

Avaliação da qualidade do plantio semimecanizado de cana-de-açúcar com controle estatístico de processo

Quality evaluation of semi-mechanized sugarcane planting with statistical process control

Evaluación de la calidad de la siembra de caña de azúcar semimecanizada con control estadístico de procesos

Recebido: 16/03/2021 | Revisado: 26/03/2021 | Aceito: 16/04/2021 | Publicado: 29/04/2021

Luíla Macêdo Lemes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1787-9176>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: luilamacedolemes.lml@gmail.com

Ariel Muncio Compagnon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3133-046X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: ariel.compagnon@ifgoiano.edu.br

Walter José Pereira Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5335-4716>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: pereirafilho123@outlook.com

Felipe José Barbosa Franco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1792-6443>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: felipejose_netto321@hotmail.com

Karoline Raíssa de Souza Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8497-6315>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: karolraissa12@gmail.com

Pedro Henrique Martins Cintra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1517-8720>

Compass Minerals, América do Sul

E-mail: pedrocintra.agro@gmail.com

Resumo

As operações de plantio de cana-de-açúcar são as que demandam maiores cuidados, pois os erros cometidos nesse momento causam prejuízos por todos os ciclos da lavoura. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade do plantio semimecanizado de cana-de-açúcar por meio da sulcação realizada por 2 tratores e 2 variedades de cana-de-açúcar, utilizando o Controle Estatístico de Processo (CEP). O estudo foi desenvolvido na área experimental em parceria do IF Goiano - Campus Ceres com a Usina CRV. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos, compostos por 2 variedades de cana-de-açúcar e 2 tratores com implemento sulcador de duas linhas equipados com piloto automático, sendo 15 repetições por tratamento. As variáveis analisadas foram: profundidade e largura de sulco, paralelismo entre sulcos, altura de cobertura, número e comprimento dos rebolos, gemas totais, viáveis e inviáveis, número de perfilhos, falhas de brotação, altura de plantas e o diâmetro do colmo. Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva e à análise de variância pelo controle estatístico de processo. Para as variáveis relacionadas a sulcação, o trator frota 42 obteve melhores resultados. Quanto às variedades, a SP80-1816 se sobressaiu, juntamente com o trator frota 41 sulco esquerdo para as variáveis voltadas a distribuição, cobertura e índices agronômicos. A variabilidade das variáveis foi alta, sendo recomendado que a usina tenha melhor controle para que o plantio tenha melhor qualidade final.

Palavras-chave: Gemas viáveis; Paralelismo; RB 92579; SP80-1816; Sulcação.

Abstract

The sugarcane planting operations are the ones that require greater care, as the mistakes made at that time cause losses for all crop cycles. Therefore, the objective of the work was to evaluate the quality of the semi-mechanized planting of sugarcane through the furrow carried out by 2 tractors and 2 varieties of sugarcane, using the Statistical Process Control (CEP). The study was carried out in the experimental area in partnership with IF Goiano - Campus Ceres and Usina CRV. The experimental design used was a complete randomized design, with 4 treatments, composed of 2 varieties of sugar cane and 2 tractors with a two-row furrow implement equipped with an autopilot, with 15 repetitions per treatment. The variables analyzed were: depth and width of furrow, parallelism between furrows, height of

covering, number and length of grinding wheels, total, viable and non-viable buds, number of tillers, sprouting failures, plant height and diameter of thatch. The results were discovered by descriptive statistical analysis and analysis of variance by statistical process control. For furrow-related variables, the fleet tractor 42 results in better results. As for the varieties, the SP80-1816 stood out, along with the left 41 furrow tractor for variables aimed at distribution, service and agronomic indexes. The variability of the variables was high, and it is recommended that the plant have the best control so that the planting has the best final quality.

Keywords: Viable buds; Parallelism; RB 92579; SP80-1816; Furrow.

Resumen

Las operaciones de siembra de caña de azúcar son las que demandan mayor cuidado, ya que los errores cometidos en ese momento provocan pérdidas para todos los ciclos de cultivo. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue evaluar la calidad de la siembra semimecanizada de caña de azúcar a través del surco realizada por 2 tractores y 2 variedades de caña de azúcar, utilizando el Control Estadístico de Procesos (CEP). El estudio se realizó en el área experimental en alianza con IF Goiano - Campus Ceres y Usina CRV. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con 4 tratamientos, compuesto por 2 variedades de caña de azúcar y 2 tractores con un implemento de surco de dos hileras equipado con piloto automático, con 15 repeticiones por tratamiento. Las variables analizadas fueron: profundidad y ancho de surco, paralelismo entre surcos, altura de cobertura, número y largo de muelas, yemas totales, viables y no viables, número de macollos, fallas de brotación, altura de planta y diámetro de tallo. Los resultados fueron sometidos a análisis estadístico descriptivo y análisis de varianza por control estadístico de procesos. Para las variables relacionadas con el surco, el tractor fleet 42 obtuvo mejores resultados. En cuanto a las variedades, destacó el SP80-1816, junto con el tractor de 41 surcos izquierdo para variables orientadas a distribución, servicio e índices agronómicos. La variabilidad de las variables fue alta, y se recomienda que la planta tenga un mejor control para que la siembra tenga mejor calidad final.

Palabras clave: Gemas viables; Paralelismo; RB 92579; SP80-1816; Ranurado.

1. Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, tendo grande importância para o agronegócio brasileiro. O aumento da demanda mundial por etanol, oriundo de fontes renováveis, aliado às grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas favoráveis a cana-de-açúcar, tornaram o Brasil um país importante para a exportação dessa commodity. Goiás vem aumentando sua importância no cenário nacional da cultura de cana-de-açúcar, sendo o segundo maior produtor. Entre os fatores que favorecem o incremento da produção está o clima tropical, o fotoperíodo, relevo e topografia (Conab, 2019).

A planta cana-de-açúcar é uma Poaceae semiperene que se desenvolve em forma de touceira, possuindo ciclo econômico de cinco a seis anos. No entanto, quando o plantio realizado é de baixa qualidade, o ciclo é limitado a 3 ou 4 cortes (3 ou 4 anos), minimizando consideravelmente o retorno financeiro e gerando custos desnecessários para a inserção de um novo canavial, antes do previsto (Melo et al., 2018).

Segundo Frazão et al. (2019), dentre as operações envolvidas no sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar, no tradicional plantio semimecanizado, estão as seguintes etapas: sulcação, adubação e cobertura de sulco – mecanizados, e, distribuição, alinhamento e picação das mudas – manuais. O planejamento, execução e avaliação da operação de plantio é o primeiro passo para o bom estabelecimento e desenvolvimento da cultura e demandam maiores cuidados e conhecimentos técnicos (Raveli et al., 2013). Portanto, para se alcançar a produtividade e longevidade esperada do canavial é necessário um bom planejamento, controle e garantia de qualidade nas operações de plantio.

Os fatores que interferem na qualidade do plantio são: época de plantio, escolha da variedade, preparo do solo, densidade, qualidade e idade da muda, paralelismo das linhas de plantio, até o aumento da massa de mudas para compensar falhas de deposição no sulco (Marchiori et al., 2018). O controle da qualidade deve ser feito por meio de um conjunto de procedimentos que promovam serviços e resultados, atendendo às exigências das máquinas e dos processos. A importância de se avaliar o plantio possibilita encontrar, corrigir e eliminar desperdícios e falhas, reduzir custos e aumentar a produtividade, entre outras vantagens que serão acrescidas à competitividade do campo.

