

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**QUALIDADE DO PLANTIO MECANIZADO DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

CAMILLA MISSIO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016**

QUALIDADE DO PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Camilla Missio

Engenheira Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez

Co-orientador: Prof. Dr. Alexsandro Claudio dos S. Almeida

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M678q	Missio, Camilla. Qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. / Camilla Missio. – Dourados, MS : UFGD, 2016. 51f. Orientador: Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Controle estatístico de processo. 2. <i>Saccharum spp.</i> 3. Cartas de controle. I. Título. CDD – 633.61
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

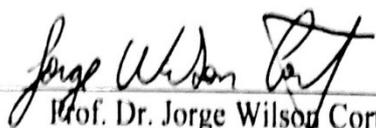
Qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar

por

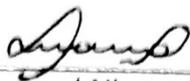
CAMILLA MISSIO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

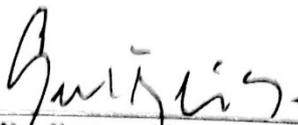
Aprovada em: 29/02/2016



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
Orientador – UFGD/FCA



Profa. Dra. Anamari Viegas de Araujo Motomiya
UFGD/FCA



Prof. Dr. Gustavo Naves dos Reis
ADECOAGRO

Aos meus pais Deniz Missio e Neiva Inês Maldaner Missio, pela dedicação e por toda energia positiva que me transmitem para seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

À UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados.

Ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da FCA/UFGD.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

À ADECOAGRO, em nome de seus gerentes Marcelei Daniel da Silva e Gustavo Naves dos Reis, pela ajuda e cooperação para execução do trabalho.

À Ana Karina Gurgel Barreto – ADECOAGRO, pelo apoio, suporte e informações transmitidas no experimento de campo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez, por acreditar no meu potencial, por todo incentivo e suporte para a elaboração deste trabalho.

A todos, MUITO OBRIGADA!

“Fé é assim: primeiro você coloca o pé, depois Deus coloca o chão”.

Fernanda Estellita

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 A importância da cultura da cana-de-açúcar.....	12
2.2 Plantio de cana-de-açúcar.....	13
2.3 Controle estatístico do processo.....	15
2.4 Qualidade do plantio mecanizado.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Local.....	18
3.2 Equipamentos e insumos.....	18
3.3 Esquema amostral.....	19
3.4 Avaliação da operação de plantio mecanizado.....	20
3.4.1 Avaliação das mudas pré-plantio.....	20
3.4.2 Número de rebolos.....	21
3.4.3 Número de gemas.....	21
3.4.4 Estimativa do consumo de mudas.....	22
3.4.5 Profundidade e cobertura de sulco.....	22
3.4.6 Paralelismo entre sulcos.....	22
3.4.7 Falhas de plantio.....	23
3.5 Análise estatística.....	23
3.5.1 Estatística descritiva e análise de variância.....	23
3.5.2 Controle estatístico do processo.....	24
3.5.3 Limites específicos de controle dos atributos avaliados.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 Estatística descritiva dos atributos avaliados.....	27
4.2 Controle estatístico do processo.....	31
5 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

MISSIO, C. **Qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 51f. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

RESUMO

O setor sucroalcooleiro ocupa lugar de destaque na economia Brasileira. A qualidade do plantio de cana-de-açúcar repercute na longevidade do canavial, produtividade e nos custos de produção. Objetivou-se avaliar a qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno. O plantio mecanizado foi realizado em área da fazenda Piraveve Iraídes no município de Ivinhema, MS. Avaliaram-se os indicadores de qualidade no pré-plantio: total de danos naturais (TDN) e total de danos mecânicos gemas (TDMG), no pós-plantio: número de gemas m^{-1} (NG), número de gemas viáveis m^{-1} (NGV), total de gemas inviáveis (TGI), consumo de mudas (CM), profundidade do sulco (PS), cobertura do sulco (CS), espaçamento entre sulco (ES) e falhas (F). Para a avaliação das mudas pré-plantio, foram coletados 40 rebolos na área de muda e realizado 20 repetições para TDN somente no turno diurno e 10 repetições para cada turno para TDMG. Para o pós-plantio foi estabelecido para amostragem um caminhamento de coleta com espaçamento de 50 x 1,50 m entre si, totalizando 60 pontos, sendo 30 pontos avaliados para o turno diurno e 30 pontos para o noturno. Os dados foram submetidos à estatística descritiva, análise de variância e para avaliar a estabilidade do processo de plantio mecanizado utilizou-se as cartas de controle. O TDN, TDMG, NR, NG, NGV, TGI, ES para o turno diurno e noturno, F e CS para o turno noturno apresentaram processo estável baseados nos limites superior e inferior de controle para as cartas de valor individual e amplitude móvel. O CM, CS e F para o período diurno apresentaram processo instável ou fora de controle. Para atingir os limites específicos buscados pela unidade produtora para NGV, faz-se necessário aumentar o consumo de mudas verificado neste trabalho e intensificar o treinamento dos operadores do trator e plantadora, para realinhar as metas esperadas e qualificar a mão de obra. Faz-se necessário a elaboração de um plano de melhorias para a operação do plantio mecanizado buscando atender aos limites específicos da unidade produtora.

Palavras-chave: controle estatístico de processo, *Saccharum spp.*, cartas de controle.

MISSIO, C. **Quality of mecanized planting of sugarcane.** 51f. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

ABSTRACT

The sugar and alcohol sector occupies a prominent place in the Brazilian economy. The quality of the sugarcane plantation affects the longevity of the plantation, productivity and production costs. Therefore, this study aimed to evaluate the quality of sugarcane planting in the day shifts and night. The mechanized planting was carried out in Piraveve Iraídes farm area in the municipality of Ivinhema, MS. Was evaluated the quality indicators in the pre-planting: natural and total damage (TDN) and total mechanical damage shoots (TDMG), post-planting: number of billets (NG), number of viable shoots m^{-1} (NGV), total shoots viable (TGI), consumption seedlings (CM), groove depth (PS), groove coverage (CS), groove spacing (ES) and faults (F). For the evaluation of pre-planting seedlings, 40 billets were collected in the area of changes and performed 20 repetitions for TDN only the day shift and 10 repetitions for each shift to TDMG. For the post-planting was established for sampling one traversal collection with spacing of 50 x 1.50 m apart, totaling 60 points, 30 points assessed for the day shift and 30 points for the night. The data were submitted to descriptive statistics, analysis of variance and to evaluate the stability of mechanical planting process was used control charts. The TDN, TDMG, NR, NG, NGV, TGI, ES for day and night shifts, F and CS for the night shift had stable process based on the upper and lower control limits for letters of individual mobile and amplitude value. The CM, CS and F for daytime presented unstable or out of control process. To achieve the specific limits sought by the production unit to NGV, it is necessary to increase the consumption of plants found in this work and intensify the training of tractor operators and planter, to realign the expected goals and qualify manpower. It is necessary to draw up an improvement plan for the operation of mechanical planting seeking to meet the specific boundaries of the production unit.

Key words: statistical process control, *Saccharum spp.*, control charts.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura tem papel fundamental no desempenho e fortalecimento da economia brasileira nos próximos anos, e para se manter competitiva precisa cada vez mais ter eficiência em seus processos produtivos. A produção total de cana-de-açúcar destinada à indústria, estimada para a safra 2015/16 é de 654,6 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

Devido às características do plantio mecanizado, como redução da mão de obra e maior rendimento operacional, o sistema tem se tornado tendência em todas as unidades produtoras. O plantio mecanizado deve proporcionar boas condições para o desenvolvimento da cultura, sendo uma operação determinante para o sucesso ou fracasso do investimento, pois tem reflexos nas operações subsequentes da produção de cana-de-açúcar; é necessário que o plantio ocorra com qualidade para se obter a lucratividade esperada e o bom desenvolvimento da cultura.

O plantio define a produtividade dos canaviais, pois implica na produção de colmos por área e se mal conduzido pode ocasionar falhas no perfilhamento com consequente redução da produtividade e dos lucros. Os principais fatores que interferem na qualidade do plantio são: o paralelismo entre sulcos, número de gemas viáveis por metro de sulco, cobertura e profundidade do sulco, os quais estão relacionados à regulagem da plantadora e a qualidade da colheita de mudas.

As constantes buscas de redução dos custos de produção têm tornado o uso das ferramentas de controle estatístico do processo essenciais para o acompanhamento do processo de plantio. Este acompanhamento contribui para a detecção de eventuais causas especiais de variação e à criação de planos de melhoria, com o objetivo de eliminar a influência de causas extrínsecas de variação, o que resultará no aumento da qualidade operacional por meio da diminuição da variabilidade. A qualidade do plantio de cana-de-açúcar repercute na longevidade do canavial, produtividade e nos custos de produção, assim justifica-se a importância de avaliar a qualidade do plantio mecanizado.

Para avaliar se um processo está estável à medida que as operações ou produções vão ocorrendo, pode-se utilizar o controle estatístico de processo (CEP) que é uma técnica utilizada em diversas áreas e processos de produção, que auxilia na detecção de problemas, visando otimizar os processos, sanar as fontes de erros

bem como aumentar a produtividade. Para avaliar a qualidade do processo, a unidade produtora pode definir indicadores de qualidade específicos que podem ser observados e analisados em todas as operações agrícolas envolvidas no processo produtivo. Tais indicadores são determinados de acordo com os padrões que a unidade produtora espera de cada variável do seu processo.

Portanto, objetivou-se avaliar a qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno utilizando indicadores de qualidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Sacharum ssp.*) é uma gramínea perene com perfilhamento abundante na fase inicial de desenvolvimento. A parte aérea é formada por colmos, folhas e inflorescência, e a parte subterrânea é composta por raízes e rizomas (BARROS, 2008).

A cana-de-açúcar vem sendo cultivada no Brasil desde o ano de 1532, sendo uma excelente opção para a geração de energia renovável, e assim mantendo grande importância no cenário agrícola mundial (VASCONCELOS, 2013).

O Brasil é maior produtor de cana-de-açúcar, seguido por Índia e China, e também o maior produtor de açúcar e etanol de cana-de-açúcar, é o responsável por mais de 50% do açúcar comercializado no mundo. Apesar de pouco mais de 50% da produção estar concentrada em São Paulo, a cultura é cultivada em todas as regiões do país. A cana-de-açúcar tem um papel ambiental muito importante, uma vez que o etanol, um dos subprodutos da cana-de-açúcar, é uma das melhores alternativas para reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa (MAPA, 2015).

A produção total de cana-de-açúcar destinada à indústria, estimada para a safra 2015/16 é de 654,6 milhões de toneladas, com acréscimo de 3,1% (19,8 milhões de toneladas) em relação à safra 2014/15, que foi de 634,8 milhões de toneladas. A produção de cana-de-açúcar da Região Centro-Sul está estimada em 592,7 milhões de toneladas, 3% maior que a produção da safra anterior (CONAB, 2015).

A cana-de-açúcar está entre as três culturas mais importantes do país, tornando-se necessário o aumento da produção para atender ao mercado consumidor crescente. O desenvolvimento deste setor é de extrema importância para a economia brasileira (GARCIA, 2008).

A grande participação e o forte efeito multiplicador do complexo agroindustrial no PIB nacional, a alta colaboração dos produtos de origem agrícola na pauta de exportações e a contribuição para o controle da inflação são exemplos da importância da agricultura para o desempenho e fortalecimento da economia brasileira nos próximos anos. Para competir no mercado internacional à agricultura

brasileira precisa cada vez mais ter eficiência em seus processos produtivos (OLIVEIRA, 2009).

2.2 Plantio de cana-de-açúcar

A operação de plantio é determinante para o sucesso ou fracasso do investimento, pois seu manejo irá refletir nas operações subsequentes da cadeia produtiva, em termos de produtividade, qualidade e custo, sendo necessário que o plantio ocorra com qualidade para se obter a lucratividade esperada e o bom desenvolvimento da cultura (OLIVEIRA, 2012).

Segundo Ripoli et al. (2007), no Brasil existem três tipos de sistemas de plantio da cana-de-açúcar: o plantio manual, o semi-mecanizado e o mecanizado.

Em poucas regiões do Brasil, com grande declividade, onde não há possibilidade de se utilizar máquinas, emprega-se o sistema de plantio manual, composto somente de etapas manuais e com tração animal. O plantio semi-mecanizado envolve operações manuais e mecanizadas em suas etapas que são: sulcação mecanizada, onde é aplicado simultaneamente defensivo e fertilizante; distribuição das mudas manualmente; fracionamento e alinhamento das mudas dentro do sulco manualmente; cobertura do sulco mecanizada. Segundo Mialhe (2012) o sistema semi-mecanizado normalmente utiliza cerca de 25 a 30 pessoas por frente, sendo necessário de 10 a 14 homens/dia para realizar o plantio de 1 ha. No sistema de plantio mecanizado, a operação é realizada pela plantadora, que executa todas as operações, sulcação, aplicação de fertilizantes, distribuição das mudas, aplicação de defensivos e cobertura dos sulcos (RIPOLI et al., 2007).

