos - foi avaliada por meio da colheita manual da área útil de cada parcela (4,5 m<sup>2</sup>), com posterior trilhagem das espigas. Após a pesagem dos grãos, os dados obtidos na determinada área quadrada foram transformados para kg ha<sup>-1</sup>, sendo esta produtividade corrigida para teor de água de 13%.

Com o intuito de visualizar comportamento dos dados coletados, foram realizadas análise estatística descritiva e teste de normalidade utilizando-se o teste de Ryan Joyner para os parâmetros de semeadura (população de plantas e espaçamento normal), pois foram coletados 40 pontos amostrais. Já para os parâmetros de colheita, foi realizado o teste de Anderson Darling devido ao fato de terem sido coletados 20 pontos (Minitab, 2007).

Como ferramentas do controle estatístico de processo, utilizou-se run charts ou gráfico sequencial, com a utilização de valores-padrão que permitem o

monitoramento e a identificação do tipo de variação que está ocorrendo no processo. Esses valores-padrão podem se constituir de: agrupamento – representado por grupos de pontos em determinadas áreas do gráfico, acima ou abaixo da mediana; tendência – que representa uma sequência de sucessivos aumentos ou diminuições nas observações detectadas quando o número de observações úteis for sucessivo, superior a sete; mistura – trata-se de um padrão que indica a ausência de pontos próximos à linha central, ou seja, os pontos se alternam acima e abaixo da linha central (mediana), mostrando que há a existência de dois grupos distintos de dados; e oscilação – indicação da existência ou não de um padrão regular, ocorrendo ao longo do tempo, sendo detectado quando os dados flutuam rapidamente acima ou abaixo da mediana (Voltarelli et al., 2015).

Os resultados também foram analisados por meio de carta de controle de valores individuais, desenvolvidos para situações específicas, nas quais 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 da qualidade do processo.

### Resultados e Discussão

De acordo com os resultados (Tabela 1), verificou-se que, para a população de plantas e o espaçamento normal, a velocidade 1 apresentou os menores CVs e desvio padrão, a V1 (2 km h<sup>-1</sup>) ainda apresentou a maior porcentagem de espaçamentos normais. Para os parâmetros de colheita, a V4 apresentou maior média de distribuição de palha (91,5%) e, para perdas na colheita, a V5 foi a que proporcionou a menor quantidade de perdas.

De acordo com a análise descritiva para os parâmetros de semeadura e colheita avaliados, nota-se que, para todos os indicadores de qualidade analisados, os coeficientes de assimetria e curtose se mantiveram entre 1 e -1, sendo próximos de zero, indicativo de que os dados apresentam distribuição normal, fato este que foi comprovado pelo teste de normalidade. Os parâmetros de semeadura (população de plantas e porcentagem de espaçamentos normais) alcançaram as maiores médias na velocidade (V3). A maior produtividade foi alcançada com a V1; já para os parâmetros de colheita, a distribuição de palha foi maior na V4 e a menor quantidade de perdas foi com a V4.

As perdas na colheita obtiveram os maiores coeficientes de variação dentre os indicadores avaliados, em que os menores valores de perdas foram encontrados nas velocidades V1 e V5, que apresentaram 0,36 e 0,39% (28,5 e 27 kg ha<sup>-1</sup>) de acordo com as respectivas produtividades 7.942 e 6.938 kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, a V6 alcançou cerca de 0,80% (51 kg ha<sup>-1</sup>) de perdas, assim como Toledo et al. (2008), trabalhando com caracterização das perdas em colheita mecanizada de soja, observaram que tais perdas obtiveram coeficientes de variação altos e médios, situação esta que se associa ao presente estudo. Quanto à variabilidade dos dados, observaram-se valores de amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação muito altos, fato este comumente verificado em avaliações de perdas quantitativas devido à elevada variabilidade espacial desses tipos de variável (Silva et al., 2013).