Estudar a cultura em seu ambiente de desenvolvimento pode gerar uma enorme quantidade de informações para adequar o melhor manejo e os cuidados específicos para cada ambiente. Assim, é possível explorar ao máximo o local de

produção para promover o melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias da cana-de-açúcar (Damasceno et al., 2017).

Ainda são necessários mais estudos na área de avaliação da qualidade de plantio semimecanizado da cana-de-açúcar, principalmente para o estado de Goiás que se qualifica como o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, mais especificamente para o Vale de São Patrício, que detém cerca de 30% da área total plantada por grandes usinas.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade do plantio semimecanizado de cana-de-açúcar por meio da sulcação realizada por dois tratores e em duas variedades de cana-de-açúcar, utilizando o controle estatístico de processo.

2. Metodologia

O experimento foi realizado no período de abril a julho de 2018, em área de produção comercial da Usina CRV em parceria com o IF Goiano Campus Ceres, no município de Ceres - GO. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 4 tratamentos, sendo os mesmos compostos por duas variedades de cana-de-açúcar (SP80-1816 e RB 92579) e dois tratores com implemento sulcador de duas linhas (espaçadas entre si em 1,5 m), equipados com piloto automático hidráulico marca Trimble com correção de sinal tipo RTX, sendo 15 repetições por tratamento, cada uma composta por amostras das duas linhas do sulcador (direita e esquerda), espaçadas entre si em 30 m no comprimento das linhas.

O teor de água do solo foi medido no momento da sulcação, para caracterização do solo, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997), na faixa de profundidade mobilizada pelos sulcadores (0,00-0,15 e 0,15-0,30 m), com 4 repetições por camada, tendo média de 21,9% na profundidade de 0,00-0,15 m e 16,4% na de 0,15-0,30 m.

Após a sulcação, foram realizadas as medições das variáveis quantitativas profundidade e largura de sulco, com trena, tanto no sulco direito quanto no esquerdo, bem como a distância paralela entre as linhas sulcadas (paralelismo entre sulcos), para determinação do erro do piloto automático utilizado pelo conjunto trator-sulcador.

O número de rebolos foi contabilizado após a distribuição, por contagem direta, em 3 metros nos sulcos de avaliação. O comprimento dos rebolos foi amostrado no mesmo ponto, com a medida direta dos 5 primeiros rebolos encontrados em cada ponto de avaliação.

Contabilizou-se o número de gemas totais por contagem direta nos mesmos rebolos obtidos anteriormente, distribuídos nos 3 m de avaliação, referente aos sulcos de plantio (esquerdo e direito). O número de gemas viáveis também por contagem direta nos mesmos rebolos obtidos para o número de gemas totais, sendo considerada como gema viável aquela que não apresentou danos causados por pragas e doenças, e também possíveis fragmentações, desde a colheita até sua deposição. As gemas inviáveis foram obtidas pela diferença entre as gemas totais e as gemas viáveis, calculando-se assim a porcentagem de gemas danificadas em relação às gemas totais.

Após a cobertura da cana-de-açúcar, avaliou-se a altura de cobertura com auxílio de uma lâmina e paquímetro. Aos 60 dias após plantio, realizaram-se as avaliações do número de perfilhos, com contagem direta, bem como falhas de brotação, nos mesmos 3 m de sulcos (direito e esquerdo), considerando como falha a distância maior ou igual a 0,50 m sem cana-de-açúcar (Stolf, 1986). Ainda foi avaliado a altura de plantas e o diâmetro do colmo, nas 5 primeiras plantas de cada repetição.

Os dados foram processados pelo programa Minitab® e submetidos à análise descritiva para a determinação das medidas de tendência central (média e mediana) e dos coeficientes de variação, assimetria e curtose, para estudar o comportamento das variáveis analisadas. A dispersão foi classificada de acordo com a magnitude do coeficiente de variação (CV), conforme Pimentel-Gomes (2009), sendo baixa para valor de CV menor que 10%; média, quando entre 10 e 20%; alta, quando entre 20 e 30%, e muito alta, se maior que 30%.

A análise da variabilidade foi realizada pelo controle estatístico de processo (CEP). As ferramentas utilizadas foram as

cartas de controle por variáveis, utilizando como indicadores as variáveis anteriormente descritas. Nas cartas, foram definidos os valores médios e os limites superiores (LSC) e inferiores (LIC) de controle, sendo estes últimos definidos pela média geral da variável \pm três vezes o desvio padrão.

Para as variáveis profundidade de sulco e largura de sulco, os indicadores das cartas de controle foram tratores e sulco, enquanto que para o erro de paralelismo foi apenas o trator. Já para número de rebolos, comprimento dos rebolos, gemas totais, viáveis e inviáveis, e porcentagem de danificação, os indicadores foram variedade e sulco. E para altura de plantas, diâmetro do colmo, número de perfilhos e falhas de brotação, os indicadores foram variedade, sulco e os tratores.

3. Resultados e Discussão

Analisando os valores referentes ao coeficiente de variação (Tabela 1), observa-se que as variáveis erro de paralelismo, número de rebolos, comprimento de rebolos, gemas totais, gemas viáveis, gemas inviáveis, porcentagem de danificação, altura de cobrição, número de perfilhos e falhas apresentaram coeficientes de variação alto ou muito alto (Pimentel-Gomes, 2009), indicando grande variabilidade dos dados, ao contrário das demais variáveis, que apresentaram coeficientes médios, demonstrando que também possuem variabilidade, porém menor. Quando os valores dos atributos apresentam alta variabilidade seus valores médios podem não representar o comportamento em toda a área, portanto, a análise espacial se torna importante para planejar, de forma localizada, as ações de manejo (Camargo et al., 2010).

As variáveis gemas totais, número de rebolos, gemas inviáveis, gemas viáveis, porcentagem de danificação, altura de cobrição, número de perfilhos, falhas de brotação e diâmetro de colmo apresentaram distribuições assimétricas de probabilidade devido os coeficientes de assimetria e de curtose serem positivos, caracterizando curvas de distribuições mais alongadas à direita e com maiores afilamentos, respectivamente, podendo ser denominadas como leptocúrticas em relação à curva de distribuição normal, apesar do médio valor de coeficiente de variação para diâmetro de colmo. Coeficientes de curtose positivos indicam maior afilamento da curva de distribuição dos dados, representando que apesar da alta concentração de dados em valores mais baixos, a média sofrerá influência da cauda à direita deslocando-se em sua direção. Nesse caso, haverá mais observações abaixo da média do que acima dela (Artes, 2014).

Além disso, pode-se observar que a variável altura de plantas (Tabela 1) apresentou o valor da média menor que o da mediana, resultando em coeficiente de assimetria negativo, indicando que as curvas de distribuições estão mais alongadas a esquerda em relação à curva de distribuição normal, ou seja, a maior concentração de dados está nos valores mais altos. Ademais, o coeficiente de curtose também apresenta valor negativo, representando menor afilamento das curvas em relação à normal.