O sistema de plantio mecanizado apresenta algumas vantagens em relação aos outros sistemas, como a abertura do sulco simultânea à colocação do rebolo e seu fechamento, redução da compactação excessiva do solo e ainda menor mão de obra por área plantada se comparado aos outros sistemas de plantio (COLETTI, 1987). Além do menor custo da operação, maior desempenho operacional, possibilidade de trabalhar nos turnos diurnos e noturnos e redução da mão de obra, o plantio mecanizado de cana-de-açúcar é uma tendência irreversível (RIPOLI, 2006).

Cebim (2008), avaliando o plantio mecanizado comparado ao semimecanizado observaram que a cana-de-açúcar apresentou um início de brotação mais tardio, número médio de perfilhos por metro de sulco menor e menor número de gemas viáveis para o sistema mecanizado, porém, concluíram que o custo operacional efetivo do plantio mecanizado foi inferior quando comparado ao sistema semimecanizado.

Diversos fatores interferem na qualidade e sucesso do plantio de cana-de-açúcar, estes fatores podem ser endógenos ou exógenos. Segundo Garcia (2008), os fatores endógenos são aqueles ligados ao potencial da cana muda como: tamanho do rebolo e reserva energética, idade das gemas e variedade. Diversos autores consideram como principais fatores exógenos a: profundidade de plantio, espaçamento, danos mecânicos às gemas, cobertura do sulco, falhas na deposição de mudas, número de gemas viáveis e compactação pós-cobertura CASAGRANDE, (1991); CARLIN et al., (2004); IDE, et al., (1984); MARCHIORI, et al., (2006); RAVELI, (2013).

A produtividade final da cana-de-açúcar, dentre outros fatores de produção, é afetada pela distância entre linhas de plantio (GALVANI et al.,1997). A redução do espaçamento de plantio gera ganhos de produtividade, porém na colheita mecanizada não é possível reduzir o espaçamento devido ao elevado tráfego de máquinas na área que aumentaria a compactação do solo e pisoteio da soqueira (BENEDINI e CONDE, 2008). O problema do espaçamento irregular entre os sulcos durante a operação de sulcação gera consequências negativas para todas as operações subsequentes (OLIVEIRA, 2012).

A colheita da cana-de-açúcar para mudas é uma das causadoras de injúrias às gemas, devido ao atrito da cana com as partes da colhedora como: cortador de base, rolos transportadores e picador. A colheita deve ser realizada de forma criteriosa e com velocidade inferior à colheita de cana para indústria. A boa limpeza da cana colhida para muda reduz as possibilidades de embuchamento da plantadora, e assim reduz a ocorrência de falhas no plantio (PINTO e MORAES, 1997).

Segundo Beauclair e Scarpari (2006), a densidade de plantio utilizada por muitas unidades produtoras é de aproximadamente 12 gemas por metro de sulco, porém é comum que sejam utilizados valores superiores a este, para prevenir a

presença de falhas que persistirão por 4 a 5 anos se houver muitas gemas inviáveis nas mudas utilizadas.

2.3 Controle estatístico do processo

Um bom planejamento e gerenciamento de sistemas mecanizados por meio do controle estatístico de processo (CEP) contribuem para a racionalização e redução de custos e melhoria do produto final (SILVA et al., 2008; CHIODEROLI et al., 2012; CASSIA et al., 2013.; SILVA et al., 2013; TOLEDO et al., 2008). O CEP é uma ferramenta com grande potencial para estudos relacionados com a melhoria das operações agrícolas, é considerado eficaz na caracterização da variabilidade e avaliação da qualidade das operações (SUGISAWA et al., 2007;. TOLEDO et al., 2008). Montgomery (2000) afirma que uma definição bem aceita para o termo qualidade é a redução da variabilidade, assim quanto menor for à variabilidade, maior será a confiabilidade e aceitação do produto ou serviço.

O controle estatístico de processo (CEP) é uma técnica utilizada nos processos de produção, que auxilia na detecção de problemas, visando otimizar os processos, sanar as fontes de erros bem como aumentar a produtividade. Esse aumento da produtividade é buscado, em geral, por meio da padronização da produção, isto é, por meio de se minimizar variações operando-se de modo estável (ROCHA, 2012).

O objetivo do CEP consiste em fornecer sinais que possam distinguir os padrões normais de variação dos valores da característica de qualidade dos especiais, ou seja, de diferenciar os processos sob controle (estável) e fora de controle (instável) estatístico. Se o processo não estiver sob controle estatístico, deverão ser realizadas ações corretivas para ajustá-lo e, conseqüentemente, para possibilitar o seu retorno ao estado de controle (RIBEIRO JUNIOR, 2013).

O uso de ferramentas de controle estatístico do processo tem-se tornado essencial para o acompanhamento do processo de plantio. Esse acompanhamento contribui para a detecção de eventuais causas especiais de variação e à criação de planos de melhoria, com o objetivo de eliminar a influência de causas extrínsecas de variação, o que resultará no aumento da qualidade operacional por meio da diminuição da variabilidade (VOLTARELLI et al., 2013). A carta de controle é a

ferramenta precursora do controle estatístico de qualidade, apresentada por Walter Shewhart em 1924 (STUART et al., 1996), sendo proposta para identificar a instabilidade de um processo permitindo a identificação das causas de variabilidade.

Segundo Montgomery (2004) é possível interpretar as cartas de controle como instável e estável. O processo é considerado estável ou dentro de controle quando ocorre somente a existência de variabilidade natural, ou seja, o processo está sob ação apenas das causas aleatórias, tanto para a carta de valor individual quanto para a carta de amplitude móvel. O processo fora de controle ou instável se dá com a existência de causas especiais de variação, o que leva o processo a instabilidade, e o comportamento da variável se torna imprevisível ao padrão esperado.

As cartas de valores individuais podem ser implementadas para o monitoramento das variáveis que influenciam a qualidade dos itens ou processo produzidos ao longo do tempo (MINITAB, 2007). A utilização da carta de amplitude móvel tem a finalidade de detectar a variabilidade existente no decorrer do processo decorrente da carta de valores individuais, na qual, seus valores se constituem da diferença entre dois pontos consecutivos, em módulo, e quando a diferença entre esses pontos ultrapassam os limites de controle é constatado que o processo potencialmente possui causas especiais influenciando sua qualidade (MINITAB, 2007). É extremamente essencial a utilização conjunta das cartas de amplitude móvel com as de valores individuais, para o monitoramento e compreensão das possíveis causas especiais que afetam o processo para tentar minimizar sua variação o que incorre em aumento da qualidade (MINITAB, 2007).

2.4 Qualidade do plantio mecanizado

A manutenção e a melhoria da qualidade são determinantes para o sucesso de qualquer sistema produtivo, principalmente no que se refere às operações mecanizadas que sofrem elevados índices de variabilidade devido à presença de fatores não controláveis (SILVA, 2015). Trindade (1993) relata que as causas especiais em um processo podem ocorrer devido a fatores conhecidos como “6 M”: mão de obra, matéria prima, método, medição, máquina e meio ambiente.

Segundo SOUZA (2003) a variabilidade de um processo, encontra-se presente em todos os processos produtivos de bens ou serviços, inclusive os

processos produtivos agrícolas, podendo ser medida por variáveis ou por atributos, denominados indicadores de qualidade. As tomadas de decisões na etapa de plantio da cana-de-açúcar vão influenciar em todo o ciclo da cultura, podendo trazer bons resultados se bem conduzido e se identificado os pontos a serem melhorados (BARROS e MILAN, 2010).

A gestão da qualidade aplicada à agricultura pode proporcionar diversos benefícios, tais como aumento da produtividade e da qualidade dos produtos, bem como a redução de custos e desperdícios e a melhoria da qualidade de vida do trabalhador rural (BONILLA, 1994).

Indicadores de qualidade podem ser obtidos em todas as operações agrícolas envolvidas no processo produtivo. Selecionar indicadores mensuráveis ou passíveis de análise é uma tarefa primordial em processos que envolvam critérios de qualidade, para que permitam avaliar o resultado final (SILVA e VOLTARELLI, 2015). Assim devem ser definidos os indicadores a serem analisados, com respectivos padrões de qualidade ou limites de especificação, baseados em critérios agrícolas e/ou econômicos adotados (SUGISAWA, 2004).

Stolf e Barbosa (1991) afirmam que os fatores que podem ser interferidos e permanecem fora dos padrões do controle de qualidade e, devem ser corrigidos por afetarem diretamente ao plantio, estão ligados ao preparo de solo, densidade de plantio, colheita de muda, tipo de variedade escolhida, espaçamento entre sulcos, quantidade de gemas por metro de sulco, profundidade de sulco, falhas na brotação, cobrição, número de torrões por metro, perfilhamento e outras variáveis que desestabilizam a lavoura depois de implantada.

Silva et al. (2011) estudaram o padrão tecnológico da agricultura de precisão no estado de São Paulo e observaram que o uso de sensores, é pouco utilizado no setor canavieiro, e que, com a utilização destes recursos seria possível se obter melhoria na produtividade e na redução dos custos de produção e melhoria na qualidade das operações. Voltarelli (2013) avaliando a qualidade do plantio mecanizado observou que seria necessário um sensor capaz de quantificar a distribuição dos rebolos no plantio mecanizado, em função das regulagens da rotação da esteira, para reduzir a variabilidade da distribuição ao longo das jornadas de trabalho, diminuindo as fontes de erro causadas pelo operador.

3 MATERIAL E MÉTODOS¹

3.1 Local

O trabalho foi conduzido na Fazenda Piraveve Iraídes município de Ivinhema, MS, no período de agosto de 2014. O local situa-se em latitude de 22°11'58,82''S, longitude de 53°58'22,34''O, com altitude de 376 m e declividade média de 4%. O clima é considerado tropical com chuvas de verão do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é um Latossolo Vermelho. No Quadro 1 é apresentada a análise granulométrica do solo.

QUADRO 1. Granulometria do Latossolo Vermelho da Fazenda Piravevê Iraídes, Ivinhema-MS (2014).

Camadas	Argila	Silte	Areia
(m)	-----g kg ⁻¹ -----		
0,00-0,20	175	40	790

A área do experimento foi de expansão da unidade produtora que estava ocupada com pasto – Braquiária. Foi realizado o preparo do solo antes do plantio da cana com fechamento de pequenas erosões; uma gradagem pesada; duas gradagens intermediárias e a construção de terraços embutidos e camaleões. Procedeu-se a sistematização (quebra de pequenos morros e carregadores) e finalmente o preparo com arado e duas gradagens niveladoras.

3.2 Equipamentos e insumos

O plantio mecanizado de cana-de-açúcar foi realizado por meio de um conjunto trator-plantadora, composto por um trator Case IH modelo Puma 225 4x2 TDA, com potência de 156,66 kW no motor a 2200 rpm, 6 cilindros, rodados dianteiros 600/65R28 PHP: 65 e traseiros 710/70R38 PHP: 70. Durante a operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar, o trator operou na 8ª marcha de trabalho

¹ A citação de marcas comerciais não implica na recomendação de uso pelo autor.

(com velocidade média de aproximadamente $5,5 \text{ km h}^{-1}$, para os turnos diurno e noturno da operação).

No plantio, utilizou-se uma plantadora de cana-de-açúcar picada de duas fileiras, da marca DMB modelo PCP6000 com capacidade de seis toneladas de mudas para o plantio, reservatório de fertilizantes de 1.250 kg, possuindo largura de 3,65 metros, rodados 500/45-22.5, com hastes sulcadoras espaçadas a 1,50 m.

A muda utilizada pela plantadora foi da cultivar CTC14 desenvolvida pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com as seguintes características: maturação média a tardia, alta produtividade, florescimento raro e porte ereto.

No momento do plantio, aplicou-se 600 kg ha^{-1} de adubo mineral com a formulação 10-25-25 (NPK), $0,250 \text{ kg ha}^{-1}$ de inseticida fipronil 800 g kg^{-1} e $0,50 \text{ L ha}^{-1}$ de fungicida piraclostrobina 250 g L^{-1} , no sulco de plantio. Em ambos os turnos de operação a regulagem da plantadora foi à mesma.



FIGURA 1. Trator e plantadora utilizados.

3.3 Esquema amostral

Foi estabelecido para a amostragem um caminhamento de coleta com espaçamento de $50 \times 1,50 \text{ m}$ entre si, sendo 30 pontos avaliados durante o turno diurno e 30 pontos avaliados durante o turno noturno, totalizando 60 pontos amostrais. O turno noturno (noite) ocorreu das 22h35min às 6h da manhã e o turno diurno (dia) das 6h da manhã às 14h20min da tarde.

Para a coleta de dados nos pontos amostrais, foi demarcado, uma distância de cinco metros de sulco, em que foram realizadas as avaliações. Os sulcos

foram escavados, após o plantio mecanizado com a plantadora, com auxílio de enxada, que foi manuseada cuidadosamente para evitar danos e/ou injúrias às gemas.

