

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar

Marco Antonio Lopes Garcia

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Máquinas
Agrícolas**

**Piracicaba
2008**

Marco Antonio Lopes Garcia
Engenheiro Agrônomo

Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar

Orientador:
Prof. Dr. **TOMAZ CAETANO CANNAVAN RIPOLI**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Máquinas
Agrícolas**

**Piracicaba
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Garcia, Marco Antonio Lopes

Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar / Marco Antonio Lopes

Garcia. - - Piracicaba, 2008.

77 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Custos econômicos 3. Mecanização agrícola 4. Plantio 5. Produtividade
I. Título

CDD 633.61
G216a

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Aos genitores, aos pais, e aos irmãos pela imensurável colaboração e pela confiança depositada.

OFEREÇO

Aos meus avôs, Antonio e Aparecida, pela colaboração infundável, sem eles a realização das atividades seria praticamente impossível.

A Flávia Roncato Frasson, pelo companheirismo, paciência, compreensão e amor dedicados.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, por meio do Programa de Pós-Graduação em Máquinas Agrícolas, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Professor Titular Tomaz Caetano Cannavan Ripoli, pela orientação, amizade e atenção oferecida.

À Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de estudo concedida durante a realização deste curso.

Ao Grupo Cosan, ao disponibilizar laboratórios, área experimental, insumos, equipamentos e pessoal, para o experimento, indispensáveis para realização deste trabalho.

A DMB Máquinas Agrícolas LTDA pelo fornecimento de um espécime da plantadora, de importância fundamental para realização deste trabalho.

A Terra Tratores pelo empréstimo de trator utilizado nos ensaios.

Aos amigos Geraldo José Cebim, Daniel Janini, Vitória Letícia de Souza Mandro Cebim Arthur Miola de Mello pela amizade, consideração e ajuda em todas as fases deste trabalho. Sem o apoio de vocês tudo seria mais difícil.

Aos colegas de pós-graduação Rubén, Cassiano, Leonardo, Thiago Machado, Fabrício Povh, José Vitor, Tiago Carletti, Daniel (Mutuca), Marcos, Ricardo, Fernando (Mancha), Étore, Marcelo e Flávia pelos bons momentos, troca de conhecimentos e convivência durante o mestrado.

A Equipe do Setor de Máquinas Agrícolas – ESALQ/ USP Áureo, Juarez, Afonso, Fernanda, Davilmar, Francisco (Chicão), Dona Lourdes, José Geraldo, Dona Vera, pela amizade, apoio técnico e operacional.

Aos professores do departamento, Casimiro Dias Gadanha Júnior, José Paulo Molin e Marcos Milan pela contribuição na formação acadêmica.

A professora Sonia M. S. Piedade, pela colaboração na análise estatística.

Aos meus avós, Aparecida e Antonio pelo acolhimento durante os estudos em Piracicaba e pela generosa dedicação em receber bem qualquer um que precise de ajuda.

Aos tios Vlademir e Luiz, por esclarecer que o possível muitas vezes é diferente do ideal, e pela convivência.

Ao engenheiro Alencar Pedroso Filho, pela confiança e pela de atenção ao discutir pontos cruciais do trabalho.

Aos amigos Erick, Renato, Fernando e Alexandre por conviver e harmonia admirável durante o curso.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Cana-de-açúcar.....	12
2.2 Plantio de cana-de-açúcar.....	13
2.3 Custos de plantios de cana-de-açúcar.....	19
2.4 Custos de máquinas agrícolas.....	20
2.5 Força de tração e desempenho operacional.....	24
Referências.....	30
3 AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA DE UMA VARIEDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR CONSIDERANDO DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO.....	41
Resumo.....	41
Abstract.....	41
3.1 Introdução.....	41
3.2 Material e Métodos.....	42
3.3 Resultados e Discussão.....	44
3.4 Conclusão.....	50
Referências	50
4 AVALIAÇÃO OPERACIONAL E DEMANDA ENERGÉTICA DE UMA PLANTADORA DE CANA-DE-ACÚCAR PICADA.....	52
Resumo.....	52
Abstract.....	52
4.1 Introdução.....	53
4.2 Material e Métodos.....	54
4.3 Resultados e Discussão.....	57
4.4 Conclusão.....	60
Referências	61

5 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS EFETIVOS DE PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE- AÇÚCAR PICADA.....	60
Resumo.....	60
Abstract.....	60
5.1 Introdução.....	66
5.2 Material e Métodos.....	68
5.3 Resultados e Discussão.....	70
5.4 Conclusão.....	75
Referências	76

RESUMO

Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar

O sistema de plantio mecanizado vem se mostrando mais rentável e viável do ponto de vista operacional do que o sistema semimecanizado, além de suprimir a falta de mão-de-obra provocada principalmente pela mecanização da colheita. Os parâmetros biométricos da cultura, a avaliação dos custos operacionais e demanda energética das plantadoras são importantes para avaliação do desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, para adequação do custo de produção e escolha da fonte de potência. Assim o presente trabalho objetivou avaliar as diferenças entre os parâmetros biométricos de uma variedade de cana submetida ao plantio mecanizado e semimecanizado, além de analisar a demanda energética e o desempenho operacional em relação à mobilização do solo da plantadora de cana picada. Do mesmo modo avaliou a capacidade efetiva de uma plantadora de cana-de-açúcar picada, assim como o custo efetivo deste sistema, comparando com o custo efetivo do plantio convencional (semimecanizado). Concluiu-se que o plantio mecanizado causou maiores danos às gemas, reduzindo o número de gemas viáveis por metro de sulco e de perfilhos, aumentando a porcentagem de falhas de plantio, refletindo na redução significativa da produtividade agrícola. As variáveis, força de tração, potência na barra de tração, consumo horário e capacidade de campo efetiva foram diretamente proporcionais ao incremento da velocidade. Já a área e volume de solo mobilizado, e o consumo específico operacional não sofreram variações significativas pelo aumento da velocidade. A capacidade efetiva mensurada foi de $1,11 \text{ ha h}^{-1}$. O custo efetivo de plantio mecanizado, sem envolver custos anteriores (corte, carregamento e transporte de mudas até a área de plantio), mostrou-se altamente vantajoso quando comparado com o semimecanizado, que apresentou um custo total de $216,24 \text{ R\$ ha}^{-1}$, comparado aos $121,00 \text{ R\$ ha}^{-1}$, ou seja, 56% a mais.

Palavras-chave: Gemas viáveis; Produtividade; Capacidade operacional; Custo efetivo; Força de tração; Potencia na barra de tração

ABSTRACT

Evaluation of a mechanized plantation system of sugarcane

The mechanized plantation system has shown that it is more profitable and viable in an operational point of view than semi-mechanized plantation, that it banish lack of manual labor motivate principally for the mechanization of the harvest. The biometric parameters of the culture, the evaluation of the effective cost and the energy demand of the planters are important for the vegetative development of the sugarcane, for the production costs adjustment and choice power source. Therefore, the objective of the current task was to evaluate the differences between the biometric parameters of a variety submitted to mechanized and semi-mechanized plantation, besides analyzed the energy demand and operational performance in relation to the mobilization of soil by the billet sugarcane planter. In the same way it evaluated the effective capacity of a pricked sugar cane planter, as well as the effective cost of this system, compared to the effective cost of the conventional plantation (semi-mechanized). The conclusion is that the mechanized plantation caused more damage to the buds, reducing the number of viable buds per meter of furrow and of affiliates, increasing the percentage of crop failure and reflecting in a significant reduction of the agricultural productivity. The variables, traction power, power at the traction bar, time consumption and effective field capacity were directly proportional to the increase in speed. On the other hand, the area and volume of mobilized soil, and the operational specific consumption did not suffer significant variation due to the increase in speed. The effective capacity was measured to be 1.11 ha h^{-1} . The effective cost of the mechanized plantation, without involving prior costs (cutting, loading and transportation of the seedlings to the plantation area), showed that it is highly advantageous when compared to the semi-mechanized, which presented a total cost of $216.24 \text{ R\$ ha}^{-1}$, compared to $121.00 \text{ R\$ ha}^{-1}$, that is, 56% more.

Keywords: Viable buds; Productivity; Operational capacity; Effective cost; Traction power; Power at the traction bar

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio sucroalcooleiro fatura, direta e indiretamente, cerca de R\$ 40 bilhões por ano, o que corresponde a aproximadamente 2,35% do PIB nacional, além de ser um dos setores que mais empregam no país, com mais de 3,6 milhões de empregos diretos e indiretos, e reúne mais de 72.000 agricultores (DIEESE, 2007).

O setor sucroalcooleiro está em plena ascensão em função da forte demanda interna e externa, o que é justificado pela expansão da capacidade produtiva existente e pela implantação de novas unidades produtoras, bem como melhoria tecnológica no processo de produção de cana-de-açúcar, tais como, introdução de novas variedades adaptadas ao clima, tipo de solo e sistema de corte (manual e mecânico), uso dos conceitos de agricultura de precisão, entre outros. Portanto somente com a aplicação de processos mais eficientes para melhoria da produtividade e da qualidade dos produtos, juntamente com a redução dos custos de produção, será possível para o setor a atuação em mercados cada vez mais competitivos (OMETTO, 1997).

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e o principal país do mundo a implantar, em larga escala, um combustível renovável alternativo ao petróleo, o álcool. A expansão do mercado mundial de açúcar e álcool tem estimulado o aumento do investimento no setor em todo o país. O desenvolvimento do setor canavieiro é muito importante para economia brasileira, visto que 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.

Na safra 2006/2007, a moagem foi de 474,8 milhões de toneladas de cana, que resultou na produção de 30,2 milhões de toneladas de açúcar e 17,5 bilhões de litros de álcool, representando um crescimento de 9,1% em relação à safra anterior (CONAB, 2007).

A implantação de uma lavoura de cana-de-açúcar envolve uma série de cuidados por se tratar de uma cultura semi-perene. Para que a colheita, principalmente a mecanizada, seja bem sucedida, é preciso atentar-se ao plantio uma vez que a longevidade do canavial depende da interação entre estas duas operações. Muitos são os fatores que interferem na qualidade do plantio, desde sua densidade, preparo do solo, época de plantio, escolha da variedade, qualidade e idade da muda, paralelismo das fileiras de plantio.

Dentre os motivos para o impulso da mecanização dos sistemas de plantio e colheita estão os menores custos e a falta de mão-de-obra. A alegação de menores custos analisada

isoladamente já seria critério para substituição do corte manual, somando-se a isto a ausência de trabalhadores para operação e a evolução dos equipamentos, obtemos o cenário de colheita mecanizada inclusive da cana crua em franca expansão com maior rapidez do que é exigido pela legislação. Com isso a falta de mão-de-obra no plantio é certa, o que acelera o processo da mecanização também deste sistema.

Segundo pesquisadores do IAC, Jair Rosas e Moisés Storino, citados por Guerra (2006), o sistema de plantio mecanizado possui diversas vantagens, do ponto de vista agrônomo, frente ao modo semimecanizado como: manutenção do teor de água no solo determinada pela não exposição do sulco aberto durante dias, melhorando a germinação, maior paralelismo dos sulcos, possibilidade de aplicação de produtos fitossanitários e agroquímicos reduzindo operações mecanizadas na lavoura, redução de compactação do solo, fechamento dos sulcos por meio de rodas compactadoras promovendo maior contato entre rebolo e solo.

Diante deste cenário o objetivo deste trabalho foi avaliar as características biométricas da cana-de-açúcar diante do plantio mecanizado e semimecanizado. Em seguida avaliou-se a demanda energética de uma plantadora de cana picada e seus custos operacionais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) apresenta grande importância na economia brasileira, contribuindo para a geração de divisas. Tal importância é atribuída à sua múltipla utilização, como matéria prima para a fabricação de açúcar, álcool, aguardente, rapadura e melado, ou ainda ser empregada *in natura*, sob a forma de forragem para alimentação animal. O Brasil destaca-se no cenário mundial como produtor de cana-de-açúcar, possuindo cerca de 5,8 milhões de hectares cultivados.