Para Voltarelli et al. (2013), o acompanhamento e quantificação dos indicadores de qualidade decorrentes do plantio são essenciais para o processo de produção de cana-de-açúcar independente do comportamento do conjunto de dados, pois os parâmetros da estatística descritiva nem sempre apresentam um conjunto de dados com distribuições simétricas e normais, uma vez que a experiência no gerenciamento dos resultados é o fator diferencial para uma análise de controle estatístico de processo. Schafer et al. (2012) afirmam que independentemente da suposição de normalidade do grupo de dados, torna-se viável a utilização das cartas de controle, visto que a análise e a interpretação do processo devem ser feitas com maior critério para haver melhor confiabilidade dos resultados sobre o nível de qualidade do processo.

A observação do comportamento dos pontos dentro dos limites específicos de controle sobre o processo permite a identificação de amostras fora dos padrões exigidos e, portanto, permite que sejam feitas alterações e ajustes no processo para atender aos requisitos de qualidade e garantir o sucesso do plantio semimecanizado (Cortez et al., 2016).

Tabela 1. Estatística descritiva para as variáveis profundidade de sulco (cm), largura de sulco (cm), erro de paralelismo, número de rebolos, comprimento de rebolos, gemas totais m⁻¹, gemas inviáveis m⁻¹, gemas viáveis m⁻¹, % danificação, altura de cobertura, número de perfilhos m⁻¹, falhas de brotação, altura de planta e diâmetro de colmo.

Média	Mediana	Mínimo	Máximo	A¹	σ²	CV³	Cs⁴	Ck⁵	AD⁶
Profundidade de Sulco (cm)									
26,93	27,00	20,00	33,00	13,00	2,949	10,95	0,06	-0,46	0,563 ^N
Largura de Sulco (cm)									
54,67	55,00	43,00	70,00	27,00	5,64	10,32	0,10	0,22	0,463 ^N
Erro de Paralelismo (m)									
0,04	0,03	0,00	0,12	0,12	0,03	86,94	0,47	-0,88	0,892 ^A
Número de Rebolos									
6,04	4,33	1,66	27,33	25,66	5,42	89,61	2,14	4,69	5,464 ^A
Comprimento de Rebolos (cm)									
89,02	84,70	46,40	156,80	110,40	26,48	29,75	0,57	-0,65	1,356 ^A
Gemas Totais m⁻¹									
24,26	19,33	5,00	90,33	85,33	18,78	77,41	1,78	2,87	4,421 ^A
Gemas Inviáveis m⁻¹									
1,68	1,33	0,00	8,33	8,33	1,84	104,44	2,14	4,47	5,582 ^A
Gemas Viáveis m⁻¹									
22,57	18,00	4,00	88,67	84,67	17,87	79,19	1,86	3,33	4,487 ^A
% Danificação									
7,50	6,50	0,00	31,64	31,64	6,32	84,25	1,47	2,89	1,668 ^A
Altura de Cobrição (cm)									
7,82	8,00	4,00	15,00	11,00	2,12	27,08	0,60	0,87	0,873 ^A
Número de Perfilhos m⁻¹									
10,32	8,83	2,00	24,00	22,00	5,43	52,61	1,02	0,39	2,021 ^A
Falhas de Brotação (%)									
8,30	6,67	0,00	57,14	57,14	10,90	131,28	2,18	6,40	4,505 ^A
Altura de Planta (cm)									
79,21	81,40	42,20	109,00	66,80	13,75	17,36	-0,13	-0,10	0,345 ^N
Diâmetro de Colmo (mm)									
8,74	8,54	42,20	109,00	6,17	1,37	15,68	0,96	1,09	0,990 ^A

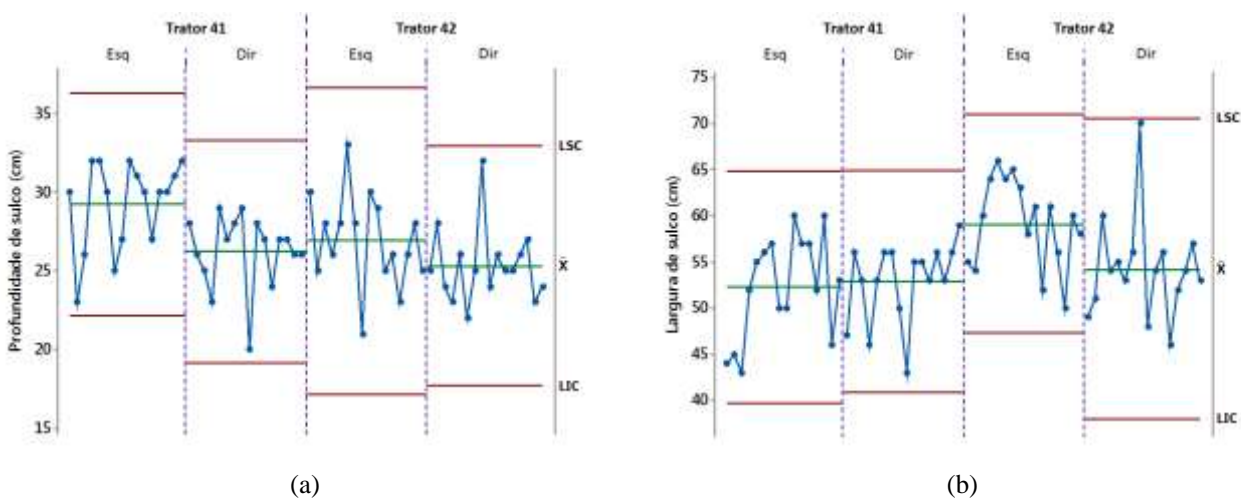
¹A: amplitude; ²σ: desvio padrão; ³CV: coeficiente de variação (%); ⁴Cs: coeficiente de assimetria; ⁵Ck: coeficiente de curtose; ⁶AD: valor do teste de normalidade de Anderson-Darling; ^A: distribuição Assimétrica; ^N: distribuição Normal. Fonte: Autores (2020).

Para profundidade de sulco (Figura 1a), ambos os tratores apresentaram comportamento estável, com médias dentro do intervalo recomendado, de 0,25 m a 0,3 m, além de não ultrapassarem os limites superiores e inferiores de controle. No entanto, o trator frota 42 mostrou-se mais eficiente, porque apesar de apresentar 10 pontos fora do intervalo recomendado, tanto acima quanto abaixo, obteve mais pontos próximos da média, mesmo com maiores amplitudes e diferenças entre o sulco direito e esquerdo, o que não deveria acontecer, já que é um único implemento sulcador, podendo estar relacionado ao desnivelamento transversal ocasionado pela má regulagem do implemento. Esses resultados podem estar associados também a

problemas físicos do solo na área em estudo. Já o trator frota 41, apesar de apresentar menor amplitude para ambos os sulcos, demonstrou haver mais pontos acima ou abaixo do intervalo estabelecido, principalmente para o sulco esquerdo, que obteve maior média e mais pontos acima do recomendado.

De acordo com Coleti e Stupielo (2006), a profundidade de plantio está entre 0,25 e 0,30 m, ou seja, não deve ser maior do que a da profundidade de preparo do solo, para evitar que ocorra o plantio das mudas em solo não revolvido e compactado, que dificultará o desenvolvimento e penetração das raízes, além de evitar o risco de assoreamento causado por profundidades acima de 0,30 m (Frazão et al., 2019). Porém, quando rasos, a deposição dos rebolos será deficiente, prejudicando o desenvolvimento da cultura, principalmente em regiões com poucas chuvas, necessitando de mais uma operação, chamada de recobrição manual (Dojas, 2007).