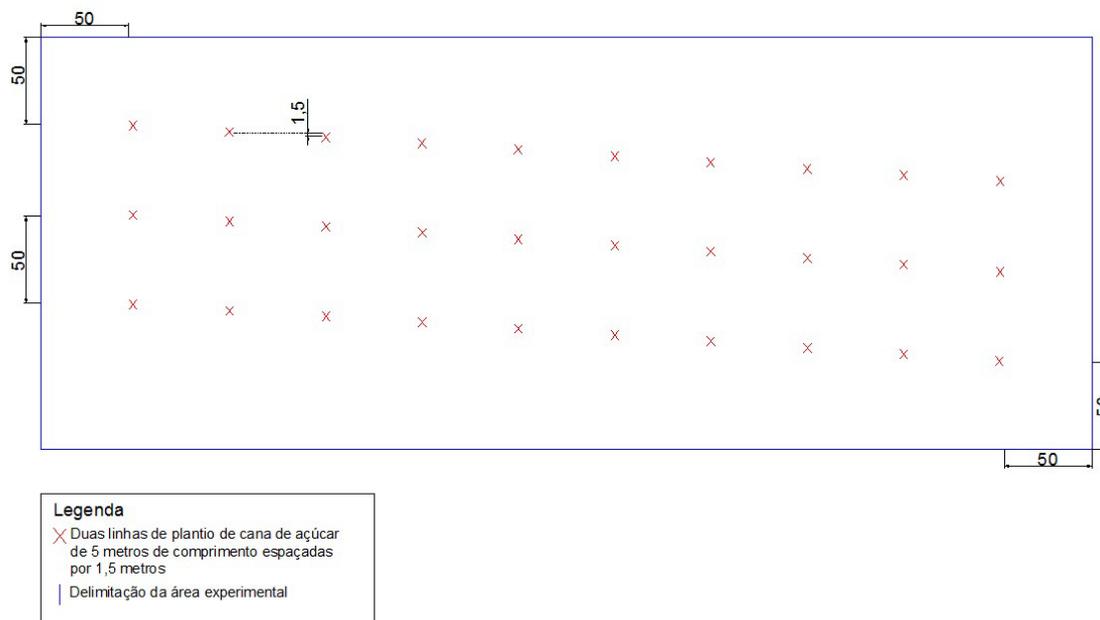


FIGURA 2. Croqui da área experimental.

3.4 Avaliação da operação de plantio mecanizado

3.4.1 Avaliação das mudas pré-plantio

As avaliações foram realizadas a partir da coleta de 40 rebolos na área de colheita de muda, sendo realizadas 20 repetições para o total de danos naturais (Eq.1) somente no turno diurno e 10 repetições para o turno diurno e 10 repetições para o turno noturno para o total de danos mecânicos (Eq.2). As gemas brocadas, brotadas e doentes, foram consideradas como danos naturais e as gemas raladas e cortadas como danos mecânicos. A colhedora utilizada foi a Case IH modelo 8800, em ambos os turnos e o talhão de colheita também foi o mesmo.

$$\text{TDN} = \frac{\text{GB} + \text{GD} + \text{GBR}}{\text{NG}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Em que: TDN: total de danos naturais (%); GB: gemas brocadas; GD: número de gemas doentes; GBR: número de gemas brotadas; NG: número de gemas.

$$\text{TDMG} = \frac{\text{NGC} + \text{NGR}}{\text{NG}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Em que: TDMG: total de danos mecânicos nas gemas (%); NGC: número de gemas cortadas; NGR: número de gemas raladas; NG: número de gemas.

3.4.2 Número de rebolos

O número de rebolos m^{-1} (NR) foi contabilizado por meio da contagem direta do número de rebolos presentes nos cinco metros de sulco avaliado após o plantio mecanizado.

3.4.3 Número de gemas

O número de gemas foi contabilizado por meio da contagem direta, sendo divididas em número de gemas viáveis (NGV) e número de gemas inviáveis (NGI), e posteriormente obtendo como resultados o número de gemas m^{-1} (NG) (eq. 3), número de gemas viáveis m^{-1} (NGV) (eq. 4) e o total de gemas inviáveis (%) (TGI) (eq. 5), sendo consideradas inviáveis aquelas que sofreram ataques causados por pragas e doenças, prováveis fragmentações, proporcionadas pelos impactos provenientes da colheita mecanizada, transporte das mudas até a área de plantio, descarga dos rebolos dentro da caçamba da plantadora ou qualquer tipo de dano que possa comprometer sua eficiência de brotação.

$$NG = \frac{NG}{5} \dots\dots\dots (3)$$

Em que: NG: número de gemas m^{-1} ; NG: número de gemas em 5 metros; 5: número de metros avaliados.

$$NGV = \frac{NGV}{5} \dots\dots\dots (4)$$

Em que: NGV: número de gemas viáveis m^{-1} ; NGV: número de gemas viáveis em 5 metros.

$$TGI = \frac{NGI}{NG} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

Em que: TGI: total de gemas inviáveis (%); NGI: número de gemas inviáveis em 5 metros; NG: número de gemas em 5 metros.

3.4.4 Estimativa do consumo de mudas

Obteve-se a massa dos rebolos encontrados no sulco de avaliação e com base no espaçamento de plantio, estimou-se o consumo de mudas (CM) (eq. 6) utilizadas no plantio mecanizado.

$$CM = \frac{m \times 6666,66}{1000} \dots\dots\dots(6)$$

Em que: CM: consumo de mudas (Mg ha⁻¹ é equivalente à t ha⁻¹); m: massa dos rebolos dentro do sulco (kg m⁻¹); 6666,66: número de metros lineares em um hectare de plantio; 1000: Fator de conversão de kg ha⁻¹ para Mg ha⁻¹.

3.4.5 Profundidade e cobertura de sulco

A profundidade e cobertura do sulco foram obtidas após o plantio das mudas nos sulcos. Foi posicionado um gabarito na borda dos sulcos. Cavou-se até encontrar o rebolo de cana e mediu-se a distância do rebolo até o gabarito com auxílio de trena, determinando-se a cobertura do sulco. Para determinar a profundidade do sulco foi escavado o sulco até encontrar o adubo e então medido a distância do adubo até o gabarito.

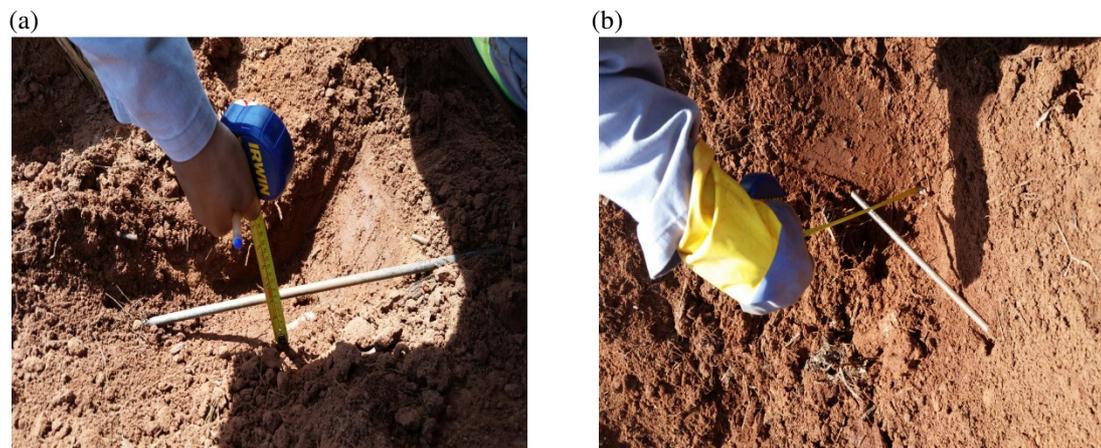


FIGURA 3. (a) Cobertura do sulco. (b) profundidade do sulco.

3.4.6 Paralelismo entre sulcos

Após o plantio foi medido de centro a centro de dois sulcos adjacentes a distância entre ambos de forma direta com uma trena.

3.4.7 Falhas de plantio

As avaliações de falhas de plantio foram realizadas aos 60 dias após a operação do plantio mecanizado (DAP). Foram identificadas e somadas as interrupções maiores que 0,50 m sem presença de mudas dentro dos sulcos nos 100 metros de avaliação (20 m x 5 fileiras de plantio), sendo realizado 30 pontos para o período diurno e 30 pontos para o período noturno, a avaliação de falhas foi realizada baseada na metodologia proposta por Stolf (1986) que consiste em computar a somatória da distância de falhas acima de 0,5 m, num determinado trecho da fileira ou linha de cana-de-açúcar, e classificá-las de acordo com os seguintes índices:

QUADRO 2. Índices de falhas para avaliação da qualidade do plantio.

% Falha > 0,5m	Avaliação do plantio
0 a 10	Excelente
11 a 20	Bom
21 a 35	Médio
35 a 50	Ruim
>50	Péssimo

Fonte: Stolf (1986).

3.5 Análise estatística

3.5.1 Estatística descritiva e análise de variância

Inicialmente, os dados foram analisados por meio da estatística descritiva, segundo Vieira et al. (2002), obtendo-se média, variância, coeficiente de variação, assimetria e curtose. Segundo Pimentel Gomes (2000), em experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% considera-se o mesmo como baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão, de 10% a 20% os CVs são considerados médios, implicando em boa precisão, de 20% a 30% são julgados altos, significando baixa precisão e acima de 30% são tidos como muito altos, indicando baixíssima precisão.

Foi utilizado o teste Ryan-Joiner para verificar a normalidade dos dados. O teste de Ryan-Joiner faz uso do teste de hipóteses de modo a confirmar se os dados seguem a distribuição normal e, portanto, os desvios da normalidade não seriam

significativos (BONFIM, 2008). Tal teste utiliza a estatística baseada no coeficiente de correlação de Ryan-Joiner, rejeitando-se a hipótese nula quando os valores do coeficiente de correlação são inferiores aos valores críticos estabelecidos, possuindo valores confiáveis sobre a distribuição do conjunto de dados (VOLTARELLI et al., 2015).

Procedeu-se a análise de variância para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas entre os turnos diurnos e noturnos.

3.5.2 Controle estatístico do processo

Para se ter um processo de qualidade, será necessário reduzir a variabilidade e centralizar a média da variável-resposta Y próxima ao valor-alvo. Para isso, será imprescindível o estabelecimento de níveis adequados aos fatores controláveis por meio do planejamento e da análise de experimentos, e dos ajustes e controles, por meio do controle estatístico do processo (CEP), identificando e eliminando as causas especiais quando se manifestarem, além de ações contínuas em longo prazo capazes de reduzir os efeitos aleatórios dos fatores não controláveis.

Para a utilização das ferramentas de CEP, cada repetição foi tratada como um valor individual, ponto a ponto, a fim de verificar a variabilidade pontual e a existente ao longo da operação. Para a construção dos gráficos das cartas de controle para valores individuais foram utilizados todos indicadores de qualidade da operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar independentemente da sua suposição de normalidade (MONTGOMERY, 2004).

Os métodos estatísticos utilizados para as determinações da estabilidade do processo foram as cartas de controle para cada variável e a amplitude móvel, que têm como linha central a média geral, bem como os limites superior e inferior de controle, definidos como LSC e LIC, calculados com base no desvio-padrão das variáveis.

O processo é considerado sob controle ou estável quando demonstra somente variação aleatória, dentro dos limites superior e inferior de controle tanto para a carta de valor individual como na de amplitude móvel (Figura 4). Já o processo está fora

de controle quando aparecem pontos acima dos limites superior e inferior de controle, sendo consideradas causas especiais não aleatórias, extrínsecas ao processo.

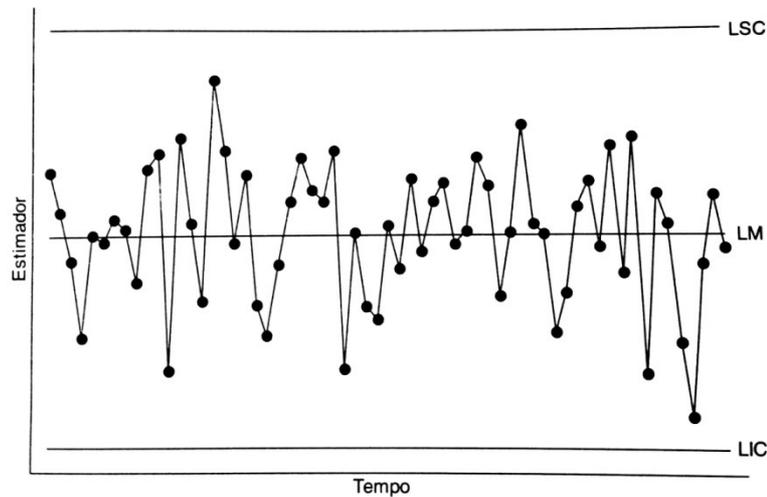


FIGURA 4. Modelo de carta de controle para detectar padrões não aleatórios. Limite superior de controle (LSC), média (LM), limite inferior de controle (LIC) (Fonte: RIBEIRO JUNIOR, 2013).