Por meio dos gráficos sequenciais (run charts), verifica-se a ocorrência de padrões de agrupamento em espaçamento normal (V4), distribuição de palhas (V2) e produtividade (V5), que podem ter sido ocasionados devido à baixa velocidade e à maior população de plantas na área, respectivamente. Observa-se ainda que todos, à exceção do indicador de qualidade

**Tabela 1.** Análise descritiva para os indicadores de qualidade do desempenho da colhedora de milho.

Indicadores de qualidade	Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Média	$\sigma$	CV	A	Cs	Ck	RJ/AD
População Final de Plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )	2,0	44167	2765	6,26	13333	-0,68	1,79	0,98 <sup>N</sup>
	4,0	43944	3749	8,53	13333	-0,5	-0,41	0,99 <sup>N</sup>
	6,0	45000	3620	8,04	17778	-0,61	0,57	0,98 <sup>N</sup>
	9,0	43111	4020	9,32	15556	-0,01	-0,9	0,99 <sup>N</sup>
	10,0	42722	3431	8,03	11111	0,22	-1,14	0,99 <sup>N</sup>
	12,0	40056	5524	13,79	24444	-0,49	0,01	0,98 <sup>N</sup>
Espaçamento Normal (%)	2,0	78,76	8,64	10,97	38,75	-0,07	0,1	0,99 <sup>N</sup>
	4,0	72,69	12,49	17,18	47,95	-0,28	-0,58	0,99 <sup>N</sup>
	6,0	73,87	11,91	16,12	56,78	-0,54	0,65	0,98 <sup>N</sup>
	9,0	63,17	16,44	26,03	72,3	-0,67	0,59	0,98 <sup>N</sup>
	10,0	54,42	12,9	23,71	66,47	0,36	1,08	0,98 <sup>N</sup>
	12,0	46,61	10,9	23,38	48,49	-0,21	-0,12	0,99 <sup>N</sup>
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	2,0	7942	2363	29,75	7889	0,32	-1,09	0,53 <sup>N</sup>
	4,0	7549	1528	20,25	6344	0,66	0,92	0,26 <sup>N</sup>
	6,0	7182	1124	15,65	4411	-0,15	-0,07	0,46 <sup>N</sup>
	9,0	7153	1710	23,91	5978	0,03	-0,82	0,20 <sup>N</sup>
	10,0	6938	1329	19,15	6622	0,57	2,93	0,63 <sup>N</sup>
	12,0	6519	1027	15,75	3856	0,22	-0,37	0,20 <sup>N</sup>
Distribuição de palha (%)	2,0	89	9,37	10,53	27,5	-1,18	0,23	0,95 <sup>N</sup>
	4,0	81,5	13,6	16,69	37,5	-0,33	-1,62	0,49 <sup>N</sup>
	6,0	78	8,72	11,18	30	1,36	2,04	0,66 <sup>N</sup>
	9,0	91,5	6,69	7,31	20	-1,25	0,59	0,90 <sup>N</sup>
	10,0	79,5	6,95	8,74	20	0,1	-1,47	0,28 <sup>N</sup>
	12,0	79	11,97	15,15	35	-0,47	-1,08	0,61 <sup>N</sup>
Perdas (kg ha <sup>-1</sup> )	2,0	28,5	15,1	52,99	40	0,42	-1,58	0,53 <sup>N</sup>
	4,0	37,5	26,8	71,46	70	0,47	-1,46	0,49 <sup>N</sup>
	6,0	31	16,8	34,19	50	0,29	-0,76	0,23 <sup>N</sup>
	9,0	29	12,87	44,37	35	-0,16	-1,5	0,35 <sup>N</sup>
	10,0	27	16,53	61,23	40	0,37	-1,74	0,57 <sup>N</sup>
	12,0	51	25,58	50,16	75	-0,23	-1,1	0,21 <sup>N</sup>

$\sigma$  – Desvio padrão; CV (%) – Coeficiente de variação; Cs – Coeficiente de assimetria; Ck – Coeficiente de curtose. AD: Teste de Anderson Darling. RJ: Teste de normalidade de Ryan Joyner (N: distribuição normal; A: distribuição não normal).

produtividade, os demais apresentaram padrões de tendência, resultando em leve aumento e diminuição na quantificação das variáveis, retratando a elevada variabilidade decorrente destes processos agrícolas mecanizados (Tabela 2).

