

QUALIDADE DA OPERAÇÃO DO PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE RUN-CHARTS

PEDRO HENRIQUE DE LIMA¹, MURILO APARECIDO VOLTARELLI², CRISTIANO ZERBATO³, VICENTE FILHO ALVES SILVA⁴, ROUVERSON PEREIRA DA SILVA⁵

¹ Graduando em Agronomia, Univ Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural, Jaboticabal – SP. email: pedrohenrique-lima@hotmail.com

² Doutorando, Msc. Eng. Agrônomo, Univ Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural, Jaboticabal – SP. e-mail: murilo_voltarelli@hotmail.com

³ Doutorando, Msc. Eng. Agrônomo, Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural, Jaboticabal – SP. email: cristianozerbato@hotmail.com

⁴ Prof. Msc. Eng. Agrônomo, Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas – PA. email: vicente.silva@ufra.edu.br

⁵ Prof. Dr. Eng. Agrícola, Univ Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural, Jaboticabal – SP. e-mail: rouverson@fcav.unesp.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O plantio mecanizado de cana-de-açúcar está em crescente expansão no Brasil devido à maior operacionalidade e às melhores condições de trabalho proporcionadas aos operadores das máquinas. Neste contexto, objetivou-se avaliar a qualidade da operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar, por meio do controle estatístico de processo. O plantio mecanizado foi realizado em área agrícola do município de Monte Alto - SP, e o delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, totalizando 80 pontos amostrais (repetições), sendo 40 pontos para o sulco esquerdo e 40 pontos para o sulco direito no período diurno da operação. Os indicadores de qualidade avaliados foram: número de rebolos m^{-1} , número de gemas totais m^{-1} , número de gemas viáveis m^{-1} , % gemas viáveis, consumo de mudas ($Mg\ ha^{-1}$). O padrão não aleatório de oscilação não foi encontrado para nenhum dos indicadores de qualidade. O número de rebolos m^{-1} e o consumo de mudas ($Mg\ ha^{-1}$) apresentou somente padrões de aleatoriedade, podendo o processo ser considerado aleatório pela ótica desta ferramenta da qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: controle de qualidade, mecanização, *Saccharum* spp., padrões de aleatoriedade.

QUALITY OF OPERATION OF MECHANIZED PLANTING OF SUGARCANE THROUGH OF RUN-CHARTS

ABSTRACT: The mechanized planting of sugarcane is becoming increasingly widespread in Brazil due to higher operation and better working conditions offered to machine operators. In this context, we aimed to evaluate the quality of operation of mechanized planting of sugarcane, through statistical control process. The mechanized planting was carried out in the agricultural area of the municipality of Monte Alto - SP, and statistical design was completely randomized, totaling 80 sampling points (replicates), 40 points for the left groove and 40 points for the right groove in the daytime operation. The quality indicators were evaluated: number of wheels m^{-1} , the total number of buds m^{-1} , number of viable buds m^{-1} % viable buds, bullets consumption ($Mg\ ha^{-1}$). The non-random pattern of variation was not found for any of the quality indicators. The number wheels m^{-1} and bullets consumption of ($Mg\ ha^{-1}$) had only patterns of randomness, the process can be considered aleatory by the optical quality of this tool.

KEYWORDS: Quality control, mechanization, *Saccharum* spp., random patterns.

INTRODUÇÃO: A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) continua em grande expansão no Brasil, uma vez que o setor sucroalcooleiro brasileiro vem crescendo a cada ano, devido a grande demanda pelo etanol sendo um substituto ao combustível fóssil e também ao bom preço do açúcar no mercado externo, tendo assim grande importância econômica e social. Com base nestas premissas, o sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar vem se mostrando uma técnica crescente na expansão e na renovação dos canaviais, substituindo em boa parte a mão-de-obra que por lei está proibida para o plantio manual e semi-mecanizado, devido as condições inadequadas de trabalho que o operário se submete, e pela maior operacionalidade do conjunto mecanizado na qual pode trabalhar durante o dia e a noite. Aliado a expansão do plantio mecanizado de cana-de-açúcar, o uso do controle estatístico nesta operação agrícola é fundamental, pois o mesmo pode-nos mostrar uma visão de como o processo está ocorrendo, detectar eventuais falhas e pode ainda indicar possíveis melhorias para a operação com o objetivo de aumentar a qualidade das mesmas. Porém, quando se utiliza o controle estatístico de qualidade umas das ferramentas menos utilizadas é análise realizada pelas run-charts que conferem valores padrões de aleatoriedade para o monitoramento das amostras ao longo do tempo, permitindo verificar o comportamento não comum do conjunto de dados.