3.5.3 Limites específicos de controle dos atributos avaliados

Para definir se o processo encontra-se fora de controle é analisado os pontos que se encontram fora do limite específico superior (LES) e inferior (LEI) definidos pela unidade de produção. Os limites específicos de controle podem ser maiores ou menores que os limites superior e inferior de controle calculado 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, quando maior que zero), assim não necessariamente atendem aos limites estatísticos de controle, mas sim ao processo produtivo da unidade.

Os limites específicos são parâmetros baseados em recomendações técnicas, critérios agrícolas, que podem proporcionar melhores padrões de qualidade para um determinado processo, e econômicos, contidos em bibliografia ou em valores usuais, para os indicadores de qualidade avaliados (VOLTARELLI, 2013).

Assim, os limites específicos foram definidos pelo setor de controle de qualidade da unidade de produção visando a qualidade da operação de plantio

mecanizado, permitindo demonstrar o nível de eficiência das atividades agrícolas, em relação aos limites ideais à organização (Quadro 3).

QUADRO 3. Limites específicos de controle para os indicadores de qualidade definidos pela unidade de produção.

Indicadores de Qualidade	Limite específico inferior (LEI)	Limite específico superior (LES)
NR	9	15
NG	15	25
NGV	15	25
CM	12	16
OS	0,25	0,35
CS	6	10
ES	1,45	1,55

NR – número de rebolos m^{-1} ; NG – número de gemas m^{-1} ; NGV – número de gemas viáveis m^{-1} ; CM – consumo de mudas ($Mg\ ha^{-1}$); PS – profundidade do sulco (m); CS – cobertura do sulco (cm); ES – espaçamento entre sulco (m).

O controle de qualidade visa o máximo de eficácia da operação de plantio mecanizado, assim entende-se que o TDN (%) e TDMG (%) para o pré-plantio e TGI (%) no plantio não têm um reflexo positivo quando aparecem na avaliação do plantio, portanto espera-se que os mesmos não acontecessem, definindo-se o limite esperado como sendo zero.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatística descritiva dos atributos avaliados

Por meio da média (Quadro 4) pode-se perceber que o total de danos mecânicos nas gemas (TDMG) foi maior para o turno noturno, apresentando também maior variabilidade dos dados de acordo com o coeficiente de variação, e pelos valores de mínimo e máximo. Ao observar a análise de variância para o TDMG, percebe-se que as médias apresentaram diferenças significativas entre os turnos de operação.

O coeficiente de variação, segundo Pimentel Gomes (2000), pode ser considerado muito alto para TDN, médio para TDMG diurno e alto para TDMG noturno, indicando alta variabilidade dos dados. O coeficiente de assimetria para TDN indica uma distribuição assimétrica negativa, para o TDMG diurno e noturno o coeficiente de assimetria indica uma distribuição assimétrica positiva, porém ambas as variáveis quando submetidas ao teste de normalidade de Ryan-Joiner apresentaram distribuição normal dos dados.

Segundo Léon et al. (2005), a análise do comportamento de um conjunto de dados de determinados atributos de avaliação de operações quando associada aos parâmetros da estatística descritiva, serve para dar uma visão geral sobre a distribuição dos resultados de determinada variável, podendo-se verificar a variabilidade da amostra e, por fim, detectar eventuais situações insatisfatórias.

QUADRO 4. Estatística descritiva dos atributos avaliados para o pré-plantio.

Atributos	M	DP	V	CV	Mín	Max	Cs	Ck	N
DIURNO									
TDN	2,53	1,66	2,77	65,61	0,00	5,00	-0,16	-1,22	N
TDMG	8,81 b	1,57	2,46	17,82	7,78	12,79	2,16	4,79	N
NOTURNO									
TDMG	11,78 a	3,16	10,01	26,75	8,11	17,58	1,03	0,15	N

M – média; DP – desvio padrão; V – variância; CV – coeficiente de variação; Mín – mínimo; Max – máximo; Cs – coeficiente de assimetria; Ck – coeficiente de curtose; N – teste de normalidade de Ryan-Joiner (N: distribuição normal – $p > 0,05$; A: distribuição Assimétrica – $p < 0,05$); TDN (%) – total de danos naturais; TDMG (%) – total de danos mecânicos gemas. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pela análise de variância, e comparação os turnos diurno e noturno no mesmo atributo.

O acompanhamento da qualidade das mudas no momento da colheita mecanizada é importante para o sucesso do plantio mecanizado, pois interfere diretamente na qualidade e nos custos de produção da operação. Caso as gemas estejam chegando muito danificadas ao plantio, elevará o consumo de mudas (Mg ha^{-1}) para garantir o mesmo número de gemas viáveis por metro requeridas pela unidade produtora.

Os danos naturais, ao serem quantificados no momento da colheita, permitem que, à unidade possa decidir em escolher outra cana para utilizar como muda caso observado elevado índice de danos naturais, ou parar a colhedora para readequação e ajustes no caso de altos índices de danos mecânicos, pois a cana ou a máquina por algum fator não estão atendendo o padrão necessário para o sucesso do plantio.

Vários trabalhos ao caracterizar as mudas antes do plantio apresentam somente o número de gemas inviáveis, tal indicador não mostra ao certo o que está ocorrendo com as gemas e a possível solução imediata para melhorar a qualidade das gemas que chegarão ao plantio. Exemplos destas análises podem ser visualizados em: Janini (2007), Cebim (2007), Cebim (2008) e Voltarelli (2013).

O total de gemas inviáveis (TGI) (Quadro 5) no período noturno de operação apresentou distribuição assimétrica de probabilidade, podendo ser observado pelo coeficiente de variação muito alto de acordo com Pimentel Gomes (2000) e pelos valores de máximo e mínimo, sendo confirmado pelos coeficientes de assimetria e curtose que apresentaram distribuição platicúrtica e assimétrica negativa respectivamente.

As variáveis número de rebolos m^{-1} (NR), número de gemas m^{-1} (NG), número de gemas viáveis m^{-1} (NGV) e consumo de mudas (CM) para ambos os turnos de operação e a variável total de gemas inviáveis (TGI) para o turno diurno de operação apresentaram distribuição normal dos dados de acordo com o teste de Ryan Joiner, apresentando distribuição simétrica do conjunto de dados, sendo confirmado pelos valores de assimetria e curtose próximos de zero. Pela análise de variância as médias de NR, NG, NGV, TGI e CM não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os turnos de operação.

O coeficiente de variação pode ser classificado em alto para NR, NG, NGV e CM para o turno diurno e muito alto para TGI diurno, NR, NG, NGV, TGI e

CM para o turno noturno, segundo a classificação de Pimentel Gomes (2000). A variabilidade existente para todas as variáveis analisadas pode ser explicada em função da elevada dispersão do conjunto de dados, que também pode ser observada pelos desvios padrão.

Voltarelli (2014) avaliando a qualidade do plantio mecanizado para o turno diurno e noturno encontrou coeficiente de variação muito alto para NR, NGV e CM para ambos os turnos e alto para NG para o turno diurno, valores que se assemelham aos encontrados neste trabalho. Segundo Paulino et al (2004) um dos problemas na obtenção de dados em experimentos de campo com cana-de-açúcar é que o coeficiente de variação é geralmente mais alto que ensaios de laboratório e, como consequência, diversos trabalhos mostram que não há diferença estatística significativa a 5% de probabilidade entre os tratamentos.

QUADRO 5. Estatística descritiva dos atributos avaliados no pós-plantio.

Atributos	M	DP	V	CV	Mín	Max	Cs	Ck	N
DIURNO									
NR	8,36 a	2,30	5,30	27,52	4,60	13,40	0,21	-0,25	N
NG	18,12 a	4,89	23,91	26,98	10,00	27,20	0,08	-0,93	N
NGV	15,88 a	4,45	19,85	28,02	8,80	23,00	0,06	-1,27	N
TGI (%)	12,39 a	5,76	33,25	46,48	4,12	27,37	0,72	0,31	N
CM	8,61 a	2,47	6,14	28,68	3,33	13,33	-0,29	-0,29	N
NOTURNO									
NR	9,58 a	3,08	9,49	32,14	4,20	14,40	0,07	-0,88	N
NG	20,69 a	6,35	40,33	30,69	8,40	28,80	-0,50	-0,94	N
NGV	18,25 a	5,49	30,23	30,08	7,80	25,40	-0,50	-0,90	N
TGI (%)	11,49 a	4,11	16,94	35,77	3,75	16,67	-0,50	-1,03	A
CM	9,77 a	2,99	8,97	30,60	4,00	13,33	-0,46	-0,69	N

M – média; DP – desvio padrão; V – variância; CV – coeficiente de variação; Mín – mínimo; Max – máximo; Cs – coeficiente de assimetria; Ck – coeficiente de curtose; N – teste de normalidade de Ryan-Joiner (N: distribuição normal – $p > 0,05$; A: distribuição Assimétrica – $p < 0,05$); NR – número de rebolos m^{-1} ; NG – número de gemas m^{-1} ; NGV – número de gemas viáveis m^{-1} ; TGI (%) – total de gemas inviáveis; CM – consumo de mudas ($Mg\ ha^{-1}$). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pela análise de variância, e comparação os turnos diurno e noturno no mesmo atributo.

Observa-se ainda que a média do consumo de mudas se encontra abaixo dos limites estabelecidos pela unidade produtora, o que justifica os valores de gemas por metro (Quadro 5) que apresentaram média próxima aos limites específicos inferiores apresentados no (Quadro 3), se as gemas distribuídas por metro apresentarem alto número de gemas inviáveis, o número de gemas viáveis por metro não atenderia aos limites específicos impostos pela unidade de produção para garantir a qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

Segundo Raveli (2013), o consumo excessivo e desnecessário de mudas de cana-de-açúcar no sistema de plantio mecanizado faz com que seja colhida uma área maior de cana para muda, conseqüentemente eliminando áreas de produção para indústria e onerando ainda mais os custos do plantio e produção, percebe-se assim que precisa haver o equilíbrio para o consumo de mudas, pois um consumo elevado aumentaria muito os custos de produção, porém um baixo consumo poderia trazer prejuízos ao plantio e geração de custos com replantio, caso o baixo consumo venha acompanhado de elevados índices de gemas inviáveis.

A profundidade do sulco e espaçamento entre sulcos no plantio mecanizado da cana-de-açúcar (Quadro 6) apresentaram distribuição normal dos dados verificada pelo teste de Ryan-Joiner, para ambos os turnos de operação, sendo confirmada pelos coeficientes de assimetria e curtose próximos de zero. Os dados de cobertura do sulco apresentaram distribuição assimétrica para ambos os turnos de operação, o que pode ser confirmado pelos altos valores de coeficiente de curtose e valores negativos do coeficiente de assimetria.

QUADRO 6. Estatística descritiva dos atributos de cobertura, profundidade e paralelismo do sulco.

Atributos	M	DP	V	CV	Mín	Max	Cs	Ck	N
DIURNO									
OS	0,28 a	0,02	0,00	8,99	0,23	0,33	-0,27	-0,52	N
CS	8,20 a	1,95	3,82	23,78	0,00	10,00	-2,64	10,18	A
ES	1,53 a	0,06	0,00	4,31	1,38	1,70	0,23	0,31	N
NOTURNO									
OS	0,28 a	0,03	0,00	11,60	0,22	0,34	-0,38	-1,08	N
CS	7,96 a	1,54	2,37	19,34	6,00	10,00	-0,00	-1,47	A
ES	1,52 a	0,07	0,00	4,60	1,35	1,70	-0,08	0,77	N

M – média; DP – desvio padrão; V – variância; CV – coeficiente de variação; Mín – mínimo; Max – máximo; Cs – coeficiente de assimetria; Ck – coeficiente de curtose; N – teste de normalidade de Ryan-Joiner (N: distribuição normal – $p > 0,05$; A: distribuição Assimétrica – $p < 0,05$); PS – profundidade de sulco (m); CS – cobertura de sulco (cm); ES – espaçamento entre sulco (m). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pela análise de variância, e comparação os turnos diurno e noturno no mesmo atributo.

Pela análise de variância as médias de PS, CS e ES não apresentaram diferenças significativas entre os turnos de operação, sendo confirmada pela baixa variância de cada variável entre os turnos de operação. O coeficiente de variação para PS, ES no turno diurno e ES noturno pode ser considerado como baixo, a CS para o turno diurno apresentou alto coeficiente de variação e a PS e CS para o turno noturno apresentaram coeficiente de variação médio, segundo Pimentel Gomes

(2000). Raveli (2013) avaliando o plantio mecanizado de cana-de-açúcar encontrou valores de coeficiente de variação baixo para ES e médio para PS com valores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

4.2 Controle estatístico do processo

O total de danos naturais (Figura 5) no CEP apresentou processo estável para a carta de valor individual, com todos os pontos dentro dos limites de controle estabelecidos por três vezes o desvio padrão para LSC e fixado em zero para o LIC. O total de danos naturais foi avaliado apenas no turno diurno pelo fato das mudas serem colhidas no mesmo talhão para ambos os turnos, e os danos naturais não serem afetados pelos turnos de colheita.