A análise da detecção de padrões (agrupamento, mistura, tendência e oscilação) de ordem não aleatória ou que ainda ocorrem de maneira sistemática no decor-

rer do processo possui certa dificuldade no reconhecimento e na interpretação pelos avaliadores quando estes realizam tal tarefa analisando somente os gráficos de controle de valores individuais. (Voltarelli et al., 2015).

Para os parâmetros de sementeira, a população de plantas (Figura 1) apresentou menor variabilidade na V1; porém, houve a ocorrência de um ponto fora de controle, o que tornou o processo instável. Esse ponto

**Tabela 2.** Valores-padrão de probabilidade dos gráficos sequenciais para os indicadores de qualidade do desempenho da colhedora de milho.

Indicadores de qualidade	Velocidade	Padrões			
		A **	M	T	O
População de Plantas (pl ha <sup>-1</sup> )	2,0	0,042 <sup>ns</sup>	0,958 <sup>ns</sup>	0,008 *	0,992 <sup>ns</sup>
	4,0	0,867 <sup>ns</sup>	0,133 <sup>ns</sup>	0,920 <sup>ns</sup>	0,080 <sup>ns</sup>
	6,0	0,794 <sup>ns</sup>	0,206 <sup>ns</sup>	0,847 <sup>ns</sup>	0,153 <sup>ns</sup>
	9,0	0,280 <sup>ns</sup>	0,720 <sup>ns</sup>	0,185 <sup>ns</sup>	0,815 <sup>ns</sup>
	10,0	0,651 <sup>ns</sup>	0,349 <sup>ns</sup>	0,185 <sup>ns</sup>	0,815 <sup>ns</sup>
	12,0	0,789 <sup>ns</sup>	0,211 <sup>ns</sup>	0,601 <sup>ns</sup>	0,399 <sup>ns</sup>
Espaçamento Normal (%)	2,0	0,172 <sup>ns</sup>	0,828 <sup>ns</sup>	0,847 <sup>ns</sup>	0,153 <sup>ns</sup>
	4,0	0,102 <sup>ns</sup>	0,898 <sup>ns</sup>	0,449 <sup>ns</sup>	0,551 <sup>ns</sup>
	6,0	0,261 <sup>ns</sup>	0,739 <sup>ns</sup>	0,304 <sup>ns</sup>	0,696 <sup>ns</sup>
	9,0	0,012 *	0,988 <sup>ns</sup>	0,185 <sup>ns</sup>	0,815 <sup>ns</sup>
	10,0	0,102 <sup>ns</sup>	0,898 <sup>ns</sup>	0,008 *	0,992 <sup>ns</sup>
	12,0	0,261 <sup>ns</sup>	0,739 <sup>ns</sup>	0,601 <sup>ns</sup>	0,399 <sup>ns</sup>
Distribuição de palha (%)	2,0	0,691 <sup>ns</sup>	0,309 <sup>ns</sup>	0,135 <sup>ns</sup>	0,865 <sup>ns</sup>
	4,0	0,004 *	0,996 <sup>ns</sup>	0,135 <sup>ns</sup>	0,865 <sup>ns</sup>
	6,0	0,287 <sup>ns</sup>	0,713 <sup>ns</sup>	0,027 *	0,973 <sup>ns</sup>
	9,0	0,087 <sup>ns</sup>	0,913 <sup>ns</sup>	0,391 <sup>ns</sup>	0,609 <sup>ns</sup>
	10,0	0,749 <sup>ns</sup>	0,251 <sup>ns</sup>	0,916 <sup>ns</sup>	0,084 <sup>ns</sup>
	12,0	0,251 <sup>ns</sup>	0,749 <sup>ns</sup>	0,391 <sup>ns</sup>	0,609 <sup>ns</sup>
Perdas (kg ha <sup>-1</sup> )	2,0	0,500 <sup>ns</sup>	0,500 <sup>ns</sup>	0,135 <sup>ns</sup>	0,865 <sup>ns</sup>
	4,0	0,103 <sup>ns</sup>	0,897 <sup>ns</sup>	0,027 *	0,973 <sup>ns</sup>
	6,0	0,287 <sup>ns</sup>	0,713 <sup>ns</sup>	0,391 <sup>ns</sup>	0,609 <sup>ns</sup>
	9,0	0,090 <sup>ns</sup>	0,910 <sup>ns</sup>	0,710 <sup>ns</sup>	0,290 <sup>ns</sup>
	10,0	0,251 <sup>ns</sup>	0,749 <sup>ns</sup>	0,135 <sup>ns</sup>	0,865 <sup>ns</sup>
	12,0	0,556 <sup>ns</sup>	0,444 <sup>ns</sup>	0,710 <sup>ns</sup>	0,290 <sup>ns</sup>
Produtividade	2,0	0,179 <sup>ns</sup>	0,821 <sup>ns</sup>	0,133 <sup>ns</sup>	0,867 <sup>ns</sup>
	4,0	0,179 <sup>ns</sup>	0,821 <sup>ns</sup>	0,133 <sup>ns</sup>	0,867 <sup>ns</sup>
	6,0	0,084 <sup>ns</sup>	0,916 <sup>ns</sup>	0,289 <sup>ns</sup>	0,711 <sup>ns</sup>
	9,0	0,677 <sup>ns</sup>	0,323 <sup>ns</sup>	0,500 <sup>ns</sup>	0,500 <sup>ns</sup>
	10,0	0,000*	1,00 <sup>ns</sup>	0,289 <sup>ns</sup>	0,711 <sup>ns</sup>
	12,0	0,967 <sup>ns</sup>	0,033*	0,952 <sup>ns</sup>	0,048*