A cana-de-açúcar é uma Poaceae semi-perene que se desenvolve em forma de touceira. Possui como a maioria das espécies, uma parte aérea formada por colmos, folhas e inflorescência, e outra subterrânea, constituída de raízes e rizomas.

A distribuição do sistema radicular apresenta aproximadamente 50% (em peso) de raízes nos primeiros 20 cm de profundidade e 85% até os 60 cm de profundidade do solo (BLACKBURN, 1984). Sampaio et al. (1987) constataram que 75% das raízes encontravam-se nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e que 55% delas estavam concentradas em um raio de 30 cm da touceira.

A folha da cana-de-açúcar consiste de uma lâmina e uma bainha envolvendo o colmo, distribuindo-se de forma alternada e oposta (BLACKBURN, 1984). A densidade de área foliar que cobre um terreno é medida em m² de folha por m² de terreno e denominado de índice de área foliar - IAF (WATSON, 1974). Para Chang (1968) o índice de área foliar ótimo varia entre 9 e 12 m² de folhas por m² de terreno.

O colmo é cilíndrico, ereto, fibroso e constituído de nós e internódios; a altura varia de 1,0 a 5,0 m, e o diâmetro pode variar desde menos de 1,0 cm até 5,0 cm. O colmo é o fruto agrícola da cana-de-açúcar em cujos vacúolos das células a sacarose se acumula no período de maturação (TAUPIER; RODRIGUES, 1999).

O período de crescimento segundo Machado et al. (1982), se processa em três fases: a fase inicial de crescimento lento, a fase de crescimento rápido e a fase final de crescimento lento. O período de crescimento vegetativo varia de 9 a 10 meses na Louisiana-EUA, até 24 meses ou

mais no Peru, África do Sul e Havaí (ALFONSI et al., 1987). No Brasil segundo Scardua e Rosenfeld (1987), o ciclo da cultura é de 12 a 18 meses.

O ciclo evolutivo da cultura pode ser de 12 (cana de ano) e 18 meses (cana de ano e meio) em cana-planta. Após o primeiro corte o ciclo passa a ser de 12 meses (ALFONSI et al., 1987), e a partir do corte passa a ser denominada de cana-soca. Os fatores ambientais que afetam de maneira significativa a produção da cana-de-açúcar são a temperatura, luz, disponibilidade de água e nutrientes (ALFONSI et al., 1987).

A temperatura do ar de 20°C é um valor limite para cana-de-açúcar, temperatura base, abaixo da qual o desenvolvimento da cultura é considerado nulo e que para germinação a temperatura base é de 21°C, tendo seu ponto ótimo em torno de 32°C (BARBIERI et al., 1979).

Segundo Alfonsi et al. (1987), a luz é um fator da maior importância para a cana-de-açúcar devido à alta eficiência fotossintética da cultura de uma vez que quanto maior for a intensidade luminosa mais fotossíntese será realizada.

No Brasil, assim como em outros países produtores de cana-de-açúcar, variedades têm sido continuamente desenvolvidas e testadas com os objetivos de aumentar a produtividade, obter maior resistência às pragas e doenças e melhor adaptação às variações de clima, tipos de solos, técnicas de corte, plantio ou manejo (GALVÃO et al., 2005).

2.2 Plantio de cana-de-açúcar

A qualidade do plantio de cana-de-açúcar deve ser observada durante a operação para que se obtenha a produtividade esperada, porém deve-se observar que quanto mais exigente quanto a qualidade, maior o custo do plantio, que pode chegar a 14,5% do custo total (VICENTE; FERNANDES, 2004).

Para Quintela et al. (1997) o canavial que não observar os requisitos básicos para atender as exigências da cultura no plantio, poderá ter produtividade reduzida, maior suscetibilidade ao ataque de pragas, redução da longevidade e sobretudo o aumento dos custos de produção que diminuirá a competitividade daquele canavial.

Para Orlando Filho et al. (1994) a otimização do lucro, através do plantio correto deve ser alvo da atenção dos agricultores que planejam conduzir a cultura da cana-de-açúcar, porém este

mesmo agricultor não deve se esquecer de respeitar os aspectos ambientais e sociais que impactam na atividade.

As práticas de plantio são de extrema importância na determinação do sucesso do cultivo da cana, pois através de um bom plantio pode-se obter uma população de plantas adequada, ausência de pragas durante a fase inicial da cultura, bom uso do solo, dentre outras características que permitem conduzir o canavial à boa colheita (CARLIN et al., 2004).

Uma vez plantada, a cana, tem agora que emitir seus brotos que futuramente originarão o objeto de desejo do agricultor, os colmos (DILLEWIJIN, 1952). Segundo o autor, o plantio é feito normalmente por meio de rebolos contendo duas ou três gemas, que assim que encontram condições edafoclimáticas favoráveis nos locais de plantio entram em processo de germinação, mobilizando as reservas dos rebolos para emissão dos brotos.

Os estudos realizados a fim de se conhecer melhor o processo de germinação da cana, tanto em plantio de cana inteira quanto na forma de rebolos concluíram que os fatores de maior relevância para a germinação são: tamanho do rebolo (QUINTELA, 1996), (LEE, 1984), (DILLEWIJIN, 1952), reserva energética (DILLEWIJIN, 1952); (SIMÕES NETO, 1986); (CASAGRANDE, 1991), variedade (CASAGRANDE, 1991), (CARLIN et al. 2004), (ROCHA, 1984), densidade de plantio (PEIXOTO et al. 1988), (CEBIM, 2007) para as questões endógenas, ou seja, aquelas ligadas ao potencial da planta em si. Já as características exógenas que influenciam a germinação são: profundidade de plantio (JANINI, 2007); (BEUCLAIR; SCARPARI, 2006), umidade do solo e temperatura (DILLEWIJIN, 1952); (CASAGRANDE, 1991); (SUGUITANI, 2006); (BEUCLAIR; SCARPARI, 2006), densidade de plantio (BEUCLAIR; SCARPARI, 2006); (DUNCKELMAN; BEUCLAIR, 1983); (NORRIS et al., 2000) e finalmente pressão de compactação pós-cobertura do solo (ROBOTHAM, 2000) e (QUINTELA, 1996).

Janini (2007) demonstra através de diagrama mostrado na Figura 01, os principais fatores endógenos que influenciam a germinação e conseqüentemente a qualidade do plantio.

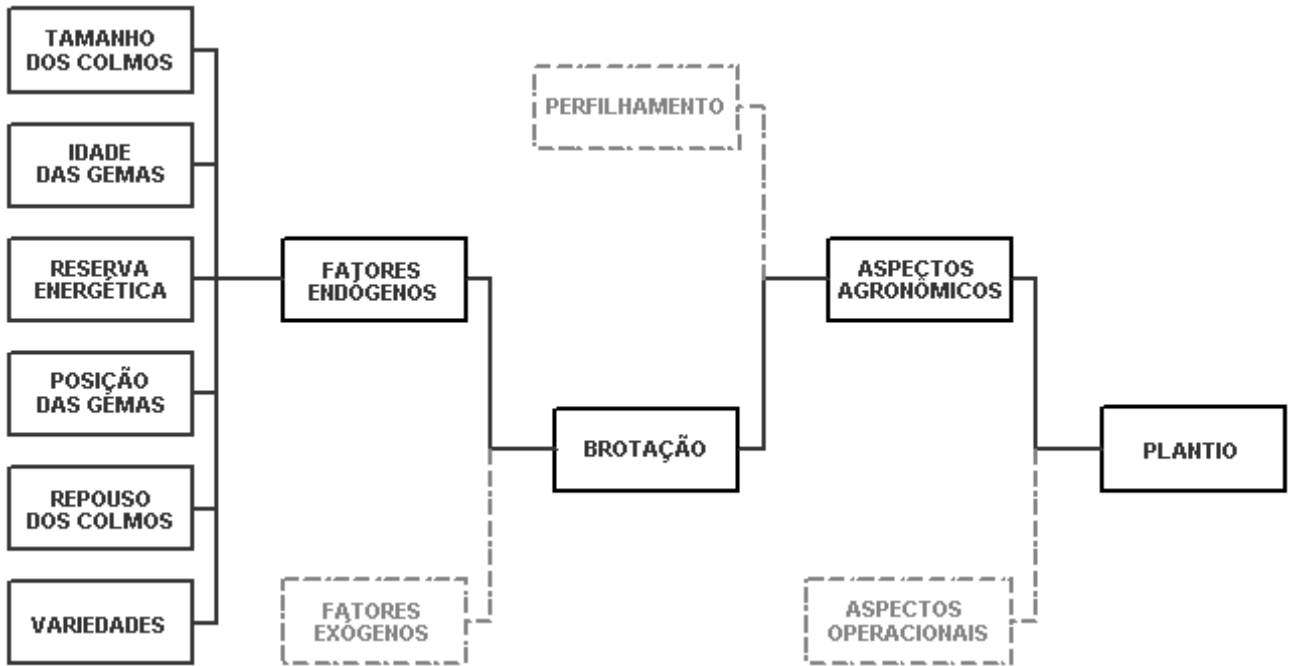


Figura 01 - Fatores endógenos que afetam a germinação (JANINI, 2007)

Já na Figura 02, Janini (2007) mostra os fatores exógenos que afetam a germinação e conseqüentemente a qualidade de plantio.

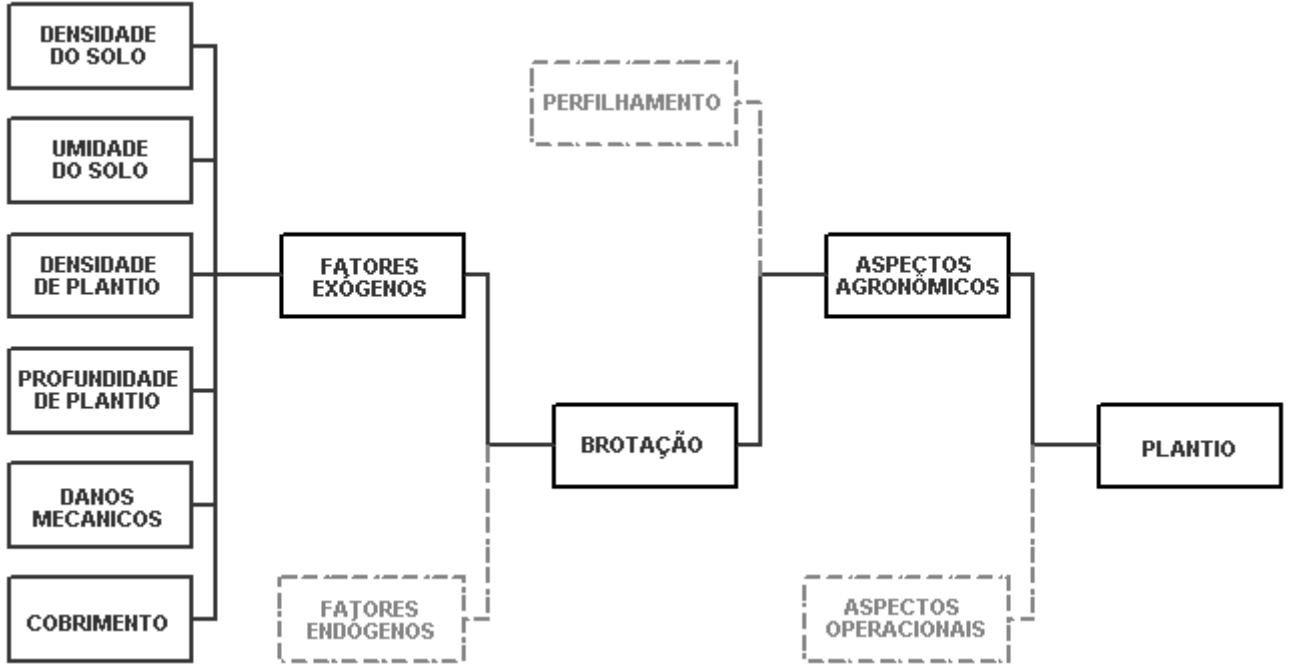


Figura 02 - Fatores exógenos que afetam a germinação (JANINI, 2007)

O plantio da cultura da cana-de-açúcar seja qual for o método empregado, semimecanizado ou mecanizado, deverá atender as necessidades da cultura contemplando o ambiente em que ela será implantada. Por isso cabe ao produtor fazer as considerações necessárias para implantar a cultura de maneira adequada, já que serão as atitudes tomadas na operação de plantio as determinantes da produtividade e da longevidade da cultura, que em alguns casos é superior a cinco anos, Beuclair e Scarpari (2006).