Figura 1. Cartas de controle para profundidade de sulco (a) e largura de sulco (b).



Fonte: Autores (2020).

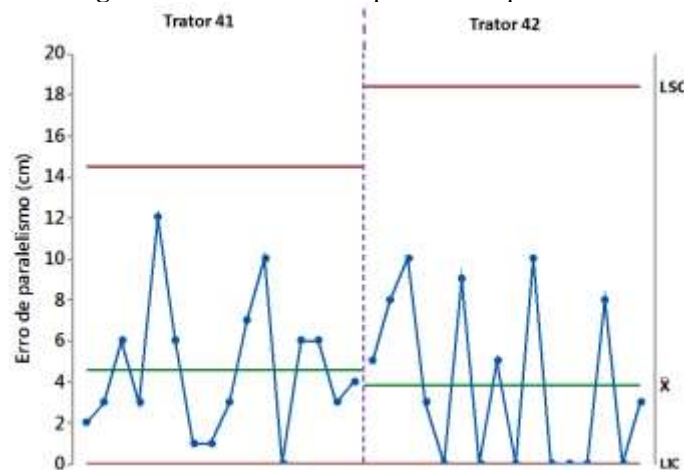
Para largura de sulco (Figura 1b), o trator frota 41 apresentou uma menor variabilidade entre os pontos, no entanto o trator frota 42, embora tenha apresentado maior amplitude entre os pontos, principalmente no sulco direito, e em relação aos sulcos direito e esquerdo do trator frota 41, foi o que obteve melhor resultado para largura de sulco, mais precisamente o lado esquerdo, devido a média estar mais próxima de 0,60 m como o estabelecido pela usina. Para Beauclair e Scarpari (2006), a largura deve ser determinada pela abertura das “asas” do sulcador num ângulo de 45°, com pequenas variações dependendo da textura do solo e com o espaçamento de 1,50 m para evitar o pisoteio das soqueiras. Em relação a diferença de amplitude do trator frota 42 nos sulcos, fica evidente que as “asas” do sulcador utilizado foram mal reguladas, levando a diferenças entre as larguras do lado esquerdo e direito.

Em relação ao erro de paralelismo (Figura 2), o processo manteve-se sobre controle para os dois tratores avaliados, porém o trator frota 42 novamente apresentou melhor desempenho, com sete pontos contendo erro igual a zero, ou seja, este trator apresentou sete pontos com o espaçamento de 1,50 m, considerado ideal, pois evita o pisoteio das soqueiras (Marques & Pinto, 2013). Esses valores fizeram com que a média do trator frota 42 ficasse menor que a do trator frota 41, porém ambas estão dentro do limite de garantia de erro, para um espaçamento adequado. Esse resultado pode estar associado a umidade do solo, pois, durante a sulcação, o solo apresentava alta umidade em alguns pontos, ocasionando maior patinação dos rodados, podendo ter levado a um deslizamento lateral, além do trator poder ter saído do traçado previamente determinado pelo sistema de piloto automático.

Segundo Barros e Milan (2010), espaçamentos inferiores a 1,35 m causam altos índices de pisoteio nas soqueiras

quando a colheita é feita de forma mecanizada, enquanto espaçamentos superiores a 1,5 m acarretam uma diminuição de metros de plantio e consequentemente de área plantada. Espaçamentos irregulares é a variável crítica de maior impacto porque a partir deles aumentam as dificuldades nas operações por causa do alinhamento das máquinas, como: o pisoteio das fileiras e as falhas na pulverização, além de gerar a redução do estande, nas operações de cultivo triplice, colheita e aplicação de herbicidas (Campos et al., 2008).

Figura 2. Carta de controle para erro de paralelismo.



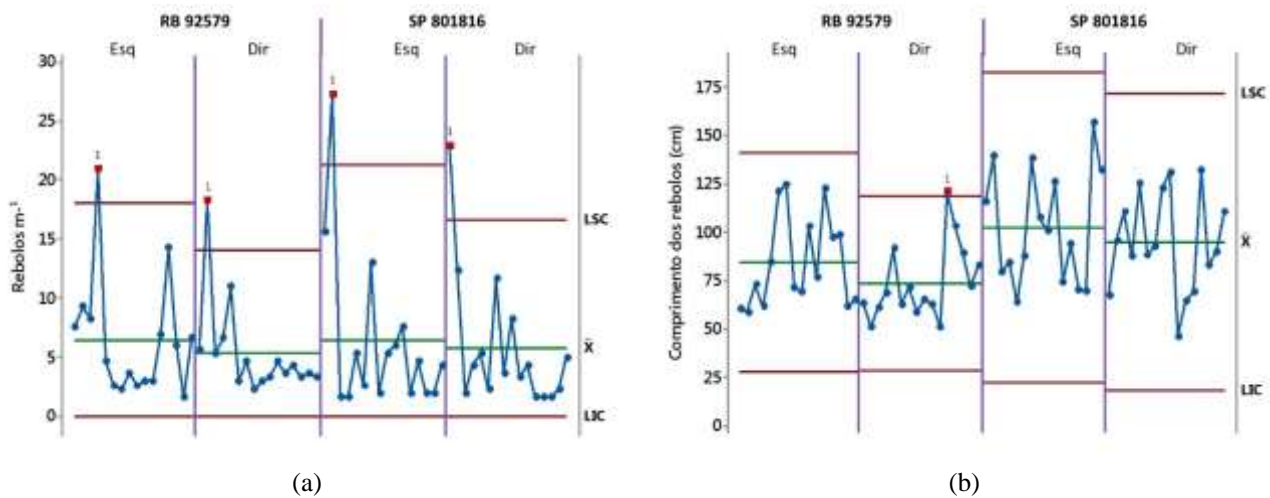
Fonte: Autores (2020).

O erro médio manteve-se com média de aproximadamente 0,04 m nos tratamentos, valor dentro do aceitável pelo fabricante do sistema de posicionamento, garantindo assim um bom paralelismo entre as linhas.

Para o número de rebolos por metro (Figura 3a), a média foi de 6 rebolos por metro, variando de 1,6 a 27,3 rebolos. As duas variedades possuem dois pontos acima dos limites de controle, sendo um ponto em cada sulco, tanto o direito quanto esquerdo, porém, a variedade RB 92579 teve menor variação e o sulco direito apresentou mais pontos próximos da média esperada. De acordo com Janini et al. (2008), a quantidade ideal de rebolos em plantio semimecanizado é de 7,3 rebolos por metro para se obter um comportamento satisfatório, demonstrando dessa forma que para os dois sulcos e as duas variedades adotadas, a maioria dos valores estão tanto abaixo quanto acima do esperando. O fracionamento é realizado para garantir uma melhor porcentagem de brotação, pois rebolos com maior número de gemas têm porcentagem de brotação diminuída em decorrência da dominância apical (Raveli et al., 2013).