O total de danos naturais está relacionado com a qualidade da cana muda e seus fatores endógenos ligados ao potencial da cana muda como idade das gemas e variedade. A unidade produtora aceita até 7% de total de danos naturais sem que haja a necessidade de escolher uma nova área para a colheita de mudas.

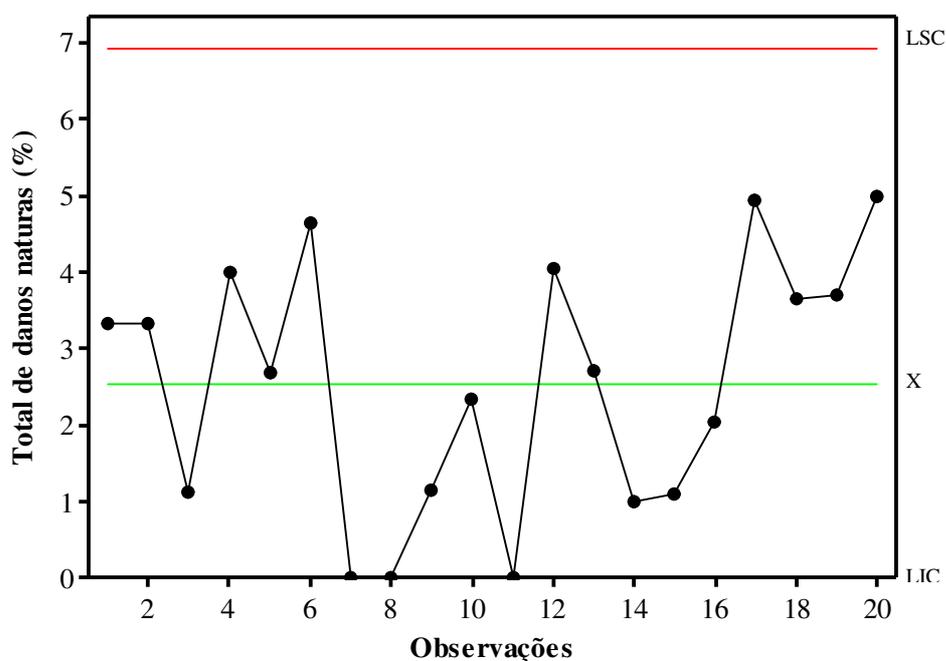


FIGURA 5. Cartas de controle de valor individual para total de danos naturais (%). LSC: limite superior de controle. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais.

A variável total de danos mecânicos gemas (Figura 6) para o período de operação noturno apresenta maiores valores de danos mecânicos e maior variação que o período diurno, demonstrando que o turno diurno apresentou menor dano mecânico às gemas. Tal fonte de variação externa ao processo pode ser atribuída aos chamados fatores “6 M’s” (mão de obra, matéria prima, meio ambiente, máquina, método e medição), sendo neste caso uma possível fonte de variação devido à mão de obra, pela mudança de operador do turno diurno para o noturno que pode ter operado em velocidade de colheita superior ao turno diurno, e devido às condições de visibilidade inerentes ao turno noturno.

Ambos os turnos de operação apresentaram processo estável em relação aos limites de controle situados a três vezes o desvio padrão da média. Para o controle de qualidade específico ao plantio o ideal é o menor número possível de danos às gemas, assim tal indicador permite monitorar a colheita e realizar pequenos ajustes na colhedora a fim de melhorar a qualidade da colheita sem danificar as gemas.

Segundo Lai et al. (2009), a colheita mecanizada é a maior causa de diminuição da porcentagem de gemas viáveis enviadas ao plantio devido ao atrito das gemas com a colhedora. Neste sentido explica-se o uso de borrachas (kit muda) em algumas peças da colhedora, aliado a menores velocidades de deslocamento da mesma (RAVELI, 2013).

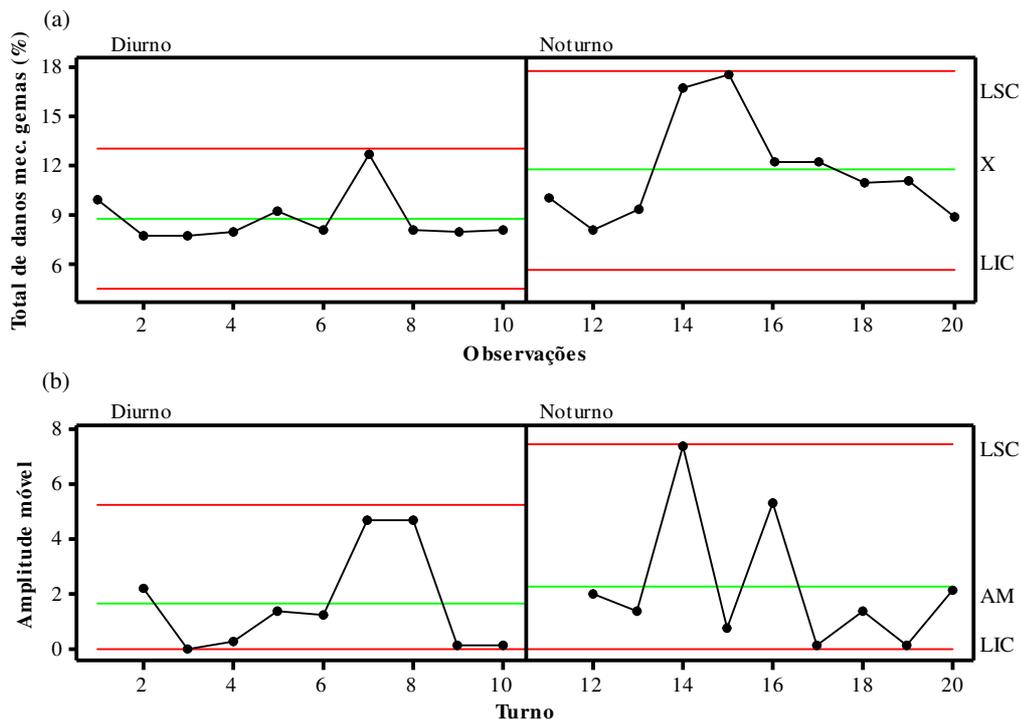


FIGURA 6. Cartas de controle para total de danos mecânicos gemas (%). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

O número de rebolos m^{-1} (Figura 7) não apresentou pontos discrepantes para os turnos de operação. Percebe-se maior variação interquartílica para o período noturno de operação, porém o processo se apresentou estável em ambos os turnos de operação de acordo com as cartas de valor individual (a) e amplitude móvel (b). Pode-se perceber grande quantidade de pontos abaixo do limite específico de controle o que pode estar relacionado ao operador da plantadora que controla a esteira distribuidora de mudas que poderia em alguns momentos ter realizado baixa alimentação de cana.

Raveli (2013) avaliando a qualidade do plantio de cana-de-açúcar percebeu que a deposição de rebolos no sulco é realizada com maior eficácia e menor índice de falhas no sistema de plantio semimecanizado por ocorrer de forma manual, enquanto que a deposição de rebolos no sulco pela plantadora pode ser afetada pela velocidade do conjunto trator-plantadora, vazão de óleo disponibilizada para as esteiras distribuidoras e pela habilidade do operador da plantadora, corroborando com Pauli (2009), que cita que os sistemas mecânicos de distribuição de mudas das plantadoras apresentam-se em grande parte sujeitos à habilidade, experiência e

percepção do operador. O número de rebolos m^{-1} apresentou 60,00% dos pontos abaixo do limite inferior específico para o turno diurno e 50,00% dos pontos abaixo do limite inferior específico para o noturno.

A média do número de rebolos encontrada neste trabalho se assemelha a encontrada por Noronha (2011), porém a média neste trabalho se situa abaixo do limite inferior específico para o turno diurno e próxima ao limite inferior específico para o noturno, tal fato pode representar uma ameaça ao sucesso do plantio caso as gemas venham apresentar um número elevado de gemas inviáveis.

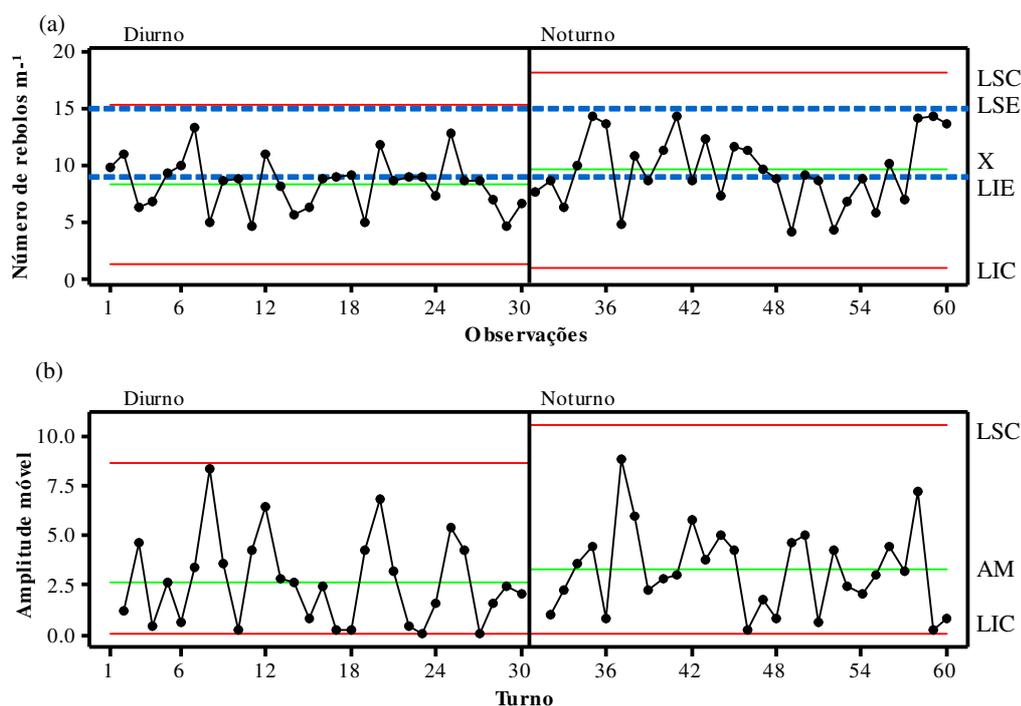


FIGURA 7. Cartas de controle para número de rebolos m^{-1} . (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LSE: limite superior específico. LIE: limite inferior específico. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

Em relação ao número de gemas m^{-1} (Figura 8), tanto para a operação no período diurno quanto para o noturno o processo se apresentou estável, não apresentando causas especiais de variação do processo de acordo com os limites de controle estimados pelo valor médio, somado ou subtraído a três vezes o desvio padrão, com base nas cartas de controle de valor individual (a) e amplitude móvel (b).

Observando-se os limites específicos de controle, a variável apresentou 33,33% dos pontos acima do limite superior específico (LSE) para o período noturno

e 33,33% dos pontos abaixo do limite inferior específico (LIE) para o período diurno. Janini (2007) e Cebim (2008), avaliando a qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar, encontraram valores próximos à média para número de gemas m^{-1} neste trabalho. Porém, Voltarelli (2013), encontrou média de número de gemas totais m^{-1} de 37,05 para o turno diurno e 34,95 noturno, o que difere bastante deste trabalho que apresenta média de 18,00 gemas m^{-1} para o diurno e 20,00 gemas m^{-1} noturno.