Marchiori et al. (2006) demonstram através de comparação entre o plantio de cana inteira e cana picada que para as variáveis toneladas de cana por hectare ($t\ ha^{-1}$) ou toneladas de açúcar por hectare ($t\ ha^{-1}$) os tratamentos não diferiram estatisticamente, sugerindo que o plantio de cana inteira deva ser adotado em substituição do plantio de cana fracionada devido ao baixo custo, menor utilização de mão-de-obra e produtividade semelhante.

Lee et al. (1986) também demonstram que é possível o plantio de cana inteira inclusive com produtividade superiores aquelas do plantio de cana fracionada, porém sinaliza que são necessários alguns cuidados neste sistema de plantio, como colher muda com idade entre oito e dez meses, aplicar sobre os colmos cinco centímetros de terra, retirar as folhas, sem contudo, retirar o palmito do colmo e considerar que o canavial que servirá de mudas terá menor produtividade em virtude da idade de corte.

O plantio semimecanizado ou convencional, erroneamente denominado de manual (RIPOLI et al., 2007), é composto de um conjunto de operações manuais e mecanizadas que envolvem as etapas de sulcação, cobertura do sulco e aplicação de defensivos e fertilizantes realizadas mecanicamente e distribuição de mudas, fracionamento e alinhamento das mudas no sulco realizados manualmente. Já o plantio mecanizado é composto de todas essas mesmas etapas, porém todas efetuadas mecanicamente, contando com mão-de-obra apenas na operação das plantadoras (RIPOLI et al., 2007).

Os primeiros protótipos de máquinas de plantio foram desenvolvidos pela Santal Equipamentos S.A. e pela Motocana S.A. nos anos de 1964 e 1978 respectivamente, sendo o protótipo Plantocana da Motocana constituído por depósitos de mudas com capacidade estimada entre 800 a 1.000 kg, depósitos de fertilizantes com capacidade de 100 kg, fracionamento dos colmos em rebolos com comprimento médio de 30 cm, articulação pantográfica para acompanhar o micro relevo do solo, velocidade média de plantio de $5\ km\ h^{-1}$ e desempenho de 3 a $5\ ha\ dia^{-1}$ aproximadamente (RIPOLI, 1978).

Stolf et al. (1984), em avaliação da influência dos tipos de plantio no índice de germinação da cana-de-açúcar, afirmam que o plantio semimecanizado obteve um índice de germinação de 38%, enquanto o plantio mecanizado realizado com plantadora Planimasa fabricada pela Imasa obteve 37,2 e a plantadora Plantocana fabricada pela Motocana alcançou o resultado de 35,5%, não diferindo estatisticamente em comparações de médias.

Parish *et al* (1987), evidenciaram através de estudo envolvendo oito plantadoras de colmos inteiros, na Louisiana, que a uniformidade de distribuição dos colmos nos sulcos para o plantio convencional foi melhor que os tratamentos mecanizados e que os danos as gemas foram menores quando as mudas foram plantadas no sistema convencional.

A plantadora Santal, que utiliza mudas em rebolos, deve operar em intervalos de velocidade entre 4 e 6 km h⁻¹ (PINTO, 2003) podendo obter desempenhos (não informando se este é efetivo ou operacional) da ordem de 1 ha h⁻¹, considerando ainda que esta deve ser tracionada por fontes de potência de 177,5 hp (180 cv) ou maiores.

Dias Neto et al. (2001) relatam que as baixas capacidades de plantio de um trabalhador braçal, em torno de 0,27 ha dia⁻¹, são estímulos para o desenvolvimento de mecanismos picadores de rebolos utilizados no plantio mecanizado. Através de programas computacionais WM3D e MatLab para simulações dinâmicas do comportamento destes mecanismos, esses autores concluíram que os programas utilizados fornecem informações limitadas sobre o comportamento do mecanismo picador de rebolos, fato que simboliza a necessidade de novos estudos para o melhor entendimento do seu comportamento.

Na Louisiana, o plantio mecanizado vem substituindo o plantio semimecanizado rapidamente, contudo esta prática cultural foi a última a ser mecanizada naquele estado americano (DUNCKELMAN E BEUCLAIR, 1983). O plantio através de máquinas, na Louisiana, vem sendo adotado devido aos menores custos da operação, ao menor uso de mão-de-obra e maior desempenho dos trabalhadores que operam as máquinas no plantio mecanizado.

Robotham e Chappell (1998) relatam, que na Austrália, também houveram significativos acréscimos de áreas plantadas mecanicamente em detrimento daquelas plantadas manualmente, pelos mesmos motivos mencionados por Duncelman e Beuclair (1983).

Já na China (OU et al., 2002) a mecanização da cultura da cana-de-açúcar mostrou-se incipiente, especialmente com relação ao plantio mecanizado que em decorrência de pouca vantagem econômica provocada pela excessiva oferta de mão-de-obra dificultou ainda mais a

mecanização. Os autores mostraram que a ineficiência dos operadores das plantadoras promove um gasto excessivo de tempo nas operações de reabastecimento de depósitos de defensivos, fertilizantes e mudos, resultando em baixas capacidades efetivas. Mostraram ainda que em média 3,69% das gemas têm algum tipo de dano causado pelas plantadoras testadas e ponderaram que no atual condição de produção, é mais viável o emprego de plantadoras de cana inteira do que as de plantio em rebolos, devido as primeiras operarem melhor em condições topográficas desfavoráveis.

O plantio mecanizado de cana de açúcar é de implantação complexa, necessitando de estudos multidisciplinares para a adequada implantação (PINTO E MORAES, 1997). Afirmam ainda esses autores, que os resultados dos estudos realizados com plantadoras de cana são altamente correlacionados aos resultados da colheita mecânica de mudas, já que boa parte das injúrias causadas às gemas das mudas é de responsabilidade da colhedora.

A afirmação de que colheita e plantio são correlacionados também é compartilhada por Robotham e Chappell (2002). Esses últimos afirmam que na Austrália, mais precisamente na região de Queensland a adoção da prática de plantio mecanizado só foi consolidada com a generalização da prática de colheita mecanizada, pois as plantadoras disponíveis em sua maioria plantam mudas nas formas de rebolos.

Há atualmente uma tendência para a mecanização do plantio, justificada pelo menor custo da operação mecanizada e alto desempenho operacional das plantadoras disponíveis no mercado (RIPOLI, 2006).

Um dos pré-requisitos da adoção do plantio mecanizado é modificação dos sistemas de corte de colmos em rebolos, haja vista que geralmente os rebolos oriundos dos sistemas de corte convencionais são de tamanhos irregulares e com excessivos danos as gemas (ROBOTHAM; CHAPPELL, 2002).

A idéia de que o plantio mecanizado ainda tem que vencer alguns obstáculos para sua completa adoção foi alvo da afirmação de Norris et al. (2000), que salientam que algumas necessidades demandadas pelos produtores ainda não satisfeitas, destacando-se a falta de máquinas para: plantio de cana em altas densidades, plantio direto na palha, no sistema de plantio de linhas duplas ou múltiplas para controle de tráfego.

Concordando com a idéia de que inovações no sistema de plantio mecanizado são necessárias, Robotham (2004), testou algumas máquinas de plantio mecanizado de cana-de-

açúcar, na Austrália. O autor avaliou as máquinas de plantio de cana inteira com sulcadores convencionais e alimentação do corte de mudas manual, as de plantio de mudas em rebolos com sulcadores convencionais e as de plantio direto com sulcadores de dois discos e alimentação do corte de mudas manual. Relatou que a máquina, com sulcadores de dois discos, usadas para plantio direto, produz resultados similares aos da máquina de plantio de cana inteira quanto ao estabelecimento da cultura e quanto a mobilização do solo e apresenta resultados melhores que as de plantio em rebolos a mobilização do solo. Destaca ainda o autor, que a desvantagem da máquina de plantio direto é a alimentação manual do corte de colmos em rebolos, que praticamente inviabiliza o seu uso devido ao alto dispêndio de energia do trabalhador que alimenta o sistema.

Segundo Nunes Junior et al. (2006) os indicadores agrícolas para a o Centro-Sul do Brasil mostram que na safra 04/05 foram plantados mecanicamente 4,7% da área total de cana-de-açúcar e na safra seguinte foram plantados 5,3% com auxílio dessas máquinas. A média geral do plantio mecanizado atingiu incríveis 10,8% de área plantada mecanicamente na safra 04/05, e 5,7% na safra 05/06, sendo fator determinante desse retrocesso a desaceleração do plantio mecanizado no nordeste brasileiro.

2.3 Custos de plantios de cana-de-açúcar

Segundo Agriannual (2006) 72% dos custos de produção da cana-de-açúcar são gastos com máquinas, sendo 32% na operação de plantio e 40% nos 6 cortes seguintes.

Quando comparados os custos de plantio nos sistemas semimecanizado e mecanizado observa-se que a fração do custo com insumos são de 47,2% e 47,7%, respectivamente, porém os custos com as operações mecanizadas são maiores no plantio mecanizado (48,9%) do que no semimecanizado (39,45%) e os custos gastos com serviços manuais são maiores no plantio semimecanizado em relação ao mecanizado, 13,35% e 3,40%, respectivamente, (TEIXEIRA, 2001). Contudo os custos totais não apresentam diferenças significativas diferindo em apenas 1% entre os dois tipos de plantio.

Heagler et al. (1998) afirmam que quando comparados os sistemas de plantio de cana-de-açúcar na Louisiana, os custos do plantio mecanizado é 75% mais econômico que o no sistema

semimecanizado devido à economia nos salários dos trabalhadores substituídos pelas máquinas e o alto desempenho destas.

Dunckelman e Beauclair (1983) afirmam que as principais aspirações dos produtores que desejam implementar a utilização das máquinas de plantio ou ampliar o seu uso são: melhor uniformidade na distribuição de mudas e menos danos a estas, máquinas mais duráveis e menores incidências de problemas durante as operações. Os mesmos autores asseguram que o plantio mecanizado na Louisiana vem substituindo o plantio semimecanizado e que este novo sistema é a última prática cultural a ser mecanizada na cultura da cana-de-açúcar, naquele estado americano.

Salassi et al. 2004 avaliaram os custos de implantação da cana-de-açúcar na Louisiana nos sistemas de plantio semimecanizado, plantio mecanizado em uma fileira usando cana inteira como mudas, plantio mecanizado usando cana em rebolos com opção de plantio de uma ou três fileiras simultaneamente. Observaram que os custos mais baixos são os relativos ao plantio mecanizado usando cana inteira como muda, conforme mostra a Tabela 02.

Tabela 02 - Custos de plantio de cana-de-açúcar na Louisiana, sob diferentes sistemas de plantio, no ano de 2004

Sistema de plantio	Tipo de mudas	Quantidade de fileiras na máquina	Custos de plantio por acre (US\$)	Custos de plantio por hectare (US\$)
Semimecanizado	Cana inteira	0	579,00	234,00
Mecanizado	Cana inteira	1	578,00	233,00
Mecanizado	Cana em rebolos	1	712,00	288,13
Mecanizado	Cana em rebolos	3	673,00	272,35

Esses mesmos autores afirmam que os custos superiores dos sistemas mecanizados de mudas em rebolos em relação ao mecanizado de mudas em colmos são atribuídos ao maior consumo de mudas no primeiro sistema.