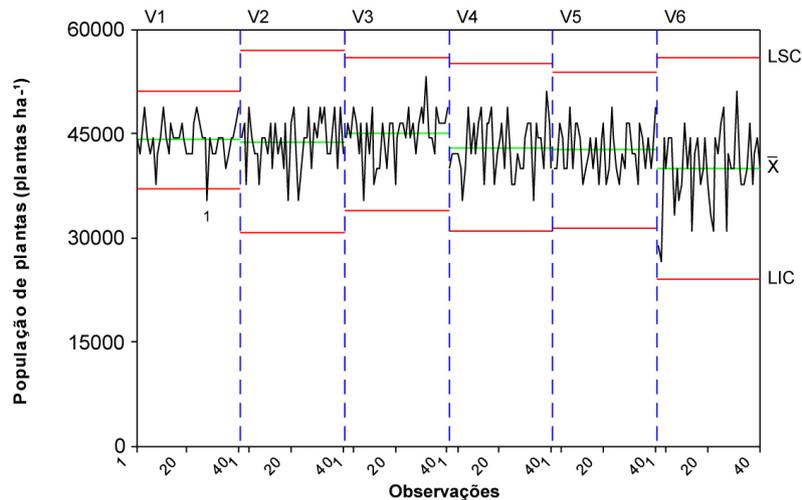
\*\*A - Agrupamento; M - Mistura; T - Tendência; O - Oscilação; \* valores-padrão de não aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a  $p < 0,05$ ; ns valores-padrão de aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a  $p > 0,05$ .

fora de controle pode estar relacionado a causas especiais decorrentes do processo, uma vez que na run chart também apresenta-se um padrão de tendência. Essas causas podem ser inerentes às imperfeições do terreno.