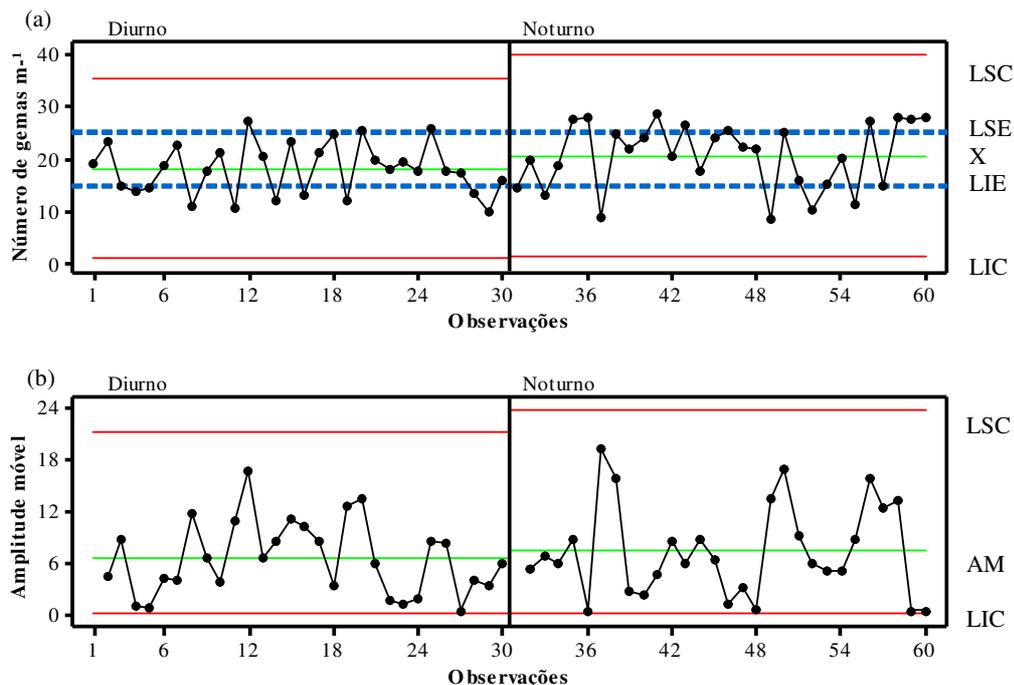


FIGURA 8. Cartas de controle para número de gemas m^{-1} na operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LSE: limite superior específico. LIE: limite inferior específico. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

O número de gemas viáveis m^{-1} (Figura 9), apresentou processo estável de acordo com as cartas de valor individual (a) e amplitude móvel (b) os quais apresentaram todos os pontos dentro dos limites de controle superior e inferior estimados por três vezes o desvio padrão para ambos os turnos de operação.

Ao analisar os limites específicos de controle pode-se perceber tendência dos pontos abaixo dos limites específicos de controle para os dois turnos de operação, sendo 40,00% dos pontos abaixo do limite inferior específico para o turno diurno e 26,66% abaixo para o período noturno, o período de operação noturno apresentou maior variação que o diurno. Isto também foi observado por Voltarelli (2013), que avaliando a qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar

encontraram maior variabilidade do número de gemas viáveis m^{-1} para o turno noturno de operação corroborando com os resultados deste trabalho. A densidade de gemas viáveis é a característica de maior importância no processo de plantio, sendo crucial para garantir bons resultados e alcançar os objetivos de qualidade (RAVELI, 2013).

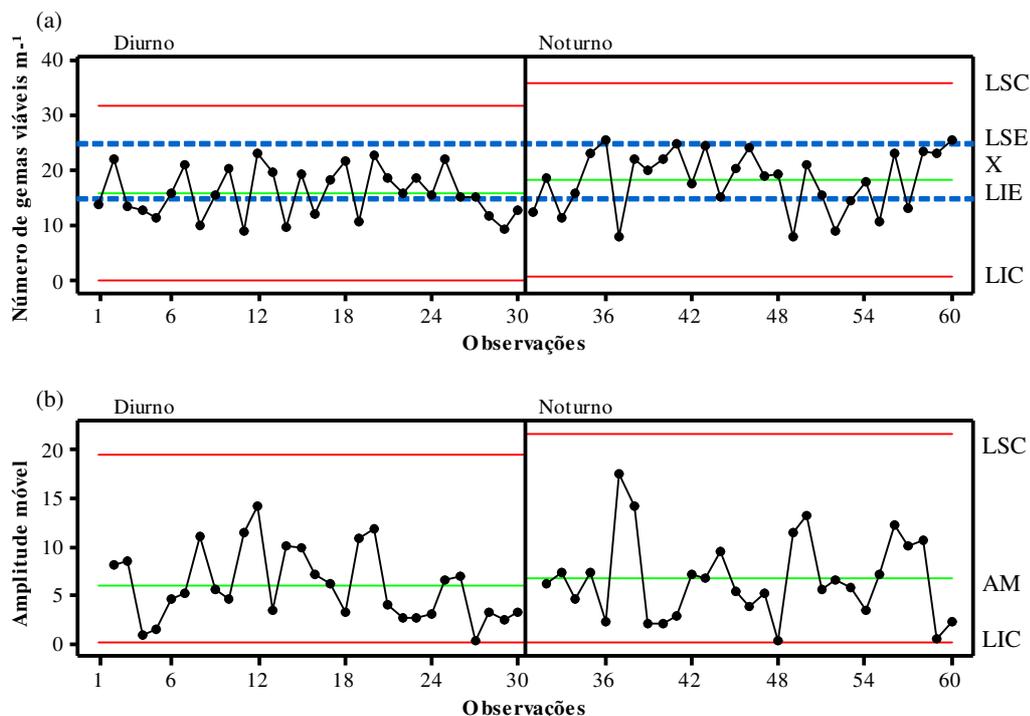


FIGURA 9. Cartas de controle para número de gemas viáveis m^{-1} na operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LES: limite superior específico; LIE: limite inferior específico. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

O total de gemas inviáveis (%) (Figura 10) apresentou processo estável tanto para a carta de valor individual (a) como para a carta de amplitude móvel (b) em ambos os turnos de operação, porém apresentou elevados valores de gemas inviáveis, com todas as observações da carta individual de controle acima de 5,00% de gemas inviáveis. Isto tem reflexo negativo para o processo, uma vez que o importante para o plantio é o número de gemas viáveis por metro e a não existência de gemas inviáveis.

A maior variabilidade do total de gemas inviáveis (%) observada no turno noturno pode ser confirmada pelo total de danos mecânicos gemas (%) que se apresentou maior para este turno e que está diretamente relacionado ao número de

gemas inviáveis m^{-1} . Cebim (2008), avaliando dois sistemas de plantio de cana-de-açúcar e quantificando as porcentagens de gemas inviáveis por metro linear de sulco no sistema mecanizado, encontrou 40,00% de gemas inviáveis m^{-1} , valor superior ao limite superior de controle deste trabalho. O autor concluiu que para o sistema mecanizado de plantio, as unidades de produção podem adotar um número superior de gemas m^{-1} para garantir o número de gemas viáveis m^{-1} recomendada, devido aos danos mecânicos aos quais as gemas estão expostas, acrescidos aos danos naturais.

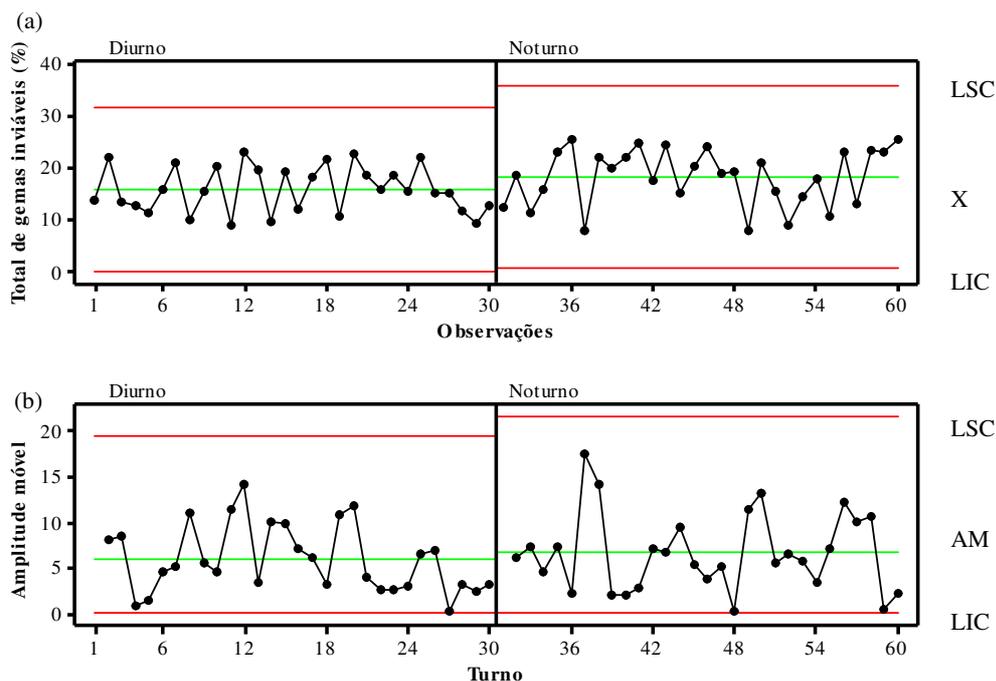


FIGURA 10. Cartas de controle para total de gemas inviáveis (%). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

O consumo de mudas ($Mg\ ha^{-1}$) (Figura 11) para o turno diurno apresentou processo instável de acordo com a carta de amplitude móvel (b) que apresenta um ponto com alta variabilidade observação n° 8. Quando analisa-se o ponto que tornou o processo instável, percebe-se que o mesmo apresentou o menor valor para o consumo de mudas, sendo bem abaixo dos limites específicos desejados tornando o processo instável.

Nos dois turnos de operação, pode-se perceber um baixo consumo de mudas sendo, 90,00% dos pontos abaixo dos limites específicos para o turno diurno e 63,33% dos pontos abaixo para o turno noturno, o que pode ser explicado pelo mecanismo dosador da plantadora e velocidade de operação. O consumo de mudas

para o turno noturno apresentou processo estável de acordo com a carta de valor individual (a) e amplitude móvel (b) para os limites de controle baseados em três vezes o desvio padrão da média.

A média de consumo de mudas neste trabalho para o turno diurno foi de 8,61 (Mg ha⁻¹) e 9,77 (Mg ha⁻¹) para o turno noturno, sendo valores bem abaixo do encontrado em outros trabalhos com qualidade de plantio mecanizado como no de Janini (2007), que encontrou 13,27 (Mg ha⁻¹) e Voltarelli (2014), que encontrou 23 (Mg ha⁻¹), porém segundo Beauclair e Scarpari (2006), que afirmam que em média para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar é comum uma quantidade em torno de 10 (Mg ha⁻¹), para Nogueira e Alonso (2007), o consumo de mudas de cana-de-açúcar pode chegar até 15 (Mg ha⁻¹) dependendo do comprimento dos rebolos, número de internódios dos colmos e principalmente pelo número de gemas viáveis no momento do plantio, já Oliveira (2012), cita que em virtude da colheita mecanizada, o plantio mecanizado pode chegar ao consumo médio de mudas de aproximadamente 20 (Mg ha⁻¹), percebe-se assim grande variação no consumo de mudas entre os autores da área, porém os limites específicos buscados neste trabalho de 15 a 25 (Mg ha⁻¹) estão dentro do aceitável e recomendado pela literatura.

O baixo consumo de mudas e a alta variabilidade encontrada neste trabalho podem ser justificados pelo fator máquina e mão de obra, já que a uniformidade de distribuição depende da regulagem da esteira distribuidora de mudas na plantadora e do controle da esteira pelo operador na cabine da plantadora (VOLTARELLI, 2013).

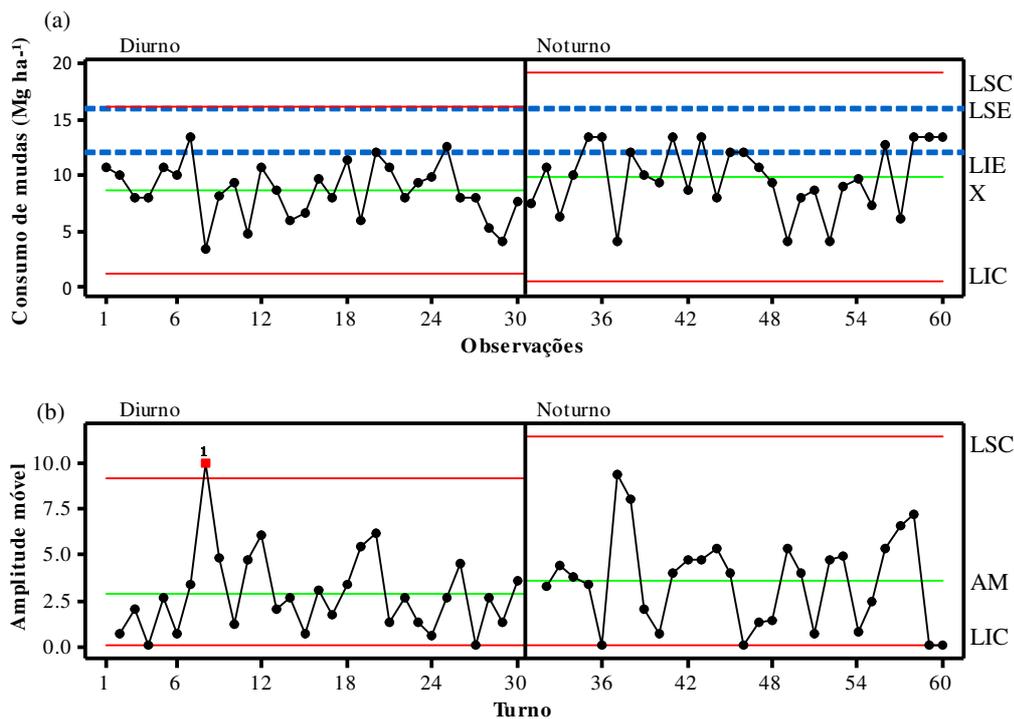


FIGURA 11. Cartas de controle para consumo de mudas (Mg ha^{-1}) no plantio. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LSE: limite superior específico. LIE: LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

A profundidade de sulco (Figura 12) para o turno diurno apresentou processo estável de acordo com a carta de controle para valores individuais (a) e amplitude móvel (b), pois todas as observações situaram-se dentro dos limites inferior e superior de controle baseados em três vezes o desvio padrão, para ambas as cartas, sendo observadas apenas causas naturais atuando no decorrer do processo.