No comprimento de rebolos (Figura 3b), a média ficou entre 0,74 e 1,05 m, valores muito acima do ideal devido ao fator de dominância apical. Damasceno et al. (2017) adota valores de comprimento de rebolos equivalentes a 0,40 e 0,45 m, já que rebolos muito compridos apresentam um maior número de gemas. Segundo Gheller (1995), o seccionamento dos colmos em rebolos de 3 gemas é uma recomendação e aplicação tradicional no Brasil, como também em todo o mundo canavieiro, fundamentado no efeito da dominância. Este fator é ativo em colmos inteiros e em qualquer secção de colmo com mais de uma gema, pois assim que ocorre a brotação, esta induz a formação de auxina, fazendo com que as demais gemas não brotem ou o façam com atraso, o que resulta numa menor porcentagem de brotação, quando comparada com o uso de rebolos com menor número de gemas.

Figura 3. Cartas de controle para número de rebolos m^{-1} (a) e comprimento dos rebolos (b).



Fonte: Autores (2020).

Entretanto, Dillewinjn (1952) considera que em condições de plantio menos favoráveis, o tamanho do rebolo deve ser aumentado, e em condições favoráveis de crescimento, é preferível plantar rebolos de menores comprimentos, pois o tamanho dos rebolos vai influenciar a quantidade de reserva energética disponível para a gema. Além disso, quanto maior o internódio, melhor é a germinação e o desenvolvimento do broto, pois a gema utiliza das reservas do rebolo para emergir e, quanto maior a quantidade de reserva, mais rapidamente a gema brotará e mais vigoroso será o broto emerso (Raveli et al., 2013). Rocha (1984) conclui que rebolos de 3 gemas formam touceiras mais vigorosas com um maior número de colmos e que os colmos gerados são mais altos, de maior diâmetro e massa.

A partir disto, a variedade RB 92579 foi a que se sobressaiu, sendo que o sulco direito, embora tenha apresentado um ponto fora de controle, apresentou média e amplitude menor que as demais com pontos próximos dos parâmetros estabelecidos por Damasceno et al. (2017), seguida pelo sulco esquerdo da mesma, enquanto a variedade SP 801816 teve uma alta amplitude se comparada a variedade RB 92579 (quase o dobro), devido à alta variabilidade entre os pontos dos dois sulcos, além de apresentar média superior.

As gemas totais por metro de sulco (Figura 4a), tiveram média de 24,2 gemas, com variação de 5 a 90,3 gemas. O sulco direito da variedade SP 801816 foi o que apresentou menor média e menor amplitude, porém, dois pontos acima do Limite Superior de Controle (LSC), bem como o sulco esquerdo da mesma variedade. Os demais tratamentos tiveram média superior e muito próximas umas das outras. Destaca-se que, em muitos pontos amostrados, os valores foram abaixo de 12 gemas por metro, principalmente para a variedade SP 801816, o que pode comprometer a brotação do canavial.

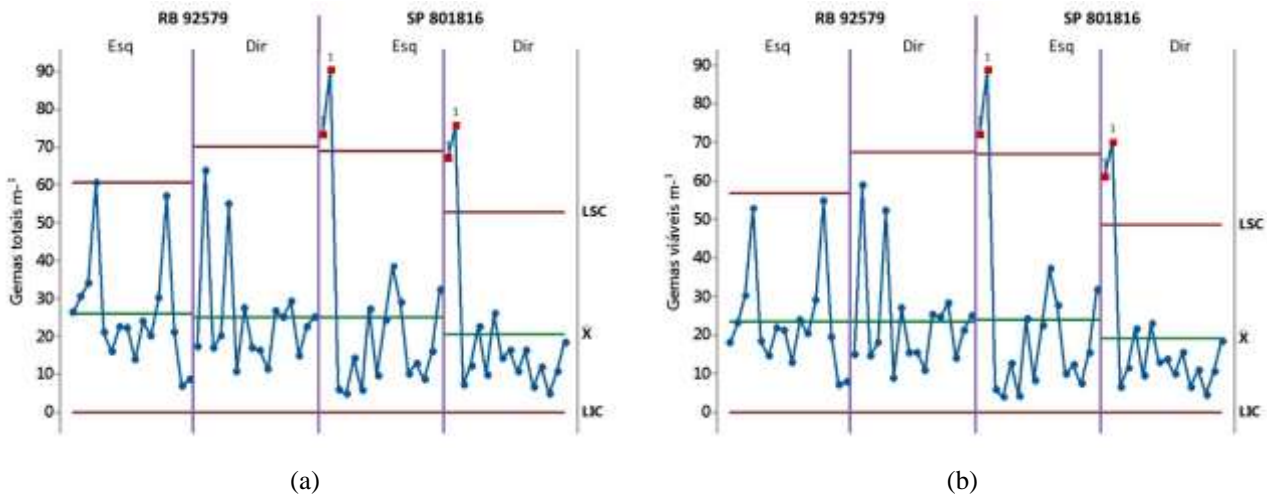
Por outro lado, nota-se também pontos acima de 12 gemas, principalmente na variedade RB 92579, que por esse motivo teve uma amplitude elevada em relação aos dois sulcos. Portanto, para ambos os tratamentos, apesar de encontrarem a maioria dos pontos dentro dos limites superior e inferior de controle, os valores estão muito acima ou bem abaixo do ideal, para se ter um bom estande inicial de plantas, indicando que nenhuma variedade obteve resultado satisfatório.

Para um melhor estande de plantas, as usinas têm adotado densidades entre 12 a 18 gemas por metro, como indicado por Raveli et al. (2015), visando a possibilidade de um bom resultado inicial de plantas.

A carta de controle para gemas viáveis m^{-1} (Figura 4b), apresentou comportamento semelhante à das gemas totais. Diante disso, a variedade SP 801816 apresentou treze pontos amostrados com menos de 12 gemas viáveis por metro, maior variabilidade entre os pontos e quatro pontos acima do limite superior de controle, podendo comprometer a brotação do canavial. A variedade RB 92579 teve média acima do ideal com amplitude elevada nos dois sulcos. Por tudo isso, nenhuma

variedade obteve resultado satisfatório para se ter um bom estado inicial de plantas. Conceitualmente, o número de gemas está diretamente relacionado ao comprimento do colmo e também pelo tamanho do internódio, sendo crucial para garantir bons resultados e alcançar os objetivos de qualidade (Baracat Neto et al., 2017).

Figura 4. Cartas de controle para gemas totais m^{-1} (a) e gemas viáveis m^{-1} (b).



Fonte: Autores (2020).

Paranhos (1972) e Barbieri et al. (1981) recomendam 12 gemas por metro, da mesma forma que Beauclair & Scarpari (2006), pois esses autores afirmam que dessa forma se obterá um melhor estabelecimento do canavial, e dependendo da variedade e do seu desenvolvimento vegetativo, decorrerá a um gasto de 7 a 10 toneladas de cana por hectare.