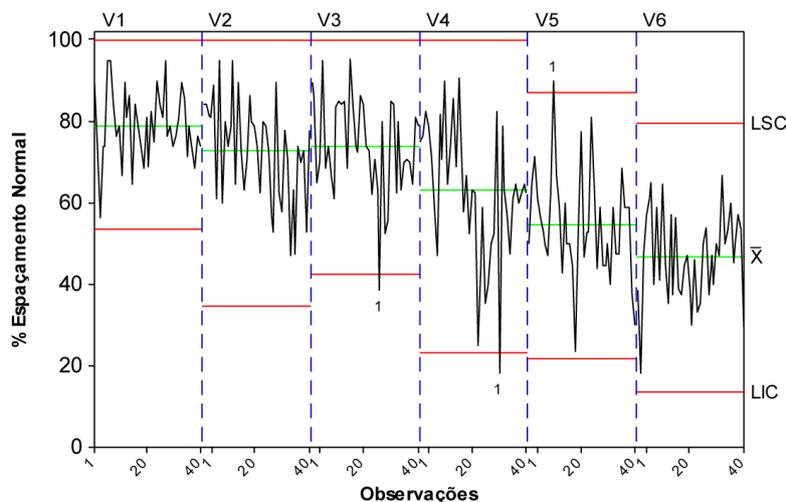
Ainda para o indicador população de plantas, a V6 apresentou a maior variabilidade do processo, indicando assim baixa qualidade da sementeira, assim como a menor média de plantas por hectare. As

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 sementeira (Ormond et al., 2015).

Para espaçamento normal, houve a ocorrência de três pontos fora de controle (V3, V4 e V5) representados na Figura 2, o que indica que o processo foi instável. Dentre esses pontos fora de controle, dois



**Figura 1.** Cartas de controle população de plantas durante a colheita mecanizada de milho em diferentes velocidades. LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle;  $\bar{x}$ : Média dos valores amostrais.



**Figura 2.** Cartas de controle porcentagem de espaçamentos normais durante a colheita mecanizada de milho em diferentes velocidades. LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle;  $\bar{x}$ : Média dos valores amostrais.

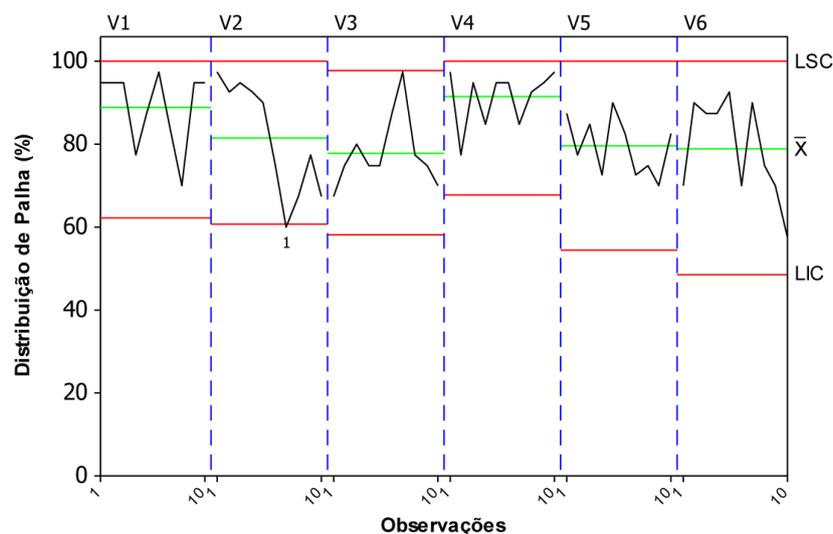
estão evidenciados na run chart (V4 e V5) e podem estar relacionados a causas especiais decorrentes do processo, uma vez que apresentam padrões de agrupamento e tendência, respectivamente. Contudo, a menor variabilidade foi apresentada na V1, assim como para o indicador população de plantas, indicando melhor qualidade do processo. 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).