2.4 Custos de máquinas agrícolas

Balastreire (1990) relata que independente do tamanho da empresa, no sistema capitalista, o objetivo da organização é o lucro e que este por sua definição primordial é originado da diferença entre receitas totais e custos totais, demonstrando, assim, a grande influência dos custos na lucratividade da empresa.

Para Oliveira (2000) quanto maior a necessidade de máquinas na realização de dada atividade mais complexa a sua administração e mais importante o gerenciamento dessas atividades mecanizadas sobre a rentabilidade do processo. Segundo a autora para a melhoria do desempenho das atividades mecanizadas é necessário um adequado conhecimento de engenharia e economia para que os custos sejam compatíveis com a realização da atividade.

O custo total do uso das máquinas agrícolas, segundo Balastreire (1990), é dado por duas componentes principais: custo fixo e custo operacional, sendo o primeiro componente aquele que é contabilizado independentemente do uso da máquina, representado pelos gastos com depreciação, juros, alojamentos e seguro, já o segundo é aquele componente que varia de acordo com o uso, ou seja, os gastos com combustíveis, manutenção, salários e lubrificantes.

Alcock (1986) atribuiu considerável importância à redução de custos das culturas agrícolas ao gerenciamento da maquinaria, afirmou através de uma coletânea de trabalhos que cerca de 30% dos custos das culturas podem ser atribuídos ao custo com máquinas.

Os modelos que subsidiam as tomadas de decisão quanto ao dimensionamento de sistemas mecanizados são baseados nos custos do emprego de máquinas agrícolas, portanto uma estimativa adequada destes custos é fundamental para assegurar a competitividade da empresa agrícola (SILVA, 2000).

Edwards (2001) demonstra que os portes das máquinas influenciam nos custos totais da mecanização (Figura 3). Este autor evidencia que os custos fixos e os custos com pontualidade são os que mais influenciam na composição dos custos totais. Para os equipamentos de menor porte os custos fixos são menores, devido a menor depreciação, menores juros, menores custos com manutenção, incidentes, porém com custos de pontualidade maiores em virtude de atrasos em plantio e colheita principalmente. Já nos equipamentos de maior porte ocorre o inverso onde os custos fixos são maiores e os custos com pontualidade menores.

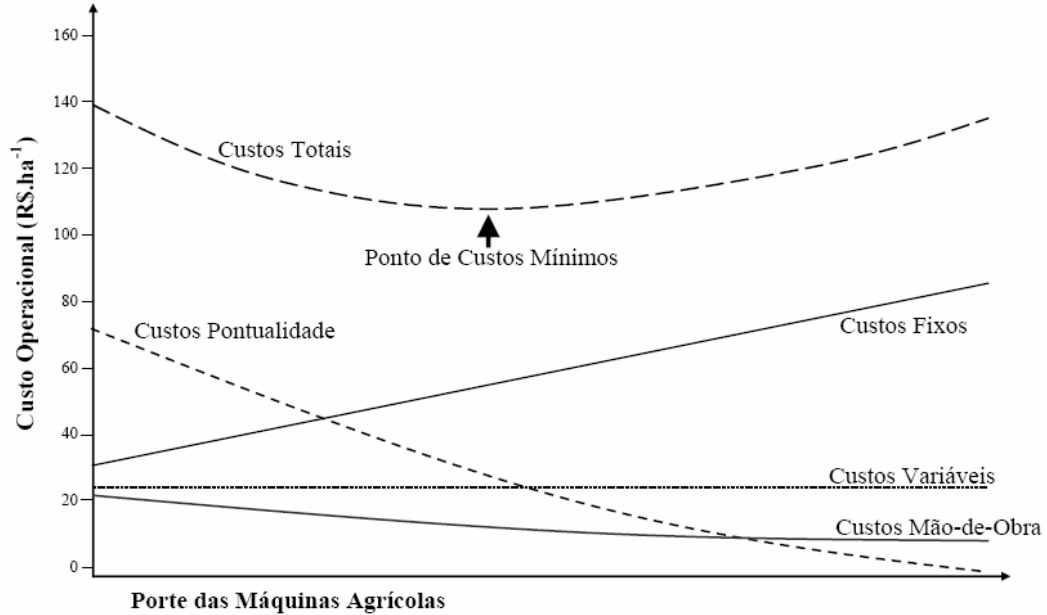


Figura 3 - Influência do porte das máquinas nos custos totais da mecanização (EDWARDS, 2001)

Mirani et al. (1989) determinaram a participação relativa de cada componente do custo total de duas marcas e modelos de tratores agrícolas. Os resultados são apresentados na Figura 4.

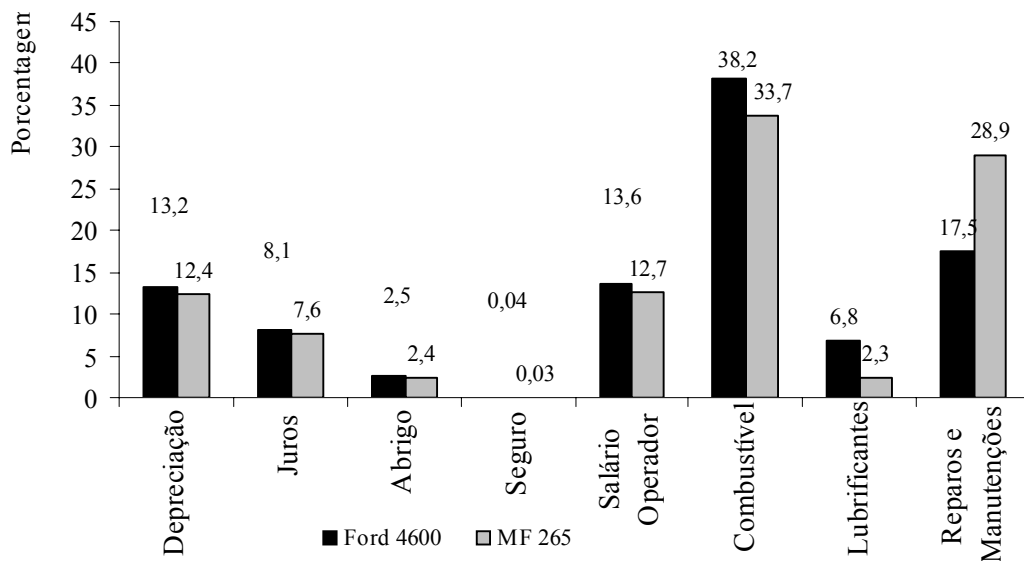


Figura 4 - Participação relativa dos componentes no custo total de tratores agrícolas

A depreciação pode ser dividida em depreciação contábil e real, sendo a contábil a diminuição de valores contábeis no intervalo de tempo contido entre a data da aquisição do bem e a data do cálculo da depreciação, enquanto a segunda é a diminuição do valor provocada pelo desgaste, ação das forças da natureza ou obsolescência (HIRSCHFELD, 1992).

Mais especificamente quanto aos custos com abrigo (alojamento), Balastreire (1990) afirma que as construções utilizadas como alojamentos não seguem um padrão específico, o que dificulta a mensuração destes custos.

O seguro é uma proteção contra riscos, desde acidentes naturais até roubos e incêndios, e deve ser inserido nos custos totais, mesmo que o proprietário não opte por fazê-lo, pois este custo deve compensar a exposição aos riscos. Os custos com seguros são mensurados como uma porcentagem do valor de aquisição da máquina, que normalmente varia entre 0,75 a 1% do valor de aquisição, (MIALHE, 1974).

Mialhe (1974) afirma que o salário dos operadores deve ser inserido no custo da máquina agrícola e precisa ser compatível com os salários praticados na região agrícola. Afirma ainda, que mesmo que o proprietário da máquina seja o operador, deve-se incluir uma remuneração a este trabalho a fim de contrabalançar o custo de oportunidade.

Para Noronha (1981) a obsolescência e desgaste também são responsáveis pela depreciação, porém este autor afirma que a depreciação é uma forma de reservar fundos para substituir os bens produtivos de vida útil longa.

A vida útil ou tempo de uso econômico por sua vez, é aquele tempo inserido entre a aquisição do equipamento e seu sucateamento, segundo Mialhe (1974).

Noronha et al. (1991) relata que o conceito a vida útil tem sido negligenciado por muitos autores que consideram como vida útil de um equipamento dez anos ou dez mil horas de trabalho, nos dois casos desconsiderando inovações. Os autores afirmam que a vida útil não deve ser aquela definida pelo tempo em que a máquina encontra-se em funcionamento, mas sim o tempo compreendido entre a aquisição e o surgimento de uma nova máquina capaz de realizar a mesma operação, com qualidade semelhante e custo inferior.

Os métodos mais utilizados para calcular a depreciação são: linha reta ou linear, saldos decrescentes, somas dos dígitos dos anos, fundo de recuperação de capital e valor de mercado (HOFFMANN et al., 1996; NORONHA, 1981; NORONHA et al., 1991).

Para manter a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos são necessários dispêndios econômicos com reparos e manutenções, sem almejar acréscimos no valor na revenda (TEIXEIRA, 1995).

Para que a confiabilidade seja mantida, os procedimentos de conservação são fundamentais, sendo que os gastos com abrigo, serviços de apoio no campo, reposição de peças, lubrificantes, serviços mecânicos dentre outros são os mais pronunciados, atingindo até 20% do custo horário dos tratores agrícolas (NORONHA et al., 1991).

Para Alcock (1986) a gerência da maquinaria agrícola é responsável por uma substancial parcela dos custos da produção agrícola e aponta que em alguns casos pode representar até 30% do custo total da cultura.

ASAE (1989) relata uma grande variabilidade entre os custos de reparos e manutenção obtidos nos estados americanos, afirma que para o meio oeste (ASAE D230.4.), os índices aplicados são de 120% do preço de aquisição para tratores 4X2, com 10.000 horas de uso acumulado e 100% para tratores 4X4 para 10.000 horas de uso.

O consumo de combustível é de difícil avaliação devido às diferentes cargas durante a operação (MIALHE, 1974), ocasionadas pela diferenças de ambientes de produção representadas principalmente por diferentes tipos de solos, porém há uma estreita relação entre dados de consumo à campo e nos ensaios de tração.

2.5 Força de tração e desempenho operacional

Segundo Mialhe (1996) a força necessária para deslocar a máquina e seus órgãos ativos mobilizando solo, no campo, tem sido designada esforço tratório (*draft*). Este é decomposto por duas forças, sendo o componente vertical ou de sulcação, que tende a fazer o órgão ativo penetrar no solo e o componente horizontal coincidente com a direção de deslocamento da máquina, denominado força de tração.

Dentre os parâmetros que compõe o desempenho dos tratores agrícolas, destaca-se a disponibilidade de potência na barra de tração, importante para o tracionamento de implementos agrícolas por arrasto. Segundo Mialhe (1996), o desempenho na barra de tração, tem sido comumente avaliado submetendo-se o espécime a ensaios em pista de concreto (para tratores de pneus) ou em pista de terra compactada (tratores de esteiras e com rodas metálicas), sendo o peso

total e a distribuição de peso por eixo em tratores com tração dianteira auxiliar os fatores preponderantes na otimização do desempenho na barra de tração (CORREA et al. 1997).

O modelo proposto por Mialhe (1996) utiliza a mensuração da força de tração para avaliar as exigências de potência na avaliação do desempenho das máquinas. O modelo adota a força de tração média para expressar a força de tração exigida pelas máquinas de mobilização do solo. Esta média é obtida pela somatória dos valores instantâneos ao longo do percurso e posteriormente dividido pelo tempo, como mostra a Equação 1.

$$FT_m = FT_i / t_p \quad (1)$$

sendo:

FT_m = força de tração média (kgf);

FT_i = força de tração integrada (kgf s⁻¹);

t_p = tempo de percurso na parcela (s).