O turno de operação diurno apresentou 28 dos 30 pontos observados dentro dos limites específicos de controle da unidade apresentando somente dois pontos abaixo do limite específico inferior nas observações nº 5 e nº 17, mostrando assim a estabilidade do processo. A profundidade do sulco para o turno noturno apresentou processo instável de acordo com a carta de amplitude móvel (b) devido à observação nº 39 que pelo baixo valor de profundidade do sulco, tornou o processo instável.

A presença de 93,33% e 76,66% dos pontos dentro dos limites específicos de controle para o turno diurno e noturno, respectivamente, pode estar relacionada ao relevo da área e a uniformidade do perfil do solo no momento do plantio. Segundo Furlani e Voltarelli (2015), a profundidade de sulco ideal para o

bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar deve estar entre 0,20 e 0,30 m valores próximos aos encontrados neste trabalho que obteve como média 0,28 m.

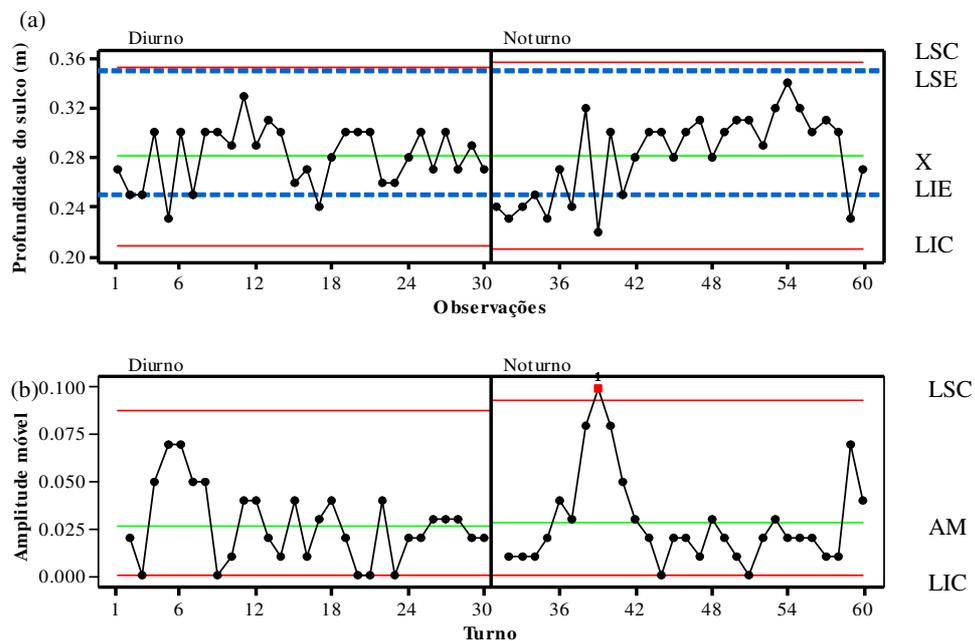


FIGURA 12. Cartas de controle profundidade do sulco (m) na operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LSE: limite superior específico. LIE: limite inferior específico. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

A cobertura do sulco (Figura 13) para o turno diurno apresentou processo instável devido à observação nº 8 na carta de valor individual (a) que apresentou valor baixo de cobertura do sulco, podendo ser considerado como um “outlier”, que é um valor dentro das observações que está fora dos padrões normais, apresentando um grande afastamento dos valores obtidos, que pode ser ocasionado por erros como: má função de máquinas, registros, códigos, erros de entrada de dados, falha em seguir o planejamento experimental, ou porque os dados vêm de diferentes populações (GUEDES, 1996).

O turno noturno apresentou processo estável de acordo com a carta de valor individual (a) e amplitude móvel (b). Apesar da instabilidade do processo no turno diurno, ambos os turnos apresentaram o maior número de observações dentro dos limites específicos buscados pela unidade produtora. A média para cobertura do sulco encontrada neste trabalho foi de 8,3 cm para o turno diurno e 7,97 cm para o

noturno, valores que estão de acordo com os recomendados por Coleti e Stupielo (2006) e Beauclair e Scarpari (2006) que sugerem cobertura do sulco de 5 a 10 cm.

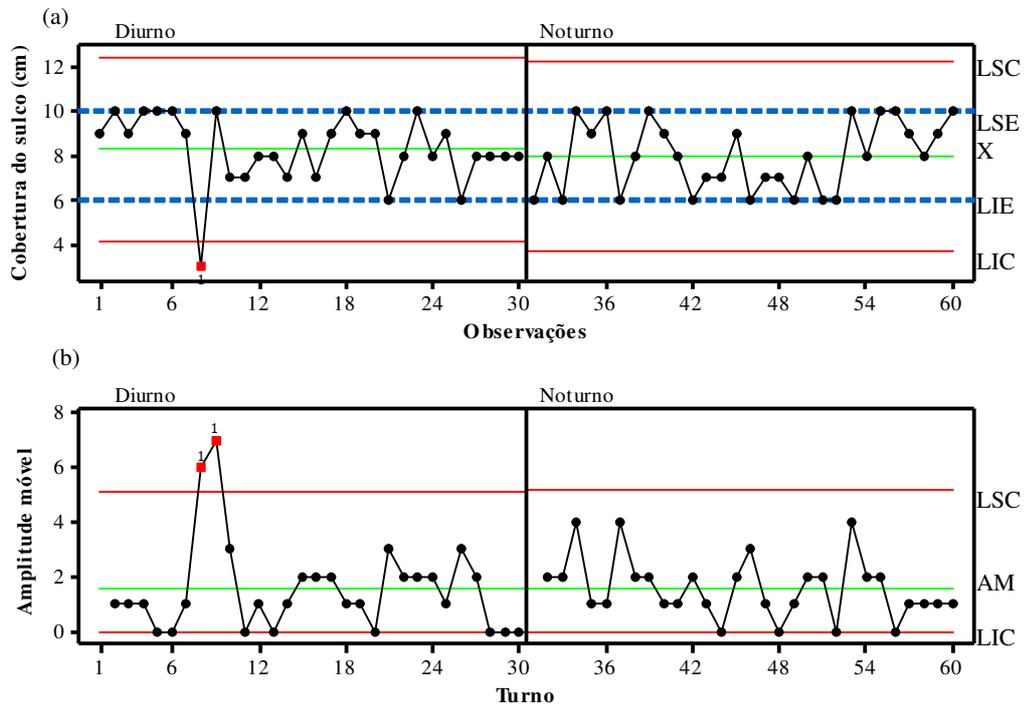


FIGURA 13. Cartas de controle cobertura do sulco (cm) na operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LSE: limite superior específico. LIE: limite inferior específico. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

O espaçamento entre sulco (Figura 14) apresentou processo estável para os dois turnos de operação de acordo com as cartas de valor individual (a) e amplitude móvel (b), apesar dos vários pontos acima ou abaixo dos limites específicos. Tal variação pode ser justificada pela utilização de direcionamento manual do plantio. A variação no espaçamento entre sulcos pode trazer consequências indesejáveis para a cultura da cana-de-açúcar, como o pisoteio da soqueira nas operações subsequentes ao plantio.

Segundo Baio (2012), para que a operação de colheita mecanizada apresente a melhor qualidade possível e o menor pisoteio da soqueira é necessário utilizar direcionamento automático no plantio mecanizado da cana-de-açúcar com o menor erro de alinhamento possível para permitir que as linhas do plantio sejam utilizadas no momento da colheita e assim garantir melhores resultados. Para que o processo atenda aos limites específicos de controle da unidade, será necessária a

implantação de um sistema de direcionamento automático do plantio mecanizado para reduzir os erros de espaçamento entre sulcos. Beauclair e Scarpari (2006) relatam que canaviais colhidos mecanicamente com espaçamentos de 1,50 m têm apresentado vantagens operacionais, minimizando o pisoteio das fileiras de cana.

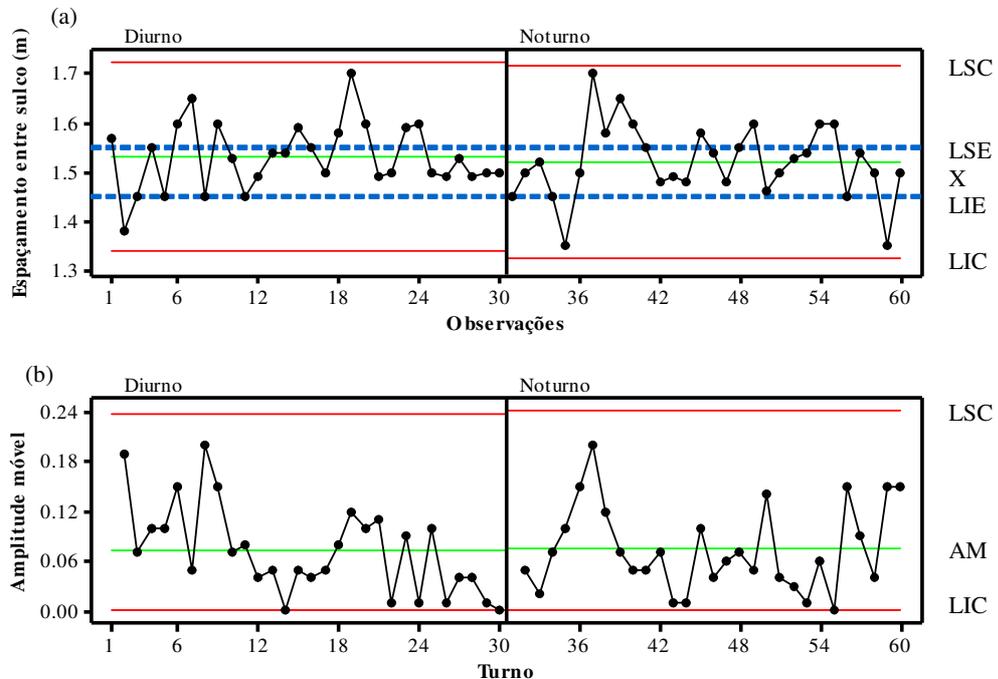


FIGURA 14. Cartas de controle espaçamento entre sulco (m) na operação do plantio mecanizado de cana-de-açúcar. (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LSE: limite superior específico. LIE: limite inferior específico. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

A porcentagem de falhas (%) (Figura 15) apresentou processo instável para o período diurno devido às observações nº 2 e nº 9 na carta de valor individual (a) que apresentaram valores elevados para porcentagem de falhas. O período noturno apresentou processo estável e menor variabilidade em relação ao diurno. Isto pode ser confirmado pelo número de rebolos m^{-1} , número de gemas m^{-1} , gemas viáveis m^{-1} e consumo de mudas ($Mg\ ha^{-1}$) que se apresentaram maiores no turno de operação noturno o que indica que o menor índice de falhas neste período se deve ao maior número de gemas disponibilizadas nos sulcos de plantio.

Voltarelli (2014), avaliando o plantio mecanizado em ambos os turnos de operação, concluiu que o turno noturno apresentou maior qualidade que o diurno para os indicadores de qualidade relacionados aos aspectos agrônômicos da cultura.

Portanto, pelo índice de falhas proposto por Stolf (1986), a qualidade do plantio mecanizado, considerando a média dos pontos avaliados que foi de 13,20% para o turno diurno e 13,02% para o noturno, pode ser classificada como bom plantio para ambos os turnos. Stolf (1986) sugere que falhas na brotação acima de 0,50 m em quantidade acima de 50% do total de falhas avaliadas, deve-se proceder o replantio.

Percebe-se assim, que somente um ponto avaliado no turno diurno apresentou falhas acima de 50% sendo a observação nº 9 da carta de valor individual (a), o que indica que este ponto deverá ser acompanhado novamente aos 90 DAP para então definir se será necessário o replantio. Bramley (2009) considera viável o monitoramento das falhas pós-plantio por meio de imagens aéreas que poderão servir para identificação das faixas falhadas na lavoura e assim proceder ao replantio dessas áreas. Naik et al. (2013) sugere que o replantio das áreas falhadas seja feito por meio de um sistema semimecanizado onde se utiliza mudas (3 a 5 folhas) que serão transplantadas diretamente no solo preparado, proporcionando economia de tempo e custos e mantendo a qualidade das plantas pós-plantio.