A maior velocidade proporcionou menor percentual de espaçamentos normais e aumento de espaçamentos múltiplos e falhos e maior coeficiente de variação, assim como relatado por Trogello et al. (2013), em que a uniformidade de distribuição de sementes variou significativamente apenas para as diferentes velocidades de operação; ressalta-se que a menor velocidade ( $4,5 \text{ km h}^{-1}$ ) apresentou as menores porcentagens de espaçamentos falhos e duplos

e a maior porcentagem de espaçamento aceitável, em comparação com a velocidade de  $7,0 \text{ km h}^{-1}$ .

Na distribuição de palha (Figura 3) para a velocidade V2, houve a presença de um ponto abaixo do limite inferior de controle, indicando instabilidade do processo, o que já era esperado pelo fato de o indicador distribuição de palha ter apresentado tendência e agrupamento de acordo com as run charts. A ocorrência desse ponto fora dos limites de controle pode ser atribuída a algum fator externo à operação, que deve ser detectado e posteriormente eliminado do processo, sendo eles caracterizados pelos 6 Ms: máquina, mão-de-obra, matéria-prima, método, medição e meio ambiente.

A velocidade 4 apresentou processo com menor variabilidade e também o maior valor médio de distribuição de palha, indicando assim melhor qualidade no processo. Toledo et al. (2008), trabalhando com qualidade no processo de distribuição de palha na colheita de soja, encontraram processo controlado, porém com tendência a maior variabilidade, que pode ter sido influenciada pelo relevo mais inclinado.



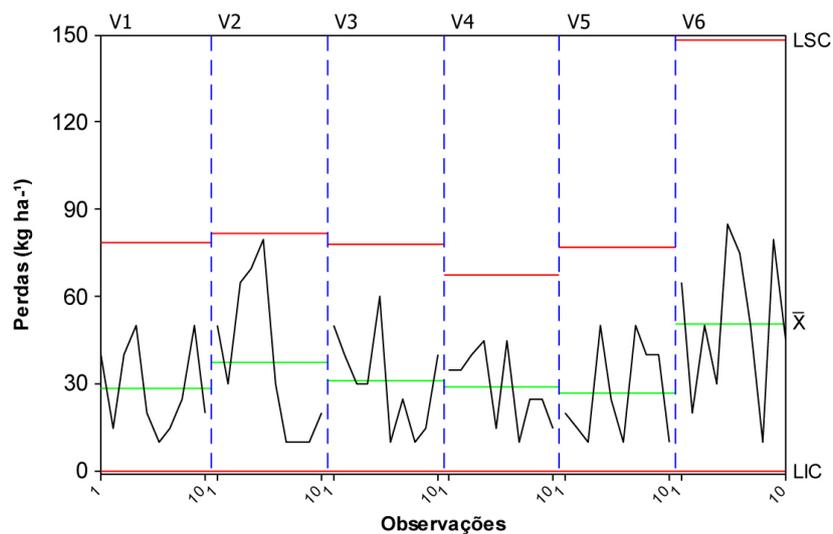
**Figura 3.** Cartas de controle para distribuição de palha durante a colheita mecanizada de milho em diferentes velocidades. LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle;  $\bar{x}$ : Média dos valores amostrais.

Para os parâmetros de colheita, tanto no indicador de qualidade distribuição de palha quanto no de perdas (Figuras 3 e 4), o processo apresentou melhor qualidade na V4, mantendo os pontos dentro dos limites de controle, indicando maior taxa de distribuição de palha na área. Assim como na carta de população de plantas, a V4 obteve qualidade no processo, ou seja, uma população adequada de plantas influencia na distribuição final de palha.

