

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO A SEMEADURA MECANIZADA DE MILHO**MATHEUS ANAAN DE PAULA BORBA¹, ANTONIO TASSIO SANTANA ORMOND², MAILSON FREIRE DE OLIVEIRA³, ALINE SPAGGIARI ALCÂNTARA⁴, CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI⁵**¹ Eng. Agron. Mestrando, UNESP-Jaboticabal, (16) 997029284, matheuspborba@gmail.com² Eng. Agríc. Doutorando, UNESP-Jaboticabal, (16) 981304982, tassiormond@gmail.com³ Eng. Agron. Mestrando, UNESP-Jaboticabal, (94) 981186455, mailsonagronomia@gmail.com⁴ Eng. Agron. Mestranda, UNESP-Jaboticabal, (16), alinespaggiari@gmail.com⁵ Prof. Doutor, UNESP-Jaboticabal, (16) 32097830, furlani@fcav.unesp.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O controle estatístico de processo é uma ferramenta com base estatística, de auxílio ao controle de qualidade das etapas de um processo, que expressa os resultados graficamente de forma sequencial, com o intuito de verificar e corrigir falhas que foram encontrados no processo de semeadura. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do processo de semeadura mecanizada na cultura do milho. O experimento foi desenvolvido na FEPE da UNESP/Jaboticabal, SP, sendo as amostras coletadas ao longo do tempo, de acordo com as premissas do controle estatístico de processo, utilizando as “run charts” para detectar padrões não aleatórios, complementando as cartas de controle. Foi utilizado uma semeadora-adubadora de 0,45m de espaçamento entrelinhas, com uma densidade populacional de 55.000 sementes h⁻¹. Foram utilizados como indicadores de qualidade: massa de 1.000 grãos, número de fileiras, número de grãos e produtividade. As cartas de controle para os indicadores de qualidade da massa de 1.000 grãos, número de fileiras e número de grãos permaneceram dentro de ambos os limites de controle, indicando um processo estável. Por outro lado, a carta de produtividade apresentou um ponto fora de controle, indicando um processo instável. Este ponto está atribuído ao meio ambiente, por apresentar uma desuniformidade na área.

PALAVRAS-CHAVE: gráficos sequenciais, produtividade, *Zea mays L.*

STATISTICAL CONTROL OF PROCESS APPLIED TO MACHINED SOWING OF CORN

ABSTRACT: Statistical control of the process is a statistically based tool to aid in the quality control of the stages of a process, which expresses the results graphically in a sequential way, to verify and correct failures that were found in the sowing process. Therefore, the objective of this study was to evaluate the quality of the mechanized sowing process in the maize crop. The experiment was developed at the FEPE of UNESP/Jaboticabal, SP, and the samples were collected over time according to the premises of the statistical process control, using the run charts to detect non-random patterns, complementing the control charts. A 0,45 m seeder-fertilizer between rows was used, with a population density of 55.000 h⁻¹ seeds. We used as indicators of quality: mass of 1.000 grains, number of rows, number of grains and productivity. The control charts for the indicators of grain quality of 1.000 grains, number of rows and number of grains remained within both control limits, indicating a stable process. On the other hand, the productivity chart showed a point out of control, indicating an unstable process. This point is attributed to the environment, because it presents a disparity in the area.