Na seleção do trator para trabalho no campo, um dos itens mais importantes é a sua capacidade em desenvolver esforço para tracionar as máquinas e implementos agrícolas. Das três principais maneiras de utilizar a potência gerada pelo motor de um trator agrícola, tomada de potência, sistema hidráulico e barra de tração, esta última é a mais utilizada, apesar de ser menos eficiente (LILJEDAHN et al., 1995). Segundo os autores, a transmissão de potência por meio da barra de tração é a maneira mais comum de utilizar a potência do trator porque é versátil. O principal motivo para o baixo desempenho na barra pode ser atribuído à patinação, mas outros fatores como: tipo de solo e suas características e propriedades, geometria do trator, distribuição de peso sobre os rodados, a transferência de peso durante a operação e as características do rodado, entre outros, também interferem na tração.

Na transmissão de potência do motor para a barra de tração, ocorrem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores (MIALHE, 1991). Zoz (1987) apresentou um diagrama de estimativa da perda de potência nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo, no qual se verifica que, para tratores 4x2, as perdas podem variar de 20% em pista de concreto, até 53% ou mais em solos soltos, pois esses apresentam as condições inadequadas para a tração.

De acordo com Hunt (1995), para o trator desenvolver uma força capaz de tracionar implementos depende de muitos fatores, tais como a configuração do trator, lastragem, diâmetro do pneu, sistema de rolamento e sistema de transmissão.

Segundo Lanças et al. (2000), o sistema de rodado de um trator é o principal elemento responsável pela sustentação, propulsão, direcionamento e desenvolvimento de força na barra de tração, devendo esse componente do trator merecer uma atenção especial. Burt et al. (1985), estudaram o efeito da velocidade de deslocamento sobre o desempenho de tratores agrícolas de rodas, concluindo que a velocidade exerce um efeito muito pequeno na tração e eficiência tratória.

Em trabalho conduzido em Terra Roxa estruturada, Levien et al. (1999) constataram que a força de tração exigida por uma semeadora-adubadora de precisão variou entre 3,240 a 3,636 kN por linha entre todos os tratamentos avaliados (preparo convencional, escarificação, semeadura direta sem manejo da cobertura e semeadura direta com manejo de cobertura).

Para testar algumas das variáveis que influenciam a demanda de tração na semeadura da aveia preta sobre resteva de milho, Levien et al. (2001) encontraram valores de força de tração exigida por linha de semeadura de 0,31; 0,33 e 0,28 kN para os sistemas de preparo do solo convencional, escarificado e plantio direto, respectivamente. Portanto abaixo dos valores preconizados pela ASAE (1999).

Ao avaliar o desempenho de uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo, Furlani et al. (2002) concluíram que a potência exigida na barra de tração foi maior no preparo do solo escarificado do que no preparo convencional e plantio direto.

Segundo Mialhe (1996), a força que um trator agrícola poderá desenvolver na barra de tração depende do equilíbrio que se estabelece entre dois conjuntos de fatores: os associados ao projeto do trator e os associados às características do solo, efeito dos fatores associados ao projeto do trator resulta da interação entre a força aplicada pela banda de rodagem na área de contato pneu-solo, do torque na árvore motriz do rodado propulsor e o perímetro eficaz, ou efetivo, do rodado propulsor. Por sua vez, o efeito dos fatores associados às características do solo é função da força de tração potencialmente disponível pela condição de solo e da força de resistência ao rolamento. Já para a estimativa da potência desenvolvida na barra de tração, o autor descreve que a mesma pode ser expressa pelo produto entre a força de tração na barra e a velocidade de deslocamento do trator.

Segundo Mialhe (1996) os principais parâmetros que avaliam o desempenho operacional dos sistemas motomecanizados de mobilização do solo são: consumo específico operacional, resistência específica operacional, capacidade de campo efetiva, consumo de combustível por área trabalhada.

A resistência ao rolamento é definida em Mialhe (1980) como a resistência passiva que se opõe ao movimento dos rodados dos tratores e tem origem na deformação provocada no solo e no próprio rodado. A resistência que um solo oferece aos órgãos ativos das máquinas de preparo do solo depende da área do solo mobilizada que ocorre em função da largura de trabalho do implemento, da profundidade de operação e das características e propriedades físicas estáticas e dinâmicas do solo (GAMERO; LANÇAS, 1996).

De maneira geral pode-se dizer que os principais fatores estudados que mais influem na demanda por força de tração são: o solo (SASAKI et al., 2005; SASAKI; GONÇALVEZ, 2005; MOLIN et al., 2002); tipo de implemento (CHEN et al. 2004); número de ferramentas ou hastes do implemento (CHEN et al., 2004; LANÇAS; BENEZ, 1988; BICUDO, 1990); quantidade de água no solo (SANTOS; LANÇAS, 1993; MACHADO, 1996; MODOLO et al., 2005; SASAKI; GONÇALVEZ, 2005); profundidade de trabalho (BICUDO, 1990; CEPIK et al., 2005; FERNANDES et al., 1981); cobertura do solo ou tipo de preparo utilizado anteriormente (OLIVEIRA et al., 2000; PERFECT et al., 1997; MOLIN et al., 2002; ANDREOLLA; GABRIEL FILHO, 2006); e tipo de ponteira (SASAKI et al., 2005; LANÇAS; BENEZ, 1988) além de outros parâmetros.

Perfect et al. (1997) analisaram as demandas energéticas necessárias à mobilização de solo em preparo primário e secundário após longo prazo de cultivo com forragens. Mostraram que o resíduo vegetal na área a ser trabalhada influenciou as demandas de energia tanto em preparo primário com arado de aiveca, como no preparo secundário com cultivador de molas. Isto ocorre principalmente devido ao aumento do teor de água e decréscimo da densidade do solo em áreas onde as culturas deixavam maiores quantidade de resíduos vegetais, que posteriormente transforma-se em matéria orgânica.

Cepik et al. (2005) estudaram força de tração em haste sulcadora tipo facão para semeadura de cereais e concluíram que o aumento da profundidade de trabalho incrementa a força de tração demandada na haste sulcadora. Concluíram ainda que o aumento da velocidade de

trabalho nas condições de friabilidade do Argissolo, ou seja, quando a umidade não é limitante, também incrementou a força de tração demandada.

Silveira et al. (2005) também evidenciaram que acréscimos da velocidade de trabalho resultam em aumentos da força de tração e potência médias demandadas. Esses ainda analisaram também a demanda de potência por linha de semeadura e potência específica por profundidade, obtendo a mesma conclusão supracitada, o aumento da potência média quando ocorrem acréscimos ou de profundidade de deposição de sementes.

Al-Janobi et al. (1998) realizaram um experimento amplo para determinar força de tração de diversos implementos de preparo primário de solo variando velocidade de deslocamento e profundidade de preparo do solo. Estudaram grades de disco tipo “off set,” arado de aivecas, arado de disco e escarificador e demonstraram que tanto acréscimos de velocidade quanto acréscimos de profundidade de operação promovem o aumento da força de tração exigida, sendo o intervalo de velocidades de trabalho estudado de 2,5 a 9,2 km h⁻¹. Além do mais mostraram que arados de aivecas e discos são os maiores demandantes de força de tração em relação a grade de discos tipo “off set”.

Estudos de comportamento da força de tração e da potência na barra de tração também foram realizados por Bicudo et al. (1987) onde ficou evidente que velocidades maiores ocasionam aumento da força de tração, porém não significantes estatisticamente neste estudo. Mostraram que o aumento de 2,55 para 3,68 e depois para 4,3 km h⁻¹ não influenciou significativamente a força de tração exigida para um mesmo tipo de haste, porém quando avalia-se os diferentes tipos de hastes estudadas observa-se que hastes inclinadas demandam mais força e potência do que as parabólicas e as retas.

Mantovani et al. (1992) testaram cinco modelos nacionais de semeadoras-adubadoras de milho, de arrasto, com quatro linhas, mecanismo sulcador de disco duplo para sementes e adubo, em solos argilosos preparados convencionalmente e obtiveram valores de força de tração, que variam entre 922 a 2319 N por linha para intervalo de velocidade de deslocamento de 4,5 a 6,0 km h⁻¹.

Estudos de semeadoras equipadas com sulcadores do tipo discos duplos e fâção em solo argiloso realizados por Collins e Fowler (1996), obtiveram valores para a força de tração de 0,2 a 1,12 kN por unidade de semeadura, respectivamente. Concluíram também que, entre as velocidades de deslocamento de 6,0 a 10,0 km h⁻¹, para cada 1 km h⁻¹ aumentado na velocidade

de deslocamento a força de tração aumentou 4% e cada 1 cm de profundidade adicional a força de tração foi acrescida em 20%, independente do tipo de sulcador analisado.

Silva et al. (2000) verificaram que a força de tração média requerida na barra de tração não sofreu variação estatisticamente significativa com alteração da velocidade, mas observaram que houve uma tendência de aumento na demanda por força de tração à medida que se aumenta a velocidade.

Araújo et al. (2001) concluíram através de estudos em solos muito argilosos, que a potência no motor exigida ao tracionar uma semeadora com sete linhas e abertura de sulcos através de haste sulcadora dobrou, quando a velocidade de operação aumentou de 4,5 para 7,7 km h⁻¹, aumentando a potência de 42 para 79 cv. Quando da utilização do disco duplo para abertura de sulcos, a potência aumentou de 56 para 84 cv, com o aumento da velocidade de 9,0 km h⁻¹ para 12 km h⁻¹.

Por sua vez Oliveira et al. (2000) constataram que em Latossolo Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo sob três coberturas vegetais diferentes, milho, lab-lab e vegetação espontânea, com duas velocidades de deslocamento, 5 e 7 km h⁻¹, o aumento da velocidade provoca acréscimos significativos na demanda por potência, sendo essa demanda maior no Podzólico devido a maior densidade do solo e maior resistência a penetração. Concluíram ainda que o tipo de cobertura do solo não interferiu significativamente na demanda por potência, além do aumento de velocidade diminuir o consumo de combustível por unidade de área em função do aumento da capacidade operacional.

Raper (2005) estudou as demandas de força de tração, para determinados tipos de solos, a fim de selecionar o implemento mais eficiente do ponto de vista energético e concluiu através da análise dos índices de resistência específica operacional e resistência a mobilização, que os mais adequados eram os subsoladores de hastes curvas, já que estes apresentaram as menores demandas energéticas.

Já Machado et al. (1996) em estudo realizado em solo franco arenoso tipo Planossol verificou que o acréscimo da velocidade de 2,6 para 3,6 e depois 4,8 não influenciou significativamente a força de tração tanto em teores de umidade de 7 e 12%, porém este acréscimo teve influência significativa na potência na barra de tração demonstrando relação diretamente proporcional das variáveis.

Esse fato também foi observado por Silveira et al. (2005) onde a velocidade de deslocamento não influenciou significativamente as forças de tração média e por linha, porém influenciou as demandas de potência média, potência por linha de semeadura e potência específica por profundidade, onde os aumentos da velocidade de deslocamento promovem o aumento da demanda de potências.

Referências

ALCOCK, R. **Tractor implement system**. Westport: AVIPublishing, 1986. 161 p.

ALFONSI, R.R. PEDRO JÚNIOR, M.J. BRUNINI, O; BARBIERI, V. *Condições climáticas para a cana-de-açúcar*. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1 p.42-55.

AL-JANOBI, A.A.; AL-SUHAIBANI, S.A. Draft of primary tillage implements in sandy loam soil. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph , v.14, p.343-348, 1998.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural machinery management data. In: ASAE standards 1999: Standards Engineering Practices Data. San Joseph, 1999. p. 359-66. (ASAE D497.4 JAN98).

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural tractor test code. In: ASAE standards 1989: Standards Engineering Practices Data. St. Joseph, 1989. p. T44-8. (ASAE S209.5).

ANDREOLLA, V.R.M.; GABRIEL FILHO, A. Demanda de potência de uma semeadora com dois tipos de sulcadores em áreas compactadas pelo pisoteio de animais no sistema integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.768-776, set/dez. 2006.