Diante o exposto, pressupondo-se que a qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar seja influenciado pelo comportamento não-aleatórios do conjunto de dados ao longo do tempo, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar no período diurno da operação, por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se como ferramenta para análise os valores padrões as run-charts.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em área da Fazenda Tijuco, no município de Monte Alto – SP, nas proximidades das coordenadas geodésicas: Latitude 21°16' 42" S e Longitude 48°24'21" O, com altitude média de 620 metros, declividade média de 6% e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen. Foram realizadas amostragens do solo para determinação da classe textural, obtendo-se como resultado quantidades de 78% de areia, 6% de silte e 16% de argila, sendo assim classificado como textura média. A variedade de cana-de-açúcar cultivada foi RB83-5054 sendo apta à colheita mecanizada e apropriada a solos com média fertilidade.

Realizou-se o plantio mecanizado de cana-de-açúcar em março de 2012 por meio do conjunto trator-plantadora, composto por um trator da marca John Deere 4 x 2 TDA, modelo 7715 SAE J serie 350 com potência de 134,0 kW (182 cv) no motor a 2.200 rpm, 6 cilindros, com taxa de compressão 17:1, rodados dianteiros 600/65R28 e traseiros 710/70R38, ambos R1W, e uma plantadora de cana picada (acoplada a barra de tração do trator) de 2 fileiras, modelo PTX 7010 com capacidade de seis toneladas de mudas para plantio, largura 3,60 metros, rodados 600/50 22.5, hastes sulcadoras espaçadas a 1,50 m.

A área anteriormente ao plantio mecanizado de cana-de-açúcar continha soja, que após sua colheita foi realizada a operação de plantio de mecanizado sem ocorrer previamente o preparo do solo. A caracterização da quantidade de cobertura vegetal de palha de soja foi realizada pela coleta de dez pontos aleatórios na área, após a operação de colheita, e o valor estimado foi de 938,03 kg ha⁻¹. A regulagem da profundidade dos sulcos foi realizada a 30 cm uma vez que a camada do solo de maior resistência se encontrava a 20 cm de profundidade (aproximadamente 3,0 MPa), detectada por meia da resistência mecânica do solo a penetração, com uso de penetrômetro eletrônico. A caracterização do teor de água do solo foi realizada, por meio da coleta de dez amostras aleatórias, na profundidade de 0-15 e 15-30 cm e os valores encontrados foram de 7 e 5%, respectivamente. O trator operou com a bitola ajustada a 2,70 m e na marcha de trabalho 1B.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, e o período de operação avaliado foi o diurno. O turno de operação escolhido para análise foi das 15 às 23 h, pois neste turno é capaz de se avaliar a operação durante do dia. O turno diurno foi avaliado das 15h30 às 17h30. A malha amostral foi constituída de 80 pontos espaçados 50 x 1,50 m entre eles, sendo 40 pontos avaliados durante o turno diurno, na qual foi realizado a análise individual dos sulcos, sendo 40 repetições para o sulco esquerdo e 40 para o sulco direito. As avaliações da qualidade do plantio constituíram-se por meio dos indicadores de qualidade: número de rebolos m⁻¹, número de gemas totais m⁻¹, número de gemas viáveis m⁻¹, % gemas viáveis, consumo de mudas (Mg ha⁻¹), sendo determinados de acordo com a metodologia descrita por Voltarelli (2013).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se como ferramenta para verificar a aleatoriedade ou não aleatoriedade do processo, nos quais se procura a redução da variabilidade, os gráficos sequenciais (run-charts), que segundo Werkema (2006) é um gráfico de dados ao longo do tempo, utilizado para verificação do processo, permitindo identificar as possíveis presenças de causas especiais de variação, principalmente, quando as cartas de controle são diagnosticadas como estáveis, como todos os pontos dentro dos limites de controle.

De acordo com NHS Scotland (2013), este tipo de gráfico é uma sequência ordenada de dados, com um eixo horizontal centralizado (sendo a mediana mais usada na maioria dos casos). Um gráfico sequencial permite o monitoramento do processo e a identificação do tipo de variação a que o mesmo está submetido ao longo do tempo, pela análise conjunta dos parâmetros sensitivos dos gráficos.

Ainda de acordo com NHS Scotland (2013), o ideal para se criar um gráfico sequencial (Figura 1) é que se tenha um mínimo de 15 pontos amostrais, sendo então possível identificar a ocorrência de causas não aleatórias decorrentes do processo e identificar o padrão existente, podendo ser este padrão classificado como tendência (sequência de sucessivos aumentos ou diminuições nas observações), oscilação (existência de um padrão regular está ocorrendo ao longo do tempo), mistura (ausência de pontos próximos à linha central) e agrupamento (grupos de pontos em uma área determinada gráfico sequencial).

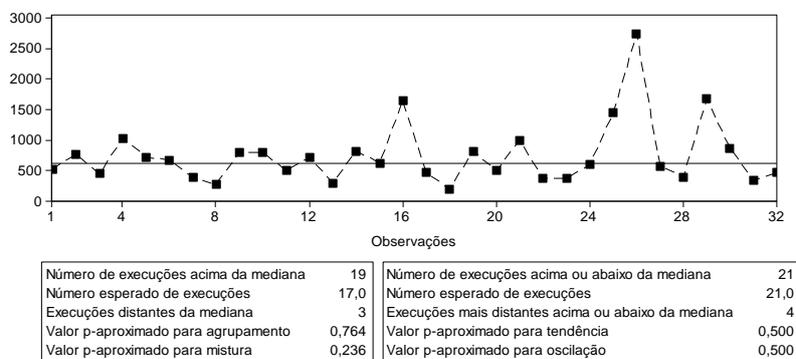


FIGURA 1. Modelo de gráfico sequencial para detectar padrões não-aleatórios.