KEYWORDS: Sequential graphs, productivity, *Zea mays L.*

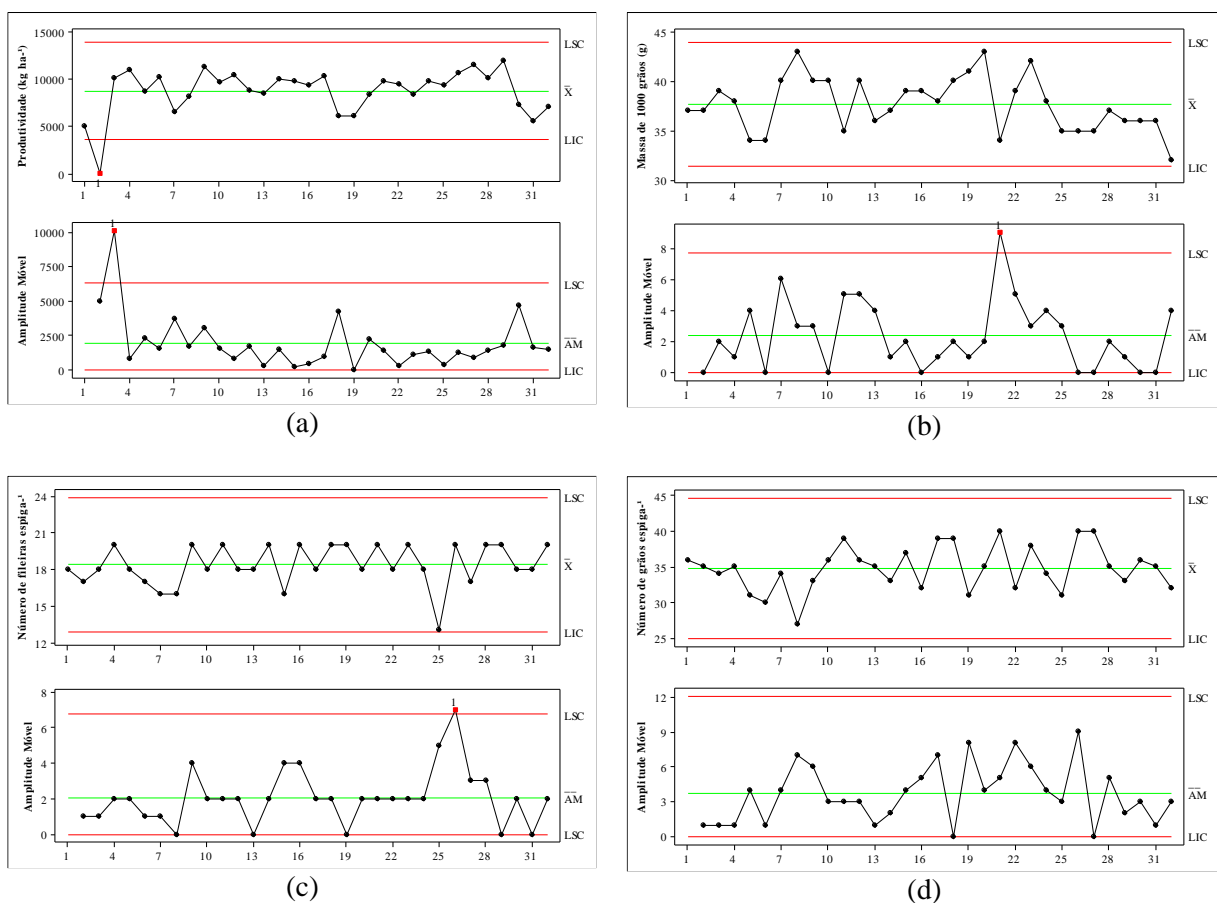
INTRODUÇÃO: Na primeira safra 2016/17 a estimativa prevista foi de 227,93 milhões de toneladas de milho, crescimento de 22,1% em relação à safra 2015/16, o que equivale a 41,32 milhões de toneladas. A área plantada foi estimada de 60,1 milhões de hectares, um crescimento previsto de 3%