ARAÚJO, A.G.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. **Mecanização do plantio direto: problemas e soluções**. Londrina: IAPAR, 2001. 18p. (Informe da pesquisa, 137.)

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 187 p.

BARBIERI, V; BACCHI, O.O.S., VILLA NOVA, N.A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1979. Mossoró. **Anais...** Mossoró: 1979. p. 6-8

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

BICUDO, S.J.; BENEZ, S.H.; LANÇAS, K.P.; FURLANI JUNIOR, J.A. ; GAMERO, C.A. Demanda energética dos subsoladores em função da largura da sapata, profundidade e espaçamento das hastes. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 2, p. 33-38, 1987.

BICUDO, S.J. **Subsolador**: algumas relações entre profundidade de trabalho, largura das sapatas e número de hastes. 1990. 130p. Tese (Doutorado na área de Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1990.

BLACKBURN, F. **Sugar-cane**. New York.: Longman, 1984. 414p.

BURT, E.C.; BAILEY, A.C.; PATTERSON, R.M.; TAYLOR, J.H. Combined effects of dynamic load and travel reduction on tire performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.22, n.1, p.40-45, 1979.

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

CEBIM, V.L.S.M. **Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em dois sistemas de plantio**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CEPIK, C.T.C.; TREIN, C.R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.447-457, 2005.

CHANG, J. Climate and agriculture: In: _____ **Ecological survey**. Chicago: Aldine, 1968. 304p.

CHEN, Y.; MONERO, F. V.; LOBB, D.; TESSIER, S.; CAVERS, C. Effects of six tillage methods on residue incorporation and crop performance in a heavy clay soil. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 47, n. 4, p. 1003–1010, 2004.

COLLINS, B.A.; FOWLER, D.B. Effects of soil characteristics depth, operating speed, and opener design on draft force during direct seeding. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.39, p.199-211, 1996.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira da cana-de-açúcar 2007/2008**: primeiro levantamento. Brasília, 2007. 12 p.

CORREA, I.M.; YANAI, K.; FERRETI, G.; MOLINA, W.F. Jr. Pneu radial convencional versus pneu diagonal: desempenho em operação agrícola. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.15, n.5, p.18, 20-21, 1997.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-açúcar. **Estudos e Pesquisas**, São Paulo, v. 3, n. 31, p.13, nov. 2007.

DIAS NETO, A.F.; MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. Aprimoramento de mecanismo dosador de rebolos para plantio mecanizado de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p. 546-553, 2001.

DILLEWIJN, C. Van. **Botany of sugarcane**. Waltham, 1952. 371 p.

DUNCKELMAN, J.W.; BEUCLAIR, E.G.F. A Survey of mechanical sugar cane planters in Louisiana. **The Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 62, n 2, p. 8-10, 1983.

EDWARDS, W. Machinery management: farm machinery selection. Ames: Iowa State University Extension, 2001. 8 p.

FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L.; STOLF, R. Dimensionamento do subsolador alado. **Brasil açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 97, n.2, p.32-38, 1981.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO - **Agrianual** 2006: anuário da agricultura brasileira São Paulo, 2006. 504 p.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R. Semeadora-adubadora de fluxo contínuo: Desempenho operacional em função de diferentes condições de preparo e cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n.1, p. 60-67, 2002.

GALVÃO, L.S.; FORMAGGIO, A.R.; TISOT, D.A. Discrimination of sugarcane varieties in southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 94, n. 4, p. 523-534, 2005.

GAMERO, C.A.; LANÇAS, K.P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: Fundação Estudos Agrários Luiz Queiroz, 1996. p. 463-514

GAMERO, C.A.; LANÇAS, K.P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: CNPq PADCT/TIBFEALQ, 1996. p. 463-514.

GUERRA, M. Plantio mecanizado: a “bola tecnológica” da vez? **Revista Canavieiros**, Sertãozinho, n. 4, p. 40, out. 2006.

HEAGLER, A.M.; CHAPMAN, B.A.; ZAPATA, H.O. **Projected cost and returns**. Sugar Cane, Louisiana: Department of Agriculture Economics and Agribusiness, Louisiana State University Agricultural Center, Louisiana Agricultural Experiment Station, 1983. 5p. (Department Agriculture Research, 608)

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1992. 465p.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J.C.; SERRANO, O.; THAME, A.C.M.; NEVES, E.M. **Administração da empresa agrícola**. 6ed. São Paulo: Pioneira, 1987. 325p.

HUNT, D. Farm power and machinery management. 9th ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 363 p.

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

LANÇAS, K.P.; BENEZ, S.H. Influência da velocidade de subsolagem no consumo de combustível e área mobilizada do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 3, n. 1, p. 25-33, 1988.

LANÇAS, K.P.; LOPES A.; FURLANI, C. E. A. NAGAOKA, A. K., KRONKA, S. N. Avaliação da resistência ao rolamento do rodado de um trator agrícola em função do tipo construtivo, da lastragem e da velocidade de deslocamento em condição de campo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n.2, p.171-178, mai. 2000.

LEE, T.S.G. Efeito do plantio de cana inteira na germinação, no desenvolvimento e na produção de cana-de-açúcar. **Cadernos Planalsucar**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 13-23, fev. 1984.

LEE, T.S.G.; MARTINS, J.; MATSUOKA, S.; MAGALHÃES, P.M.; SILVA, M.R.; CASTILHO, H.J.; FURLANI NETO, V.L. Plantio de cana inteira - Viabilidade e recomendações. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 104, n. ½, p. 4-7, jan./abr.1986.

LEVIEN, R.; GAMERO, C.A.; FURLANI, C.E.A. Desempenho de uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo, em semeadura de aveia preta após a cultura do milho, sob diferentes preparos do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n.2, p. 145-151, 2001.

LEVIEN, R.; MARQUES, J.P.; BENEZ, S.H. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays L.*), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999. Pelotas. . **Anais...Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, 1999. 1 CD-ROM.

LILJEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; TURNQUIST, P.K.; SMITH, D.W. Traction. In: Traction and their power units. Connecticut: **Avi Publish Company**, Westport, n.2, p.219-226, 1995.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n. 9, p. 1323-1329, set. 1982.

MACHADO, R.L.T.; MACHADO, A.L.T.; TURATTI, A.L., REIS, A.; ALONÇO, A.S. Avaliação do desempenho de escarificador em planossolo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.2, n. 3, p. 151-154, Set.-Dez., 1996.

MANTOVANI, E.C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F.E.C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.1579-1586, 1992.

MARCHIORI, L.F.S.; BEUCLAIR, E.G.F.; PIEDADE, S.M.de S.; SCARPARI, M.S.; TARDIVO, J.C. Plantio de cana inteira ou picada na cana-de-açúcar. **Revista da Stab**, Piracicaba, v.34, n. 3, p. 28-31 Jan.-Fev, 2006.

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1974. 301p.

MIALHE, L.G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPUEDUSP, 1980. v. 2, 345 p.

MIALHE, L.G. **Gerência de sistema tratorizado vs operação otimizada de tratores**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 30 p.

MIALHE, L.G. Ensaio e certificação de tratores. In: _____ **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: CNPq-PADCT/TIB-FEALQ, 1996a. p. 385-462,

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ, 1996b. p. 722,

MIRANI, A.N.; BUKHARI, S.; ZAFARULLAH, M. Unit cost of operations of farm tractors. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America**, Japan, v. 20, n. 3, p. 44-46, 1989.

MODOLO, A.J.; GABRIEL FILHO, A.; SILVA S.L. GNOATTO, E. Força de tração necessária em função do número de linhas de semeadura utilizadas por uma semeadora-adubadora de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.465-473, maio/ago. 2005.

MOLIN, J.P. ; ARAUJO, J.C. ; ZAMBUZI, P.C.; PEREIRA, F.J.S. . Ensaio de características dimensionais, ponderais e de desempenho na barra de tração de um quadriciclo 4x2 TDA. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 278-287, 2002.

- NORONHA, J.F. Projetos agropecuários: **Administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. São Paulo: Atlas, 1981. 274p.
- NORONHA, J.F.; MIALHE, L.G.; DUARTE, L.P. Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29, 1991. Campinas. **Anais...** Brasília: SOBER, 1991. p.13–33.
- NORRIS, C.P.; ROBOTHAM, B.G.; BULL, T.A. High density planting as an economic production strategy: A farming system and equipment requirements. **Proceedings Australian Society Sugar Cane Technologists**, Bundaberg, v.22, p. 113-118, 2000.
- NUNES JÚNIOR, D.; PINTO, A.R.S.A.; TRENTO FILHO, E.; ELIAS, A.I. **Indicadores agrícolas do setor sucroalcooleiro: safra 2003/04**. Ribeirão Preto: IDEA, 2004. 111 p.
- OLIVEIRA, M.D.M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: Avaliação de uma frota**, 2000. 147 p. Dissertação (Mestrado na área de Maquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- OLIVEIRA, M.L.; VIEIRA, L.B.; MANTOVANI, E.C.; SOUZA, E.C.; DIAS, G. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n. 7, p 1455-1463, jul. 2000.
- OMETTO, J.G.S. Mecanismo de desenvolvimento limpo. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1997 p. 452.
- ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. **Seja o doutor do seu canavial**. Local: Editora, 1994. p. 1-17, set., 1994. (Informações Agronômicas, 67)
- OU, Y.; YANG, D.; YU, P.; WANG, Y.; LI, B.; ZHANG, Y. Experience and analysis on sugarcane mechanization at a state farm in China. ASAE ANNUAL MEETING, **Chicago**, 2002 **Papers...** Chicago: ASAE, 2002 p1-7 (Paper 02-8048).
- PARRISH, R.L.; CHANEY, P.P.; BAKER, F.E. Field evaluation of sugar cane planters. 1987 In: SUMMER MEETING, 1987, Baltimore **Papers...** ASAE: Baltimore, 1987. p1-8 (Paper 87-1020).

PEIXOTO, AA.; BERTO, P.N.A.; THULER, A.M.; DELGADO, F.R.M.C.R. Densidades de plantio para três variedades de cana-de-açúcar em sulcos de base estreita e de base larga. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 106, n.2, p.28-32, 1988.

PERFECT, E.; MCLAUGHLIN, N. B.; KAY B. D. Energy requirements for conventional tillage following different crop rotations. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 40, n.1, p. 45-49, 1997.

PINTO, A.A.R. Novas soluções para mecanização da lavoura da cana de açúcar In: SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CNA-DE-AÇÚCAR, 5., 2003. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: IDEA – Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial, 2003.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. Plantadora de cana. In: SEMINÁRIO COOPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997. **Resumos...** São Paulo : Copersucar - São Paulo, 1997. v. 1. p. 223-231.

QUINTELA, A.C.R. **Avaliação do plantio convencional e de cana inteira com e sem desponte e da compactação pós cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar.** 1996. 37 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

QUINTELA, A.C.R.; ANDRADE, L.A.B; CARVALHO, G.J; BOCARDO, M.R. Efeito do plantio de cana inteira, com e sem desponte, e da compactação pós-cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 22-24, jan./fev. 1997.

RAPER, R.L. Force requirements and soil disruption of straight and bentleg subsoilers for conservation tillage systems. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 21, n.5, p. 787-794, 2005.

RIPOLI, T.C.C. **Relatório interno:** ensaio da plantocana. Piracicaba: Motocana, 1978. 15 p.

RIPOLI, T.C.C. Aumenta o interesse pela mecanização do plantio. **JornalCana**, Ribeirão Preto, n.151 p.30-31, jun.2006.

RIPOLI, T.C.C; RIPOLI, M.L.C; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B.Y. Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte. 2.ed. Piracicaba: Edição dos autores, 2007. 198 p.

ROBOTAHM, B.G **Final report- SRDC Project Bs 145S Improving sett/soil contact to enhance sugarcane establishment.** Local: BSES Publication SRDC, Dec. 2000. p. 1-26, (final report SD00021).

ROBOTHAM, B.G. Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. **Proceeding Australian Society Sugar Cane Technology**, Bundaberg, v. 26, p. 1-9, 2004.