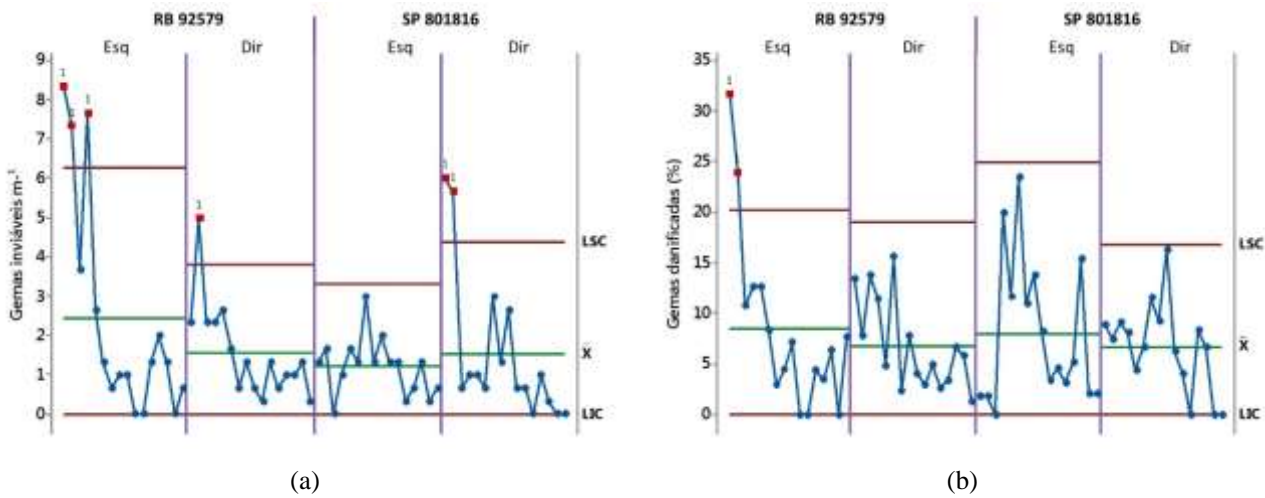
O plantio semimecanizado de cana-de-açúcar causa menores danos às gemas e proporciona maior número de gemas viáveis por metro de sulco quando comparado ao plantio mecanizado, reduzindo a porcentagem de falhas e aumentando a produtividade agrícola (Janini et al., 2008).

Em relação às gemas inviáveis m^{-1} (Figura 5a), a média variou entre 1,3 e 2,5 gemas, porém com quatro pontos fora de controle estatístico para a variedade RB 92579, sendo 3 no sulco direito e 1 no esquerdo, enquanto que na variedade SP 801816 foram dois pontos no sulco direito, tendo pontos com até 8,4 gemas inviáveis no sulco esquerdo da variedade RB 92579. O único tratamento que apresentou valores dentro do limite de controle e com baixa amplitude foi a variedade SP 801816 no sulco esquerdo, com média próxima de uma gema inviável m^{-1} , e com um ponto sem nenhuma gema inviável, sendo, portanto, o melhor tratamento. Isso pode estar relacionado aos ataques causados por pragas e doenças, prováveis fragmentações, proporcionadas pelos impactos provenientes da colheita mecanizada, transporte das mudas até a área de plantio ou qualquer tipo de dano que possa comprometer sua eficiência de brotação.

De acordo com Vitti e Mazza (2002) é fundamental fiscalizar corretamente o número de gemas utilizadas, dentro do proposto, levando em consideração que a falta de gemas estabelece por 5 a 6 anos um canavial com falhas, enquanto que o excesso onera demasiadamente o custo do plantio.

Para porcentagem de danificação (Figura 5b), os resultados diferem de gemas inviáveis, pois o melhor tratamento foi a variedade SP 801816 sulco direito, a qual apresentou 3 pontos iguais a zero, com média próxima a 6% e menor variação. Já o sulco esquerdo que foi o melhor tratamento para gemas inviáveis que apresentou a maior variabilidade, média de 8%, igual à da RB 92579, porém todos os pontos se encontram dentro dos limites de controle estabelecidos, o que não ocorre nesta, pois existem 2 pontos fora de controle, sendo um deles a danificação equivalente a 32%, um índice alto.

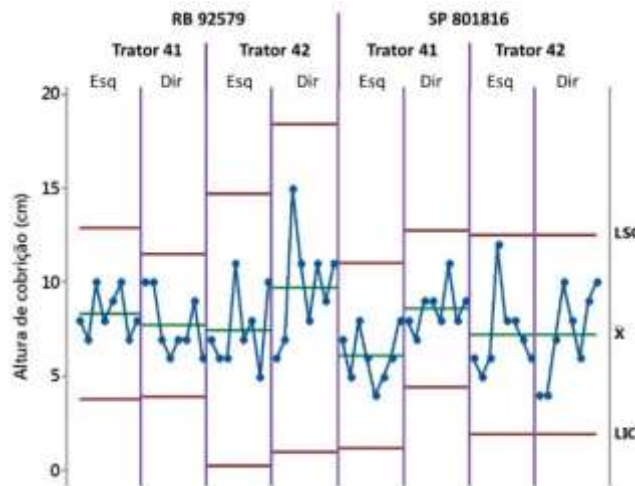
Figura 5. Cartas de controle para gemas inviáveis m⁻¹ (a) e porcentagem de gemas danificadas (b).



Fonte: Autores (2020).

Com relação à altura de cobertura (Figura 6), encontra-se na literatura valores ideais variando entre 0,025 a 0,10 m de profundidade. Christoffoleti (1986) cita que rebolos cobertos com pequena camada de terra, variando de 0,025 a 0,075 m proporcionam melhores brotações, e Beauclair e Scarpari (2006) afirmam que camadas de terra sobre os rebolos acima do considerado ideal (por volta de 0,07 m), provoca um atraso na velocidade de emergência. Por fim, Ripoli et al. (2006) reafirmam que a cobertura de 0,08 a 0,10 m é suficiente para garantir a germinação pelo fato de haver uma abertura do sulco, deposição do rebolo, seguido pelo fechamento do sulco, preservando a umidade do solo.

Figura 6. Carta de controle para altura de cobertura.

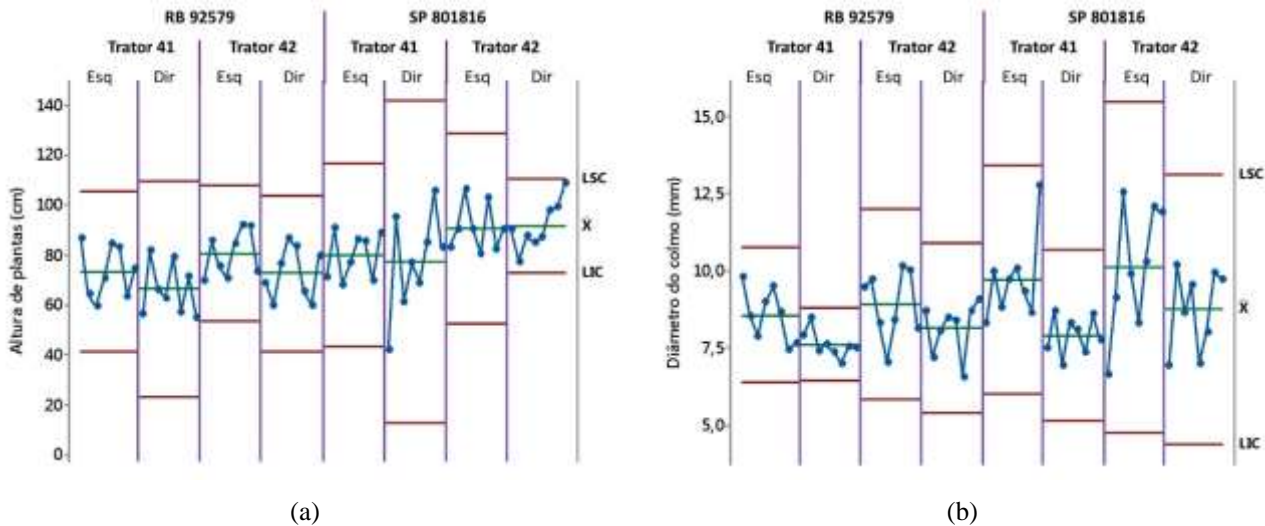


Fonte: Autores (2020).