se comparada com a safra 2015/16. Já para o milho segunda safra 2016/17 (chamada de “safrinha”), a estimativa de produção é de 61,60 milhões de toneladas cultivadas em 11,52 milhões de hectares (CONAB, 2016). O grande lapso da produtividade média em lavouras, e que apresenta condições de alto manejo, pode ser indicada a diversas causas como genótipos que não são adaptados à região de cultivo, épocas de semeaduras não favoráveis, escolha inapropriada de arranjos de plantas, uso de baixas doses de fertilizantes ou o uso de genótipos de baixo potencial produtivo (SANGOI et al., 2010). Sendo assim, é de extrema importância a escolha do espaçamento entre linhas de semeadura e densidade populacional, pois são esses fatores que ditam o aproveitamento de água, luz e nutrientes para a cultura, para que a mesma possa demonstrar seu potencial fisiológico total (PENARIOL et al., 2003). Neste sentido, objetivou-se por meio do controle estatístico de processo, avaliar a qualidade do processo de semeadura mecanizada na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi instalado de janeiro a maio de 2016 na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, no Câmpus de Jaboticabal, SP, localizado próximo às coordenadas geográficas 21°14'54" S e 48°16'51" W, com altitude e declividade médias de 568 metros e 4%, respectivamente, onde o relevo é definido como suave ondulado. A cultura do milho (*Zea mays L.*) foi implantada em Sistema Plantio Direto (SPD) utilizando-se o híbrido simples P3456H da Pioneer. A adubação mineral, no sulco de semeadura, foi com 350 kg ha⁻¹ da fórmula comercial (08-28-16). A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas de milho estiverem no estágio V4, utilizando-se 120 kg de KCl ha⁻¹ e 300 kg de uréia ha⁻¹. Três dias após a semeadura foram aplicados 1,2 L ha⁻¹ de Paraquat (200g L⁻¹) para eliminação das plantas daninhas germinadas, e após esse período, foi aplicado 2,0 litros ha⁻¹ de Atrazina para eliminação das plantas latifoliadas. O delineamento estatístico utilizado foi baseado na ótica do controle de qualidade, na qual as amostras foram coletadas ao longo do período de semeadura. Foram avaliados como indicadores de qualidade os seguintes parâmetros: - Massa de 100 grãos: foram realizadas a contagem ao acaso de oito repetições de 100 grãos, que tiveram suas massas determinadas e ajustadas para 13% de teor de água, possibilitando estimar assim a massa de 100 grãos; - Produtividade de grãos (kg ha⁻¹): foram coletadas espigas da área útil de cada parcela e trilhadas com auxílio de trilhadora mecânica. Os grãos foram separados, pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, e os valores extrapolados para kg ha⁻¹; - Número de fileiras de grãos por espiga: contagem do número de fileiras de grãos por espiga, considerando 10 plantas e calculada a média (TEIXEIRA e COSTA, 2010); - Número de grãos por fileira: contagem do número médio de grãos por fileira, considerando 10 espigas (TEIXEIRA e COSTA, 2010). Os dados foram analisados por meio do controle estatístico de processo (CEP), onde foram elaboradas as cartas de controle de valores individuais, amplitude móvel e “run charts”, por meio do sistema computacional MINITAB 16®. As cartas de controle utilizadas apresentam três linhas, sendo que a linha central representa a média geral, enquanto que as outras duas linhas representam os limites superior e inferior de controle (LSC, LIC), respectivamente, calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio-padrão, quando maior que zero), indicando que se o processo estiver estável (dentro dos limites superior e inferior de controle), os pontos estarão entre as duas linhas. Se os pontos estiverem fora de ambos os limites de controle, o processo é chamado de instável e pode ser explicado por meio dos fatores 6 M's (máquina, mão-de-obra, medida, método, matéria-prima e meio), buscando eliminar as causas responsáveis por essa variação (MONTGOMERY, 2009). A utilização dos gráficos sequenciais (“run charts”) é uma ferramenta importante para acompanhar a continuidade do processo ao longo do tempo, sendo um complemento das cartas de controle de valores individuais, por meio das detecções de padrões de não-aleatoriedade bem como alterações no comportamento dos mesmos. Por outro lado, também é uma maneira de verificar a variabilidade dos resultados (MINITAB, 2007), podendo o processo permanecer ou não previsível e, caso seja necessário, mudanças ou alterações no decorrer do processo devem ser realizadas para sua melhoria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Pelas cartas de controle nota-se para todos os parâmetros avaliados que situaram dentro dos limites específicos de controle, exceto para o indicador produtividade, apresentando um processo instável, ou seja, havendo um ponto fora de controle, que pode estar