ROBOTAHM, B.G.; CHAPPELL, W.G. Comparing the field performance of mechanical cana planters. **Proceedings Australian Society Sugar Cane Technologists**, Bundaberg, v. 20, p. 293-299, 1998.

ROBOTAHM, B.G.; CHAPPELL, W.G. High quality planting billets-Whole-stalk planter billets compared to billets from modified and unmodified harvesters. **Proceedings Australian Society Sugar Cane Technologists**, Bundaberg, v.24, p. 1-10, 2002.

ROCHA, A.M.C. **Emergência perfilhamento e produção de colmos de cana-de-açúcar (*Sacharum sp.*) em função das épocas de plantio no estado de São Paulo.** 1984. 154 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

SALASSI, M.E.; BREAUX, J.B.; HOY, J.W. Estimated cost differences between whole-stalk and billet sugarcane planting methods in Louisiana. **Journal American Society Sugar Cane Technologists**, Baton Rouge, v. 24, p. 1-4, 2004.

SAMPAIO, E. V.S.B.; SALCEDO, J. H. ;CAVALCANTE, F. J.H. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, p.425-431, 1987.

SANTOS, F.A.G.; LANÇAS, K.P. Influência da interação velocidade de deslocamento e teor de água no solo, na operação de subsolagem. **Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 8, n. 4, p 1- 11, 1993.

SASAKI, C.M.;GONÇALVEZ, J.L.M.;BENTIVENHA, S.R.P. Desempenho operacional de hastes subsoladoras em função da ponteira e do tipo do solo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p.44-52, abr. 2005.

SCARDUA, R ; ROSENFELD, V. Irrigação da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-Açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, cap.3. p.373-431.

SILVA, S.L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto**: Demanda de energia, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento. 2000. 125p Tese - (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura). - Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

SILVA, S.L.; BENEZ, S.H.; RICIERI, R.P.; PEREIRA, J.O. Demanda energética em sistema de semeadura direta em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000. Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, J.C.M.; GABRIEL FILHO, A.; SECCO, D. Demanda de Potência e Força de Tração de uma Semeadora na Implantação do Milho Safrinha sob Plantio Direto. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.4, p. 256-267, Out./Dez., 2005.

SIMÕES NETO E.D. **Efeito da quantidade da reserva energética do tolete e da compactação do solo no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. (*Sacharum sp.*)** 1986. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

STOLF, R.; FERNADES, J.; FURLANI NETO, V.L. Influência do plantio mecanizado no índice de germinação da cana de açúcar. **Revista da Stab**, Piracicaba, v. 2, n. 5, p. 18-25 maio/jun., 1984.

SUGUITANI, C. **Entendendo e a produção de cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosaic**. 2006. 60 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TAUPIER, L.O.G.; RODRÍGUES, G.G. A cana-de-açúcar. In: **ICIDCA. Manual dos Derivados da Cana-de-Açúcar**: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. cap. 2.1. p. 21-27.

TEIXEIRA, E.J. Plantio mecânico e convencional de cana: um estudo dos custos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 9. 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ., 2001. v. 1, p.164.

TEIXEIRA, L.F.G. **Desenvolvimento de uma equação para estimativa do custo acumulado de reparos e manutenção para tratores agrícolas de pneus.** 1995. 89p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

VICENTE, E.F.R.; FERNANDES, V. Mensuração do custo de cana-de-açúcar para médios produtores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11., 2004, Porto Seguro. **Anais ...** Disponível em:
<[http://www.congressodecustos.com.br/trabalhos/MENSURA%C3%83+O%20DOS%20CUSTOS%20DE%20PRODU%C3%83+O%20DE%20CANA-DE%20PARA%20M%D3%83+DIOS520PRODUTORES.pdf](http://www.congressodecustos.com.br/trabalhos/MENSURA%C3%83+O%20DOS%20CUSTOS%20DE%20PRODU%C3%83+O%20DE%20CANA-DE%20PARA%20M%C3%83+DIOS520PRODUTORES.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2007.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within between years. **Annals of Botany**, Cary, v.11, n.41, 451p, 1947.

ZOZ, F.M. **Predicting tractor field performance (updated).** St. Joseph: ASAE, 1987. p.15. (ASAE Paper, 87-1623).

3 AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA DE UMA VARIEDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR CONSIDERANDO DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO

Resumo

A implantação de uma lavoura de cana-de-açúcar envolve uma série de cuidados por se tratar de uma cultura semi-perene. Os parâmetros biométricos da cultura são importantes para a avaliação do desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar. O presente trabalho objetivou-se em avaliar as diferenças entre os parâmetros biométricos de uma variedade submetida a dois diferentes sistemas de plantio. Em uma área comercial foi realizado o plantio mecanizado e semimecanizado de cana de açúcar seguidos de avaliações quanto as gemas, ao perfilhamento, falhas de plantio e produtividade. Concluiu-se que o plantio mecanizado causou maiores danos às gemas, reduzindo o número de gemas viáveis por metro de sulco e conseqüentemente o número de perfilhos por metro de sulco, assim como aumentou a porcentagem de falhas de plantio refletindo na redução significativa da produtividade agrícola.

Palavras-chave: Gemas viáveis; Falhas de plantio; Produtividade

BIOMETRIC EVALUATION OF A SUGARCANE VARIETY CONSIDERING DIFFERENT PLANTATION SYSTEMS

Abstract

The plantation of sugarcane involves a series of cautions since it is a semi-perennial culture. The biometric parameters of the culture are important in order to evaluate the vegetative development of the sugarcane. The objective of the current task was to evaluate the difference between the biometric parameters of one variety subjected to two different plantation systems. In one commercial area a mechanized and semi-mechanized plantation method was used followed by evaluations regarding the buds, affiliation, crop failures and productivity. The conclusion is that the mechanized plantation method caused greater damage to the buds, reducing the number of viable shoots per meter of furrow and consequently the number of affiliates per meter of furrow, and it increased the percentage of plantation failures resulting in a significant reduction of the agricultural productivity.

Keywords: Viable buds; Crop failure; Yield

3.1 Introdução

O setor sucroalcooleiro possui grande importância econômica, social e ambiental para o Brasil, sendo grande gerador de ocupação no meio rural, de divisas e produção de energia renovável e limpa. O segmento fatura, direta e indiretamente, cerca de R\$ 40 bilhões por ano, o

que corresponde a aproximadamente 2,35% do PIB nacional, além de ser um dos setores que mais empregam com mais de 3,6 milhões de empregos diretos e indiretos (DIEESE, 2007).

A expansão do mercado mundial de açúcar e álcool tem estimulado o aumento do investimento no setor em todo o país. A moagem de cana na safra 2006/2007 foi de 474,8 milhões de toneladas, o que representa um crescimento de 10,0%, ou um acréscimo de 43,4 milhões de toneladas sobre o total produzido na safra 2005/2006, resultando na produção de 30,2 milhões de toneladas de açúcar e 17,5 bilhões de litros de álcool (DIEESE, 2007).

A área ocupada em 2007 com essa cultura foi de 6,96 milhões de hectares, superior em 13,00% (800,4 mil hectares) a área da safra anterior. Desse total, 82,37% (5,74 milhões de hectares) estão na região Centro-Sul e os 17,63% (1,22 milhões de hectares) restantes, na região Norte/Nordeste (DIEESE, 2007).

Com este crescimento significativo do setor aumenta a questão da competitividade e qualidade dos produtos finais, o que afeta diretamente as operações em campo. A implantação de uma lavoura de cana-de-açúcar envolve uma série de cuidados por se tratar de uma cultura semi-perene. Muitos são os fatores que interferem na qualidade do plantio, desde sua densidade, preparo do solo, época de plantio, escolha da variedade até qualidade e idade da muda.

Casagrande (1981) ressalta que as avaliações biométricas são de grande significância para avaliação do desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar e envolve a medição desde o número de perfilhos por metro linear até a produtividade da cultura.

Alleoni et al. (1995) encontraram valores variando, dos 30 aos 90 dias após o plantio, de 10,6 a 12,8 perfilhos por metro linear, enquanto Marques et al. (2007), em levantamento iniciais encontraram valores entre 9,25 a 13,5 perfilhos por metro linear.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as diferenças entre os parâmetros biométricos da variedade SP80-3280 submetida aos sistemas de plantio semimecanizado e mecanizado.

3.2 Materiais e Métodos

A área utilizada para o plantio neste experimento localizava-se no município de Piracicaba nas dependências do Grupo Cosan Unidade Costa Pinto, em solo, classificado segundo Embrapa (1999), como Nitossolo Vermelho e com características granulométricas de 34,19% de

argila, 21,27% de silte, 44,54% de areia descrita por Dane e Topp (2002) e no momento do plantio possuía 18,44% de umidade. A área apresentava uma declividade média de 3% e coordenadas geográficas aproximadas de 47°36'40" S e 22°41'18" W, referenciado pelo elipsóide WGS 84.

O ensaio foi realizado com dois tratamentos (plantio mecanizado e semimecanizado) e seis repetições por tratamento totalizando-se com isso 12 sulcos de 200 m de comprimento, metodologia semelhante a proposta por Pinto e Moraes (1997), utilizando-se para as avaliações os 10 sulcos centrais e 180 metros também centrais desses sulcos. Os plantios foram realizados com a variedade SP-80 3280 de 11 meses, recomendada segundo a UDOP (2007) para o local do ensaio, sendo efetuado na segunda quinzena do mês outubro de 2006, implantando-se os tratamentos em faixas dispostas lado a lado com espaçamento de 1,50 m entre fileiras.

Com relação a variedade, observa-se que suas gemas são levemente encorpadas o que implica em um maior número de danos mecânicos provocados nos romaneios pré-plantio, porém esta variedade é o padrão para plantios semimecanizados na usina o que levou a sua adoção também no plantio mecanizado.

O plantio mecanizado foi realizado com a Plantadora DMB PCP 5000, ocorrendo o abastecimento de rebolos de mudas, de aproximadamente 0,32 metros, ocorreu por meio de *big bags* e guincho hidráulico, com rebolos provenientes do picador da plantadora Civemasa modelo PCSA-2L, utilizado como substituto de colheita mecanizada. As regulagens necessárias, para o plantio na área de estudo, foram de responsabilidade do fabricante, bem como a operação de plantio, sempre de acordo com os padrões utilizados pela Unidade Costa Pinto para plantio semimecanizado. Tais regulagens e manejo envolveram: velocidade de deslocamento (de 5,0 a 6,0 km h⁻¹), quantidade de rebolos m⁻¹ de fileira de plantio (13 a 15) e quantidade de terra sobre os rebolos (0,30 m de altura de cobertura).

O plantio semimecanizado foi efetuado com a abertura mecanizada dos sulcos, distribuição e fracionamento manual dos colmos, fechamento mecanizado dos sulcos e aplicação mecanizada de defensivos.

Para caracterizar as mudas de cana-de-açúcar quanto ao potencial de germinação em condições controladas, foram plantados casualizadamente, 120 internódios, obtidos aleatoriamente no local do ensaio em canteiro de areia.

Em campo foram coletados 30 colmos cortados e despalhados manualmente, seguido pelo levantamento de seus pesos, comprimentos, diâmetros a 1,20 metros de altura, número de internódios por colmo e número de gemas viáveis e inviáveis por colmo. Posteriormente ao fracionamento dos colmos determinou-se número de gemas viáveis e inviáveis por rebolo e o peso e tamanho médio dos mesmos.

Realizados os plantios semimecanizado e mecanizado foram efetuadas amostragens nos sulcos para determinação de: i) profundidade de sulcação, medindo-se 30 pontos por tratamento com duas réguas, uma colocada nas bordas do sulco para caracterizar a linha do solo e outra para medir a profundidade; ii) altura de terra de cobertura, escavando-se o solo onde foi plantado o rebolo e medindo a camada de terra acima do rebolo; iii) número de rebolos por metro de sulco também escavando-se o solo e contando os rebolos e por fim, iv) número de gemas viáveis e inviáveis por metro, todos com 20 amostragens por tratamento (aos 40, 60, 100, 140 e 180 m).