Em vista disso, o trator frota 42 sulco direito da variedade RB 92579 apresentou a maior amplitude e uma média de 0,10 m, com pontos atingindo 0,15 m de profundidade, o que acarreta em uma maior dificuldade na emergência da planta. E no sulco esquerdo, mesmo com média aceitável, apresentou um ponto acima de 0,10 m e alta variabilidade. Os demais tratamentos tiveram amplitudes menores, com pontos mais próximos do estabelecido pela literatura. A média sofreu uma variação de 0,06 a 0,10 m de profundidade, valores dentro do recomendado, com todos os pontos dentro dos limites de controle.

Para altura de plantas (Figura 7a), a média variou entre 0,65 e 0,90 m, com todos os pontos dentro dos limites de controle. A variedade SP 801816 apresentou as maiores médias e maiores amplitudes, principalmente para o trator frota 41 no sulco direito, que apesar de uma média boa (0,75 m), a sua variabilidade entre os pontos superou as demais, com exceção do trator frota 42 no sulco direito que sobressaiu entre os demais por exibir a menor amplitude, com todos os pontos próximos da média, sendo esta a maior entre todos os tratamentos (0,90 m). Os demais apresentaram bons resultados com a variedade RB 92579 seguindo um padrão e baixa variabilidade.

Figura 7. Cartas de controle para altura de plantas (a) e diâmetro de colmo (b).



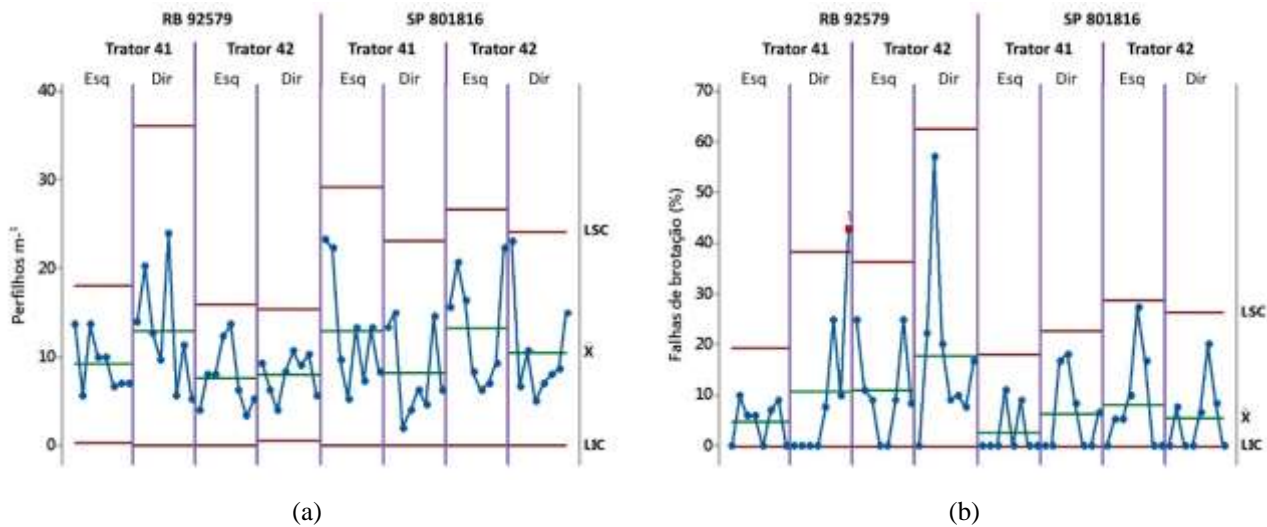
Fonte: Autores (2020).

Em relação ao diâmetro de colmo, Dillewijn (1952) conclui que existe uma correlação negativa não proporcional entre diâmetro dos colmos das touceiras e perfilhamento dos cortes subsequentes. Assim, quanto menor o diâmetro dos colmos, menor o perfilhamento das touceiras, refletindo em menor produtividade. Em vista disso, na Figura 7b pode-se analisar que a média entre os tratamentos variou de 0,0075 a 0,01 m, com pontos atingindo 0,0125 m de diâmetro de colmo, sendo que a variedade SP 801816 obteve os melhores resultados, com diâmetros mais grossos, com exceção do trator frota 41 no sulco direito, que teve uma média menor que as demais dessa variedade. Portanto, o melhor tratamento foi o trator frota 42 no sulco esquerdo da variedade SP 801816, que apesar da amplitude elevada, por apresentar maior diâmetro de colmo, acarretará em um maior perfilhamento e consequente tendência a maior produtividade.

Assim como em diâmetro de colmo, no número de perfilhos m^{-1} (Figura 8a), a variedade SP 801816 se sobressaiu diante da variedade RB 92579 por seus tratamentos terem uma média superior. Novamente o trator frota 41 no sulco esquerdo foi uma exceção com baixo perfilhamento, comprovando correlação negativa (Dillewijn, 1952). Diferentemente do diâmetro de colmo em relação ao trator frota 41 no sulco direito da variedade RB 92579, em número de perfilhos, esse tratamento apresentou alta amplitude e uma média elevada em relação aos demais tratamentos da mesma.

De acordo com Baracat Neto et al. (2017), o processo de perfilhamento é regulado pela auxina que é formada no topo e desce em fluxo contínuo em direção à base. Essa auxina promove um duplo efeito: alongamento do colmo e o impedimento do desenvolvimento das gemas laterais (dominância apical). O perfilho é afetado por vários fatores, tais como: luz, temperatura, umidade do solo e nutrientes, que são manejados por meio de espaçamento, profundidade e época de plantio, época de corte, controle de pragas e doenças (Manhães et al., 2015).

Figura 8. Cartas de controle para número de perfilhos m^{-1} (a) e falhas de brotação (b).



Fonte: Autores (2020).

Sobre as falhas de brotação (Figura 8b), novamente a variedade SP 801816 foi superior, pois apresentou uma média menor com mais pontos nos quais não se obteve falhas, sobressaindo o trator frota 41 no sulco esquerdo, que obteve 6 pontos sem nenhuma falha e a média próxima de 2,5%, enquanto a variedade RB 92579 além de apresentar médias acima 10% de falhas de brotação, teve também pontos com até 59% de falhas e um ponto fora de controle, com amplitudes muito elevada.

Para Stolf (1986), é considerado falha espaçamentos nas fileiras de plantio maiores que 0,5 m, sendo menos que 10% considerado excelente, de 10 a 20% normal, de 20 a 35% subnormal, de 35 a 50% ruim, e acima de 50% péssimo. A medida das falhas apesar de ser importante na avaliação da qualidade do plantio não reflete a produtividade final, já que, muitas vezes, o perfilhamento estimulado pela maior insolação compensa o número de perfilhos final, tornando mais difícil o uso deste controle (Jadoski et al., 2010).

De acordo com Cortez et al. (2016) para obter qualidade nas operações agrícolas mecanizadas é necessário reduzir a variabilidade e centralizar a média da resposta do atributo próxima ao valor-alvo, estabelecendo níveis adequados aos fatores controláveis, planejando e plantando análises no momento em que elas permitem ajustes e controles, identificando e eliminando causas especiais quando ocorrem, além de ações contínuas a longo prazo capazes de reduzir os efeitos aleatórios de fatores incontroláveis.