atribuído devido à alta infestação de plantas daninhas neste local (fator meio ambiente). Na média, a produtividade (Figura 1.a) foi em torno do equivalente a 145,2 sacas ha^{-1} e/ou 8711 kg ha^{-1} , apesar de apresentar um ponto fora de controle, não houve alta variabilidade dos dados, ou seja, obtendo um processo de qualidade. Conforme as cartas de controle para a massa de 1000 grãos (Figura 1.b), o processo apresenta alta variabilidade, sendo um processo de baixa qualidade. Na figura 1.c, nota-se que na média foram 18,4 fileiras espiga⁻¹, com um ponto bem próximo ao LIC que pode estar atribuído, neste ponto, por menor interceptação de raios solares, prejudicando assim o desenvolvimento da espiga (fator meio ambiente). Para as cartas de controle para número de grãos espiga⁻¹ (Figura 1.d), há alta variabilidade dos dados, indicando um processo de baixa qualidade, com média de 34,8 grãos espiga⁻¹. Analisando as cartas de controle para amplitude móvel, nota-se que todos os parâmetros avaliados indicaram um processo instável, ultrapassando o LSC, indicando grandes variabilidades no decorrer dos processos, ou seja, processo de menor qualidade. Estes pontos fora de controle podem estar atribuídos devido ao fator meio ambiente, como: quantidade elevada de palhada no momento da semeadura, alta infestação de plantas daninhas, buracos na área, entre outros.



LSC: Limite Superior de Controle; LIC: Limite Inferior de Controle; \bar{X} : média; AM: Amplitude Móvel.

Figura 1. Cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel para os seguintes indicadores: produtividade (kg ha^{-1}) – (a), massa de 1000 grãos (g) – (b); número de fileiras espiga⁻¹ – (c) e número de grãos espiga⁻¹ – (d).

Para os gráficos sequenciais (Tabela 1), para todas as variáveis analisadas, não indicaram valores significativos, ou seja, para todos os tipos (agrupamento, mistura, tendência e oscilação) não apresentaram padrões de não aleatoriedade, as variáveis apresentaram valores de $p > 0,05$, o que indica que são completamente aleatórias e inerentes a estes processos.

Tabela 1. Valores padrões de probabilidade dos gráficos sequenciais para os seguintes indicadores: produtividade (kg ha⁻¹), massa de 1000 grãos (g); número de fileiras espiga⁻¹ e número de grãos espiga⁻¹.

	IQ ¹	A ^{**}	M	T	O
Produtividade (kg ha ⁻¹)		0,500 ^{ns}	0,500 ^{ns}	0,667 ^{ns}	0,333 ^{ns}
Massa de 1000 grãos (g)		0,016 ^{ns}	0,984 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,995 ^{ns}
Número de fileiras espiga ⁻¹		0,981 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,667 ^{ns}	0,333 ^{ns}
Número de grãos espiga ⁻¹		0,500 ^{ns}	0,500 ^{ns}	0,194 ^{ns}	0,806 ^{ns}

**A - Agrupamento; M- Mistura; T - Tendência; O - Oscilação. ^{ns}- não significativo a p > 0,05; *Significativo a p < 0,05.

CONCLUSÕES: O processo se manteve sob controle para a maioria dos indicadores avaliados, indicando que os dados ficaram próximos as médias encontradas apontando, assim, uma boa qualidade do processo.

REFERÊNCIAS:

CONAB – Companhia Nacional De Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira De Grãos, v. 4, n.7 safra 2016/17, abril 2017. ISSN: 2318-6852.

MINITAB. MINITAB Release 16: Meet MINITAB 16. MINITAB StatGuide; MINITAB Help. [S.l.]: Minitab., 2007.

MONTGOMERY, D.C. Control charts for variables. In: MONTGOMERY D.C. (ed) Introduction to statistical quality control, Arizona: 6rd edn. Wiley, 2009. p. 226-268.

PENARIOL, F. G. et al. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre-linhas e densidades populacionais, na safrinha. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 02, n. 02, p. 52-60, 2003.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho. Lages: Graphel, 64p., 2010.

TEIXEIRA, F. F.; COSTA, F. M. Caracterização de recursos genéticos de milho. Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 2010.