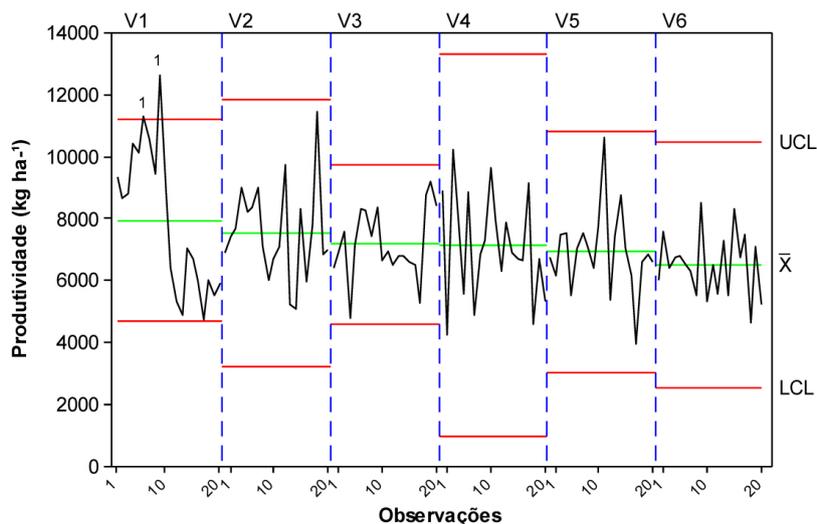
Observa-se, para o processo de perdas na colheita, que, apesar da alta variabilidade encontrada, todas as velocidades avaliadas apresentaram processo estável. Para a V4, observa-se a menor variabilidade do processo (Figura 4), indicando que os pontos coletados estavam mais próximos às médias, o que caracteriza uma melhor qualidade da operação. Todos os índices avaliados, tanto as perdas quantitativas como os valores qualitativos, se encontraram dentro dos limites de controle estatísticos, o que permite se atribuir qualidade e confiabilidade à operação de colheita mecanizada de sementes (Cassia et al., 2015).

As perdas na colheita apresentaram alta variabilidade no processo, assim como os resultados encontrados por Compagnon et al. (2012), utilizando as cartas de valores individuais e de variação do processo na colheita de soja, quando constataram também a elevada variabilidade das perdas totais no decorrer desta operação.

Em relação à produtividade (Figura 5), a velocidade V3 (aproximadamente  $6,0 \text{ km h}^{-1}$ ) apresentou processo estável, sem a presença de pontos abaixo ou acima dos limites inferior e superior de controle, demonstrando melhor qualidade em relação aos outros processos. Conforme evidenciado por Mello et al. (2007), que encontraram maior produtividade com a velocidade de  $5,4 \text{ km h}^{-1}$ ; os mesmos inferiram que o aumento da velocidade do conjunto trator-adubadora-semeadora, na operação de semeadura, causou menor percentagem de espaçamentos normais entre as sementes e menor produtividade de de grãos.



**Figura 4.** Cartas de controle para perdas da colheita durante a colheita mecanizada de milho em diferentes velocidades. LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle;  $\bar{x}$ : Média dos valores amostrais.



**Figura 5.** Cartas de controle para produtividade durante a colheita mecanizada de milho em diferentes velocidades. LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle;  $\bar{x}$ : Média dos valores amostrais.

A maior média de produtividade foi obtida na velocidade V1 ( $2,0 \text{ km h}^{-1}$ ). Porém, nota-se a presença de pontos fora do limite superior de controle, tornando o processo instável. É possível observar que os pontos estão muito distantes da média de produtividade para esta velocidade; este fato pode ser atribuído a causas especiais, relacionadas a maior quantidade de plantas na parcela e também a maior porcentagem de espaçamentos normais. Um processo pode ser definido como qualquer combinação dos fatores mão-de-obra, matéria-prima, métodos, medição, máquinas e ambiente, que colaboram e interagem, de certa forma, para atingir a qualidade de determinado produto ou serviço (Samohyl, 2009).

### Conclusões

A maior velocidade (V6) apresentou pior qualidade no processo, tanto para os fatores de semeadura quanto para perdas e distribuição de palha na colheita.