A verificação da possível aleatoriedade dos dados foi realizada por meio de um teste semelhante ao de probabilidade a 5% e, uma vez que o p-valor para os padrões for inferior a 0,05, rejeita-se a hipótese nula de não aleatoriedade, em favor da alternativa para o padrão testado (MINITAB, 2007).

A ocorrência destes padrões pode indicar que o processo se encontra próximo a extrapolar os limites de controle, ou seja, torna-se instável, ou até mesmo a sua potencial estabilidade. Vale ressaltar que este teste é unilateral e que o padrão é calculado de um único lado da linha central para tendência e oscilação, sendo que para os padrões de agrupamento e mistura estes são calculados em ambos os lados da linha central.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para os indicadores de qualidade número de rebolos m^{-1} e consumo de mudas ($Mg\ ha^{-1}$) não foram encontrados padrões de causas não naturais ou de origem não aleatória para o período diurno da operação em ambos os sulcos (esquerdo e direito) (Tabela 1), bem como para no número total de gemas para o sulco direito. Esta ausência de padrões pode indicar que os dados possuem certa distribuição homogênea de seus valores ao redor da média, podendo, todavia não causar prejuízos à qualidade do processo, uma vez que essa variação aleatória é comum ao mesmo. Há de se notar ainda que não foi detectado nenhum valor padrão de oscilação para todos os indicadores de qualidade relacionados ao plantio, o que torna mais segura a potencial afirmação da concentração de dados se comportando de maneira aleatória em torno da linha central.

Ressalta-se ainda que, as análises das sequencias podem possuir diferentes normas e diretrizes para detectar tais valores padrões, sendo, portanto adequado a sequencia correta para cada situação. Contudo, no que se refere às operações agrícolas mecanizadas estas sequencias ainda não estão bem

elucidadas, e a determinação exata destas sequencia de pontos pode ser limitante a produção, ou ainda para a correta tomada de decisão, para manter ou melhorar o nível de qualidade do produto final.

TABELA 1. Valores padrões de probabilidade dos gráficos sequenciais para os indicadores de qualidade avaliados no plantio mecanizado de cana-de-açúcar no período diurno da operação.

Turno diurno					
Indicadores de qualidade	Sulcos	Padrões			
		A **	M	T	O
Número de rebolos m ⁻¹	Esquerdo	0,17 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}
	Direito	0,50 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Número total de gemas m ⁻¹	Esquerdo	0,37 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,02*	0,98 ^{ns}
	Direito	0,73 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Número de gemas viáveis m ⁻¹	Esquerdo	0,06 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,02*	0,98 ^{ns}
	Direito	0,00*	0,99 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,81 ^{ns}
Gemas viáveis (%)	Esquerdo	0,01*	0,98 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,55 ^{ns}
	Direito	0,00*	0,99 ^{ns}	0,02*	0,98 ^{ns}
Consumo de mudas (Mg ha ⁻¹)	Esquerdo	0,17 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}
	Direito	0,50 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,08 ^{ns}

**A – Agrupamento; M – Mistura; T – Tendência; O – Oscilação; * valores padrões de não aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a $p < 0,05$; ^{ns} valores padrões de aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a $p > 0,05$.

Cassia (2013) utilizando gráficos sequenciais para a detecção de padrões de não aleatoriedade decorrentes do processo de colheita mecanizada de café em plantio circular, também constatou a ocorrência de tendência e agrupamento de seus indicadores de qualidade, situação semelhante ao que ocorreu para o presente trabalho.

CONCLUSÕES: O padrão não aleatório de oscilação não foi encontrado para nenhum dos indicadores de qualidade. O numero de rebolos m⁻¹ e o consumo de mudas (Mg ha⁻¹) apresentou somente padrões de aleatoriedade, podendo o processo ser considerado aleatório pela ótica desta ferramenta da qualidade.

REFERÊNCIAS

- Cassia, M. T. Qualidade da colheita mecanizada de café em plantio circular sob pivô central. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.
- Minitab. MINITAB Release 16: Meet MINITAB 16. MINITAB StatGuide; MINITAB Help. [S.l.]: Minitab., 2007.
- National Healthcare Services Scotland. NHS. Statistical process control: tutorial guide monitoring quality in healthcare. Disponível em: http://www.indicators.scot.nhs.uk/SPC/Statistical_Process_Control_Tutorial_Guide_V5.pdf Acesso em: 30 maio 2013.
- Voltarelli, M. A. Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.
- Werkema, C. Lean seis sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. Belo Horizonte: Werkema, 2006. p. 20-120.