4. Conclusão

O trator frota 42 obteve maior profundidade de sulco, melhor desempenho na largura de sulco e erro de paralelismo. E em relação a variedade SP80-1816 para ambos os sulcos, obteve melhor desempenho no número de perfilhos por metro, enquanto que no sulco esquerdo da mesma apresentou maior diâmetro de colmos.

A variedade SP80-1816 no sulco esquerdo apresentou menor número de gemas inviáveis, e no sulco direito menor porcentagem de danificação. A mesma variedade tanto com o trator frota 41 como o 42 apresentaram em ambos os sulcos melhores resultados para altura de cobrição. E se sobressaiu também na porcentagem de falhas de brotação com o trator frota 41 sulco esquerdo.

A variedade RB 92579 sulco direito exibiu número e comprimento de rebolos por metro mais próximos do ideal, além de maior altura de plantas para ambos os tratores e sulcos.

A variabilidade das variáveis foi alta, sendo recomendado que a usina tenha melhor controle, para que o plantio tenha

melhor qualidade final.

Sugere-se, para trabalhos futuros, experimentos com outras variedades e avaliação de medidas antropométricas na distribuição e picação das mudas.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Ceres e a Usina CRV pelo apoio, disponibilização de área e equipamentos necessários para a execução do experimento.

Referências

- Artes, R. (2014). *Coeficiente de assimetria e curtose*. Insper.
- Baracat Neto, J., Scarpore, F. V., Araújo, R. B., & Scarpore-Filho, J. A. (2017). Initial development and yield in sugarcane from different propagules. *Pesq. Agropec. Trop.*, 47 (3), 273-278.
- Barbieri, V., Bacchi, O. O. S., & Vilia Nova, N. A. (1981). Espaçamento em cana-de-açúcar *Anais do Congresso Nacional Da Sociedade Dos Tecnocologistas Açucareiros Do Brasil*, 3, 512-522.
- Barros, F. F., & Milan, M. (2010). Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. *Bragantia*, 69 (1), 221-229.
- Beauclair, E. G. F., & Scarpari, M. S. (2006). Noções fitotécnicas. Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte. Piracicaba: *Barros & Marques Editoração eletrônica*, 1, 1-216.
- Camargo, L. A., Marques Júnior, J., & Pereira, G. T. (2010). Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 617- 630.
- Campos, C. M., Milan, M., & Siqueira, L. F. F. (2008). Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 28 (3), 554-564.
- Christoffoleti, P. J. (1986). *Aspectos fisiológicos da brotação, perfilamento e florescimento da cana-de-açúcar*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1-80.
- Coleti, J. T., & Stupielo, J. J. (2006). *Plantio da cana-de-açúcar*. In: Segato, S. B., Pinto, A. S., Jendiroba, E., & Nóbrega, J. C. Atualização em produção de cana-de-açúcar. cap. 4, 139-153.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. (2019). *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. Safra 2019/20, n.3-Terceiro levantamento, 1-58.
- Cortez, J. W., Missio, C., Barreto, A. K. G., Silva, M. D., & Reis, G. N. (2016). Qualidade do plantio mecanizado de açúcar. *Engenharia Agrícola*, 36 (6), 1136-1144.
- Damasceno, A. F., Furlani, C. E. A., Zerbato, C., Noronha, R. H., & Zoia, R. M. (2017). Quality of planting systems in varieties of sugarcane. *African Journal of Agricultural Research*, 12, 1914-1921.
- Dillewijn, C. V. (1952). *Botany of sugarcane*. Waltham: The Chronica Botanica. Stechert-Hafner.
- Dojas, F. (2007). *Controle estatístico de processo e análise de capacidade em operação de plantio mecanizado de cana de açúcar* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Estadual Paulista – UNESP.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos e análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa.
- Frazão, A. T. L., Noronha, R. H. F., & Furlani, C. E. A. (2019). Does the presence of straw in the billet affect the quality of sugarcane planting systems? *Engenharia Agrícola*, 39, 616-622.
- Gheller, A. C. A. (1995). *Técnica para o controle da podridão abacaxi em cana-de-açúcar e modelo para a estimativa de perdas* (Tese doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Piracicaba, SP, Brasil.
- Jadoski, C. J., Toppa, B. E. V., Julianetti, A., Hulsbof, T., Ono, E. O., & Rodrigues, J. D. (2010). Physiology development in the vegetative stage of sugarcane. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 3 (2), 169-176.
- Janini, D. A., Ripoli, T. C. C., & Cebin, G. (2008). Análise operacional e econômica do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil*, 26, 51-57.
- Manhães, C. M. C., Garcia, R. F., Francelino, F. M. A., Francelino, H. O., & Coelho, F. C. (2015). Factors that affect sprouting and tillering of sugar cane. *VÉRTICES*, 17 (1), 163-181.
- Marchiori, L. F. S., Bernardes, M. S., Perino, E. L., & Da Silva, F. C. (2018). Comparação entre equipamentos equipados e não equipados com automação na operação de sulcação no plantio de cana-de-açúcar. *STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil*, 36 (4), 32-39.

- Marques, T. A. & Pinto, L. E. V. (2013). Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel, cobertura vegetal e profundidade de plantio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (6), 680-685.
- Melo, N. C., Fernandes, C., Soares, E. R., & Coutinho, E. L. M. (2018). Growth and Productivity of Sugarcane Cultivated in Soils Submitted to Chiseling in the Planting Row and in Total Area. *Journal of Agricultural Science*, 11, 515-526.
- Paranhos, S.B. (1972). *Espaçamentos e densidades de plantio em cana-de-açúcar* (Tese de doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, SP, Brasil.
- Pimentel-Gomes, F. (2009). *Curso de estatística experimental* (15a ed.). Fealq.
- Raveli, M. B., Furlani, C. E. A., Zerbato, C., Zoia, R. M., & Barbosa, M. P. (2013). Controle de qualidade no plantio de cana de açúcar. In XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, *SBEA*, 1, 1-10).
- Raveli, M. B., Silva, R. P., & Furlani, C. E. A. (2015). Variabilidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. In: Silva, R.P., Voltarelli, M. A., & Cassia, M. T. Controle de qualidade em operações com armas mecanizadas. *SBEA - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil*, 1, 193-200.
- Ripoli, T. C. C., Ripoli, M. L. C., Casagrandi, D. V., & Ide, B. Y. (2006). *Plantio de cana-de-açúcar: Estado da Arte*. Autor.
- Rocha, A. M. C. (1984). *Emergência, perfilamento e produção de colmos de cana-de-açúcar (Sacharum sp.) em função das épocas de plantio no Estado de São Paulo* (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ.
- Schafer, W. D., Coverdale, B. J., Luxenberg, H., & Jin, Y. (2012). Quality control charts in large-scale assessment programs. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 16 (15), 1-7.
- Stolf, R. (1986). Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. *STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil*, 4 (6), 22-36.
- Vitti, G. C., & Mazza, J. A. (2002). *Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana de açúcar*. Potáfos.
- Voltarelli, M. A., Silva, R. P., Rosalen, D. L., Zerbato, C., & Cassia, M. T. (2013). Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. *Australian Journal of Crop Science*, 7 (9), 1396-1406.