Para os parâmetros de semeadura, conforme se aumentava velocidade de trabalho, ocorreu um decréscimo na porcentagem de espaçamentos aceitáveis. E também houve uma redução no nível de qualidade do processo para os parâmetros de colheita.

### Referências

- CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; ZAGO, M. S. Perdas na colheita mecanizada de soja no triângulo mineiro. **Revista Nucleus**, v. 3, n. 1, p. 89-94, 2005.
- CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P. da; ZERBATO, C.; LIMA, P. H. de. Monitoramento da operação de colheita mecanizada de sementes de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1209-1214, 2015. DOI: [10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1209-1214](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1209-1214).
- CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P. da; NORONHA, R. H. D. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. D. Perdas de

- grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p. 112-121, 2012. DOI: [10.1590/S0006-87052012005000003](https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000003).
- COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M. A. Comparação de métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 3, n. 3, p. 215-233, 2012.
- CUNHA, J. P. A. R.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C. A. A. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 37-42, 2009.
- 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. **Revista INGEPRO**, v. 3, n. 6, p. 1-10, 2010.
- JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPTÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIAL, C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011. DOI: [10.1590/S0100-69162011000100010](https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000100010).
- KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989. DOI: [10.1590/S0006-87051989000200011](https://doi.org/10.1590/S0006-87051989000200011).
- LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Washington, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.
- MELLO, A. J. R.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; BORSATTO, E. A. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 479-486, 2007. DOI: [10.1590/S0100-69162007000300017](https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000300017).
- MINITAB. **MINITAB release 16**: meet MINITAB 16: MINITAB statguide: MINITAB help. Philadelphia, 2007.
- MESQUITA, C. de M.; COSTA, N. P. da; MANTOVANI, E. C.; ANDRADE, J. G. M. de; FRANCA NETO, J. B.; SILVA, J. G. da; FONSECA, J. R.; PORTUGAL, F. A. F.; GUIMARÃES SOBRINHO, J. B. **Manual do produtor**: como evitar desperdícios nas colheitas de soja, do milho e do arroz. 2. ed. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1998. 32 p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 112; Embrapa-CNPMS. Documentos, 11; Embrapa-CNPAP. Documentos, 87).
- ORMOND, A. T. S.; VOLTARELLI, M. A.; PAIXÃO, C. S. S.; GÍRIO, L. A. da S.; ZERBATO, C.; SILVA, R. P. da. Características agrônômicas da soja em semeadura convencional e cruzada. **Revista Agro@ ambiente**, Boa Vista, v. 9, n. 4, p. 414-422, 2015. DOI: [10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2706](https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2706).
- PISHGAR-KOMLEH, S. H.; KEYHANI, A.; MOSTOFI-SARKARI, M. R.; JAFARI, A. Assessment and determination of seed corn combine harvesting losses and energy consumption. **Agriculture**, n. 54, p. 12631-12637, 2013.
- PORTO, A. P. F.; VASCONCELOS, R. C. de; VIANA, A. E. S.; ALMEIDA, M. R. S. de. Variedades de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista - BA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 208-214, 2011. DOI: [10.5039/agraria.v6i2a924](https://doi.org/10.5039/agraria.v6i2a924).
- SAMOHYL, R. W. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 288 p.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 61-69, 2013.

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**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.

[DOI: 10.1590/S0100-69162008000400011](https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400011).

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura

direta da cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 101-109, 2013.

[DOI: 10.1590/S0006-87052013005000016](https://doi.org/10.1590/S0006-87052013005000016).

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P. da; ZERBATO, C.; PAIXÃO, C. S. S. Monitoramento das perdas no processo de colheita mecanizada de tomate industrial. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 315-325, 2015.

[DOI: 10.13083/1414-3984/reveng.v23n4p315-325](https://doi.org/10.13083/1414-3984/reveng.v23n4p315-325).