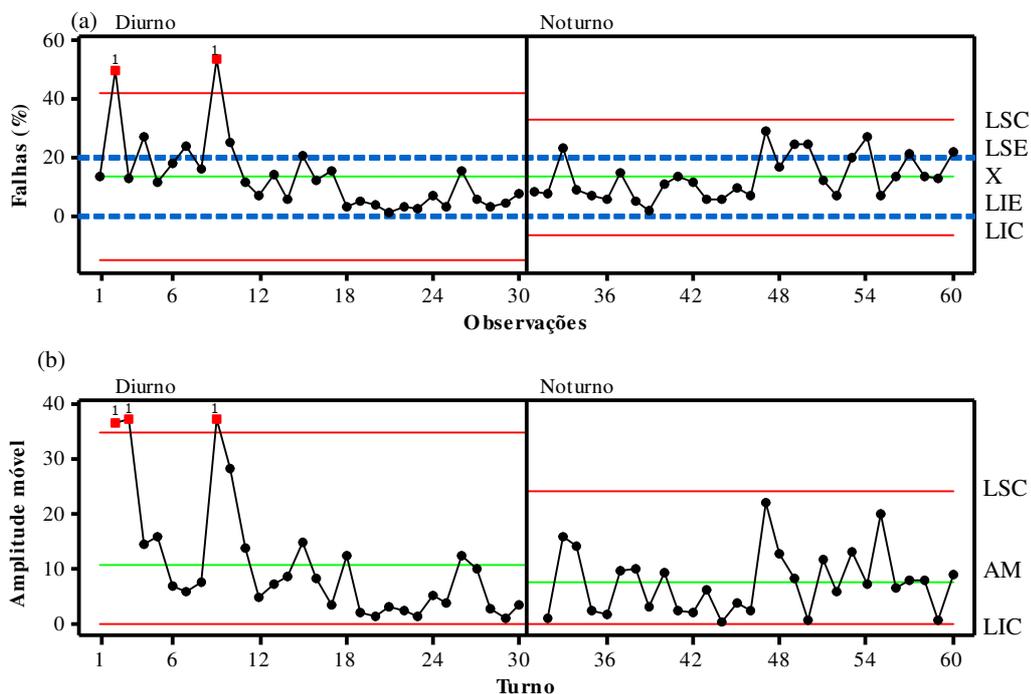


FIGURA 15. Cartas de controle para falhas (%). (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LSE: limite superior específico. LIE: limite inferior específico. LIC: limite inferior de controle. X: média dos valores individuais. AM: média da amplitude móvel.

Para se obter um processo de qualidade no plantio mecanizado é necessário reduzir a variabilidade e centralizar a média da variável resposta próxima ao valor alvo. Assim, é imprescindível o estabelecimento de níveis adequados aos fatores controláveis por meio do planejamento e da análise do plantio no momento em que acontece para permitir ajustes e controles, identificando e eliminando as causas especiais quando se manifestam, além de ações contínuas em longo prazo capazes de reduzir os efeitos aleatórios dos fatores não controláveis (RIBEIRO JUNIOR, 2013).

A observação do comportamento dos pontos dentro dos limites específicos de controle ao longo do processo permite a identificação de amostras fora dos padrões exigidos pela unidade e assim permite que sejam realizadas alterações e adequações aos processos para que seja possível atender aos requisitos de qualidade e garantir o sucesso do plantio mecanizado.

5 CONCLUSÕES

O total de danos mecânicos gemas, total de danos naturais, número de gemas m^{-1} , número de gemas viáveis m^{-1} , total de gemas inviáveis, número de rebolos m^{-1} e espaçamento entre sulco para o turno diurno e noturno, falhas e cobertura do sulco para o turno noturno apresentaram processo estável baseados nos limites superior e inferior de controle para as cartas de valor individual e amplitude móvel.

O consumo de mudas, cobertura de sulco e falhas para o período diurno apresentaram processo instável ou fora de controle.

Para atingir os limites específicos buscados pela unidade produtora para número de gemas viáveis m^{-1} , faz-se necessário aumentar o consumo de mudas verificado neste trabalho. Propõe-se intensificar o treinamento dos operadores do trator e plantadora, realinhar as metas esperadas, qualificando a mão de obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIO, F.H.R. Evaluation of an auto-guidance system operating on a sugarcane harvester. **Precision Agriculture**, New York, v.13, n.1, p.141-147, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11119-011-9241-6>>.

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

BARROS, F.F. **A melhoria contínua no processo de plantio da cana-de-açúcar**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. (Org). **Plantio de cana de açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. v.1. p.80-91.

BENEDINI, M.S.; CONDE, A.J. Espaçamento ideal de plantio para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **Revista Coplana**, Guariba, n.52, p. 26-28, out. 2008.

BONFIM, M.V.J. **Avaliação sanitária de filmes de poliamida (nylon 6) em embalagens acondicionantes de alimentos gordurosos**. 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Programa de Pós graduação em Vigilância Sanitária, Rio de Janeiro, 2008.

BONILLA, J.A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade total na Agricultura, 1994. 344p.

BRAMLEY, R.G.V. Lessons from nearly 20 years of Precision agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application. **Crop and Pasture Science**, Collingwood, v. 60, n. 3, p. 197–217, 2009.

CARLIN, S.D.; SILVA, M.A.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana de açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 296, p. 457-466, 2004.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos da morfologia e fisiologia da cana de açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 187 p.

CASSIA, M.T.; SILVA, R.P.; CHIODEROLI, C.A.; NORONHA, R.H.F.; SANTOS, E.P. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.1, p.28-34, 2013.

CEBIM, G.J. **Plantio mecânico de cana-de-açúcar (Saccharum spp.): desempenho operacional e econômico**. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CEBIM, V.L.S.M. **Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Sacharum sp.*) em dois sistemas de plantio**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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

COLETI, J.T. Técnica cultural de plantio. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. Cap. 3, p. 284-328.

COLETI, J.T.; STUPIELO, J.J. Plantio da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C. (Org). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. Cap. 4, p. 139-153.

CONAB – Companhia nacional de abastecimento. 2015. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar**. V. 2 – Safra 2015/16, n.1 – Primeiro Levantamento, Brasília, p. 1-28, abr. 2015. Disponível: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_09_39_02_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf

FURLANI, C.E.A.; VOLTARELLI, M.A. Plantio Mecanizado de Cana-de-Açúcar: Aspectos Sobre o Plantio Mecanizado e Resultados no Campo. In: Belardo, G. C.; Cassia, M.T.; Silva, R.P. (Org.). **Processos Agrícolas e Mecanização da Cultura da Cana-de-Açúcar**. 1 ed. Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2015, v. 1, p. 259-271.

GALVANI, E; BARBIERI, V; PEREIRA, A.B.; VILLA NOVA, N.A. Efeitos de diferentes espaçamentos entre sulcos na produtividade agrícola da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.54, n.1-2, p. 62-68,1997.

GARCIA, M.A.L. **Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

GUEDES, T.A. **Procedimentos de otimização no planejamento e controle da qualidade de produtos e processos**. 1996. Florianópolis, 140p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.

IDE, B.Y. Cobrimento e seccionamento das mudas de plantio de cana de açúcar. In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, 2., 1984. São Paulo. **Anais...** Piracicaba: Coopersucar, 1984. p.365-376.

JANINI, D.A. **Análise econômica e operacional do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Sacharum sp.*)**. 2007. 148 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LAI, X.; LI, S.; MA, F.; QIN, Z.; ZHOU, J.; ZHENG, G. Simulation and experimental study on sugarcane field excitation to the cutter. **Advanced Materials Research**, Beijing, v. 156-157, p. 1105-1108, 2011.

LÉON, A.; RUBIO, G.; SERNA, G. Autoregressive conditional volatility skewness and kurtosis. **Quarterly review of economics finance**, Philadelphia, v. 45, n. 4, p. 599-618, 2005.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2007. **Balanco nacional da cana-de-açúcar e agroenergia**. Disponível: [HTTP://www.feagri.unicamp.br/energia/bal_nac_cana_agroenergia_2007.pdf](http://www.feagri.unicamp.br/energia/bal_nac_cana_agroenergia_2007.pdf)

MARCHIORI, L.F.S. Plantio de cana inteira e picada na cana de açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 28-31. Jan-fev. 2006.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas: Millennium, 2012. 623 p.

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

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. 6th ed. Wiley. 2004. P. 660.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 300-377

NAIK, R.; ANNAMALAI, S.J.K.; NAIR, N.V.; PRASAD, N.R. Studies on mechanization of planting of sugarcane bud chip settlings raised in portrays. **Sugar Tech**, New York, v. 15, n. 1, p. 27–35, 2013.

NORONHA, R.H.F.; SILVA, R.P.; CHIODEROLI, C.A.; SANTOS, E.P.; CASSIA, M.T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.

OLIVEIRA, C. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar: aspectos operacionais e econômicos**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

OLIVEIRA, T.C.A. **Estudos sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

PAULI, D.G. **Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/ Universidade de São Paulo - USP. 2009.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; AZEVEDO, M. C. B.; SILVEIRA, K.R.P.; TREVISAN, A.A.; MURATA, I.M. Chisel plowing in an Oxisol in post harvest of ratoon cane. **Revista brasileira de ciência do solo**, Sept/Oct. 2004, vol.28, no.5, p.911-917.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. Plantadora de cana. In: Seminário Cooperucar de Tecnologia Agrônômica, 7., 1997. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Cooperucar – São Paulo, 1997. v.1. p.223-231.

RAVELI, M.B. **Controle de qualidade no plantio de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/ Universidade de São Paulo - USP. 2013.

RAVELI, M.B.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A. **Variabilidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. In: SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; CASSIA, M.T.; Controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p. 193-199.

RIBEIRO JUNIOR, J.I. Métodos estatísticos aplicados ao controle da qualidade. Viçosa-MG: Ed. UFV, 2013. 274 p.

RÍPOLI, T.C.C.; RÍPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. 216 p.

RÍPOLI, T.C.C. **Plantio de cana-de-açúcar**: antecedentes e consequentes. Curso de especialização em cana-de-açúcar. São José do Rio Preto: UDOP/APTA-IAC, p.52, 2007.

ROCHA, S.H., **Controle estatístico de processo (C.E.P.)**. Ministério da Educação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba. Departamento Acadêmico de Matemática – Probabilidade e estatística. 2012. 23 p.

SILVA, C.B.; MORAES, M.A.F.D.; MOLIN, J.P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. **Precision Agriculture**, New York, v. 12, n. 1, p. 67–81, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11119-009-9155-8>>.

SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A. **Controle de qualidade em operações agrícolas**. In: SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; CASSIA, M. T.; Controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p. 19-28.

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. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.61-69, jan/mar. 2013.

SILVA, R.P.; CORRÊA, C.F.; CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A. **Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.2, p.292-304, abr/jun. 2008.

SILVA, V.F.A. **Qualidade da semeadura direta de milho com dois mecanismos de pressão no disco sulcador sob duas velocidades**. 2015. 64 f. Tese (Doutorado em produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

SOUZA, R.A. **Análise da qualidade de processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo**. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

STOLF, R. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.4, n. 6, p. 22-36, 1986.

STOLF, R.; BARBOSA, V. Quantidade de muda nos sulcos de plantio de cana de açúcar em espaçamentos convencionais e estreitos: II Fórmulas de previsão e controle. **STAB**. Açúcar, Etanol e Subprodutos, Piracicaba, v. 10, p. 11-15. set/dez. 1991.

STUART, M.; MULLINS, E.; DREW, E. Statistical quality control and improvement. **European Journal of Operational Research**. V. 88, p. 203-214, 1996.

SUGUISAWA, J.M. **Diagnóstico da condição tecnológica, sob a ótica da qualidade, das operações mecanizadas da cultura do trigo em sistema de plantio direto**. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SUGUISAWA, J.M.; FRANCO, F.N.; SILVA, S.S.S.; PECHE FILHO, A. Qualidade de aplicação de herbicida em lavoura de trigo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, p.41-7, 2007. Número Especial.

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, out/dez. 2008.

TRINDADE, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal**. 164p. Dissertação – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

VASCONCELOS, J.R. **Cana-de-açúcar: crescimento, maturação e distribuição de energia**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade o Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. **Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data**. In: ALVAREZ, V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, J.M. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.

VOLTARELLI M.A.; SILVA R.P.; ZERBATO C.; SILVA, V.A.F.; CAVICHIOLI, F.A. Agronomic capability of mechanized sugarcane planting. **Australian Journal Crop Science**, v.8, n.10, p.1448-1460, 2014.

VOLTARELLI MA, SILVA RP, ROSALEN DL, ZERBATO C, CASSIA MT. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal Crop Science**, v.7, n.9, p.1396-1406, 2013.

VOLTARELLI, M.A. **Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/ Universidade de São Paulo - USP. 2013.

VOLTARELLI, M.A; SILVA, R.P.; ZERBATO, C. **Ferramentas do controle estatístico de processo aplicadas no desempenho de tratores agrícolas**. In: SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; CASSIA, M. T.; Controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p. 29-46.