Em seguida aos 30 dias e 60 após o plantio foram contados os todos os perfilhos em 8 amostras por tratamento sendo que estes pontos demarcados dos sulcos tinham 4 metros de comprimento. Também foi levantada a porcentagem de estabelecimento da cultura, considerando o número de gemas viáveis e perfilhos por metro de sulco.

Aos 90 dias após o plantio (DAP) foram avaliadas as falhas de plantio, falhas essas superiores a 0,30 m de comprimento em todo o experimento. Para tanto foram levantadas todas as falhas e depois calculou-se a porcentagem de falhas obtida através da relação entre os seus comprimentos pela distância percorrida na fileira.

Para conclusão do trabalho confrontou-se a quantidade de mudas plantadas, gemas viáveis por metro de sulco, porcentagens de falhas de plantio (aos 90 DAP) e produtividades, sendo que para todas as variáveis ponderadas foi realizada análise estatística (Tukey, $p < 0,05$).

3.3 Resultado e Discussão

Nota-se, na Tabela 1, que após o fracionamento dos colmos, realizado pelo mecanismo picador da plantadora Civemava, obteve-se rebolos em torno de 0,32 m, com 1,2 gemas viáveis por rebolo, resultados abaixo dos obtidos e classificados como bons por Pinto e Moraes (1997), que apresentam rebolos em torno de 45 cm com 2,9 gemas viáveis por rebolo. Ressaltando que a

recomendação do fabricante da plantadora DMB PCP 5000 é efetuar o plantio de rebolos com 0,45 m.

Tabela 1 - Resultados médios de biometria das mudas utilizadas no ensaio, utilizando o mecanismo picador da Cg

Variáveis	Médias	D.P.	C.V.
Comprimento dos colmos (m)	2,35	15,5	6,6
Diâmetro médio de colmos (cm)	2,8	0,2	7,9
Peso médio de colmos (kg)	1,46	-	-
Número de internódios por colmo	15,1	1,4	9,4
Número de gemas viáveis por colmo	12,6	1,9	15,5
Número de gemas inviáveis por colmo	2,5	1,6	62,8
Número total de gemas por colmo	15,1	1,4	9,4
Número médio de rebolos por colmo	7,4	-	-
Comprimento médio de rebolos (m)	0,32	0,86	0,25
Número de rebolos amostrados (de 30 colmos)	225	-	-
Peso dos rebolos amostrados (de 30 colmos) (kg)	43,8	-	-
Número de gemas viáveis por rebolo	1,2	0,9	73,7
Número de gemas inviáveis por rebolo	0,82	0,7	90,1
Número total de gemas por rebolo	2,02	-	-
% gemas viáveis por colmo	83,4	-	-
% gemas viáveis por rebolo	59,4	-	-
Peso médio por rebolo (kg)	0,19	-	-

D.P. = desvio padrão e C.V. = coeficiente de variação.

A ação de fracionamento dos colmos levou a uma perda da ordem de 28,8 % de gemas viáveis, entretanto devido ao elevado CV encontrado tanto no número de gemas viáveis por colmo quanto por rebolo serem elevados, não se pode afirmar que esta ação é a única responsável por esta redução em todos os colmos fracionados.

Pinto e Moraes (1997) apontaram que as injúrias que a colheita mecânica provocou nas gemas e rebolos, devido à ação dos órgãos rotativos da colhedora, uma redução de viabilidade na

ordem de 19% somados aos 5% das gemas já inviáveis no viveiro de mudas, totalizando 24% de gemas inviáveis. O valor de gemas inviáveis obtido por esses autores foi inferior ao apurado no trabalho possivelmente em virtude do fracionamento dos colmos em rebolos maiores do que os obtidos neste trabalho.

Após o plantio realizado foram avaliados os rebolos de mudas depositados pela plantadora DMB nos sulcos de plantio. Em relação à qualidade das gemas, segundo a Figura 1, nota-se que no plantio semimecanizado 29% das gemas eram inviáveis e 71% viáveis, já no plantio mecanizado 35% das gemas depositadas foram inviáveis e apenas 65% viáveis, mostrando que o plantio mecanizado aumentou o número de gemas inviáveis por metro de sulco plantado.

Pinto e Moraes (1997), avaliando um plantio mecanizado (Plantadora Copersucar) encontraram 18,5 gemas totais por metro de sulco, 14 gemas viáveis metro (76%) e apenas 4 de gemas inviáveis (24%). Robotham (2004) encontrou 9,2 gemas viáveis por metro de sulco, para plantio mecanizado de cana-de-açúcar, usando plantadoras de rebolos como mudas, com 63% de estabelecimento, ou seja, 5,8 perfilhos por metro de sulco.

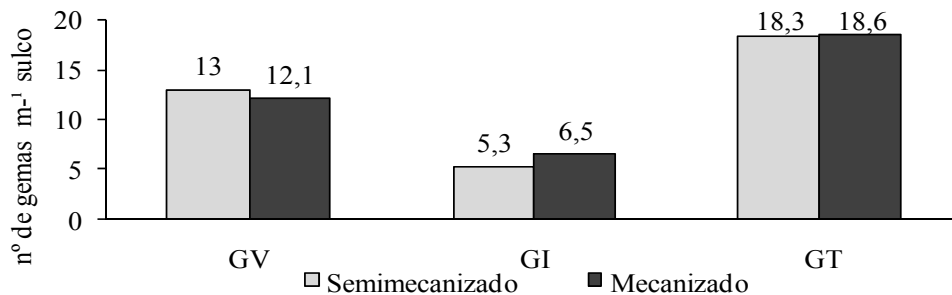


Figura 1 - Resultados dos números de gemas viáveis (GV), número de gemas inviáveis (GI) e número de gemas totais (GT) por metro de sulco, considerando plantio semimecanizado e mecanizado

Em relação à densidade de plantio foram encontrados 6 rebolos por metro de sulco tanto para o plantio semimecanizado como o mecanizado. As profundidades médias do sulco assim como as alturas de cobertura não apresentaram diferenças significativas (Figura 2) e seguiram a recomendação do fabricante, em torno de 0,30 m de profundidade com 0,10 m de terra respectivamente. Pinto e Moraes (1997), avaliando um plantio mecanizado encontraram densidade em torno de 5,6 rebolos por metro, a uma profundidade de 0,21 m e altura de cobertura de 0,07 m.

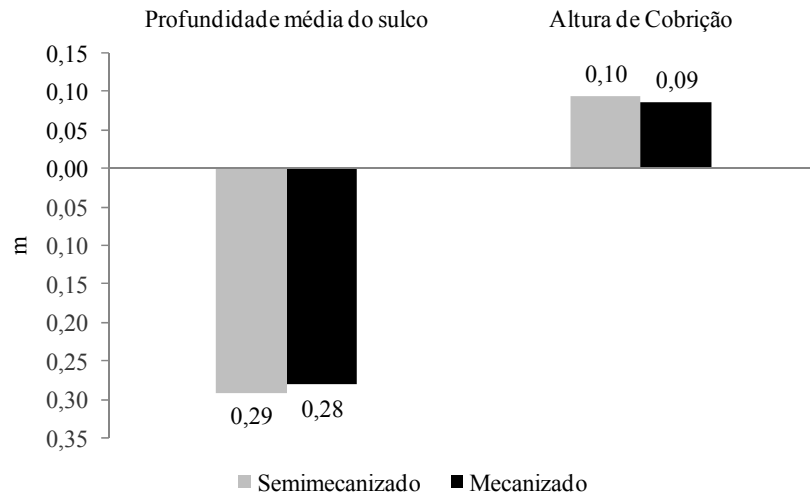


Figura 2 - Comparativo dos sistemas de plantio em relação a profundidade de sulcação e altura de cobrição

Outra análise realizada foi à estimativa da quantidade de mudas plantada por unidades de área. Observa-se que no tratamento semimecanizado a média dos valores encontrados, de 10,2 t ha⁻¹ encontra-se dentro dos limites aceitos (8,4 a 10,2 t ha⁻¹) pela COSAN-Costa Pinto. Em relação ao tratamento mecanizado a plantadora DMB apresenta-se com valores acima do esperado, com 13,6 t ha⁻¹. Nota-se que houve um aumento de 33% na massa de mudas plantadas no sistema mecanizado quando comparado ao semimecanizado.

Robotham (2004) relata que na Austrália a mudança do sistema de plantio foi responsável pelo aumento de mais de 100% no consumo de mudas, que originalmente era de 4 a 5 t ha⁻¹ no sistema semimecanizado atingindo mais de 10 t ha⁻¹ no sistema mecanizado. Para as comparações em condições brasileiras Pinto e Moraes (1997) utilizando a plantadora Copersucar deparou-se com 10,3 t ha⁻¹, logo Janini (2007), utilizando a mesma variedade do experimento, SP 80-3280, com uma plantadora Civemasa encontrou valores de 13,2 t ha⁻¹.

Outra avaliação realizada foi o número de perfilhos por metro de sulco aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP), como mostra a Figura 3. Como era esperado, devido à fisiologia da planta, houve um aumento no número de perfilhos por metro quando se compara os levantamentos realizados aos 30 e 60 DAP, sendo de 40% no sistema semimecanizado e de 77% no mecanizado. Nota-se que o número de perfilhos no sistema semimecanizado foi 42% maior comparado com o sistema de plantio mecanizado aos 30 DAP e 53% aos 60 DAP.

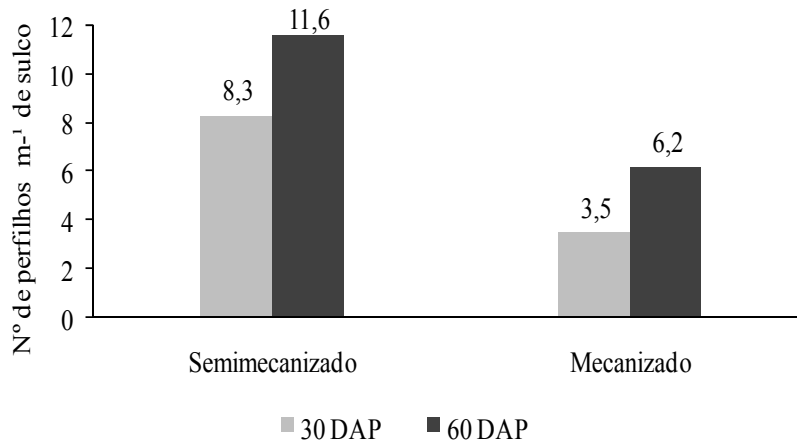


Figura 3 - Número médio de perfilhos por metro de sulco, aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP), para cada sistema de plantio

Em condições semelhantes Cebim (2007) encontrou valores médios, de números de perfilhos por metro de sulco, na ordem de 6,7 e 3,6 para o sistema semimecanizado e mecanizado respectivamente, aos 30 DAP e 12,4 e 6,5, para semimecanizado e mecanizado, aos 60 DAP. Pinto e Moraes (1997) realizaram a avaliação de perfilhos, num plantio mecanizado, aos 90 DAP e encontraram 5,7 perfilhos por metro de sulco, e Robotham (2004) avaliando aos 80 DAP encontrou valores médios de 5,8 perfilhos por metro.

Analisando o desenvolvimento do canal, tem-se 89% de estabelecimento das gemas viáveis no sistema semimecanizado e 51% no mecanizado. Pinto e Moraes (1997) considerando um plantio mecanizado com mudas fracionadas em rebolos encontraram valores médios de 47% de estabelecimento e Robotham (2004) valores de 63%.

Em relação à avaliação de falhas de plantio consideraram-se falhas os espaços vazios, nas fileiras de plantio, maiores que 0,30 m e não 0,50 m como é mais usual no meio canavieiro, devido ao fato que mesmo após os 60 dias ocorrem novos perfilhos, com aumentos destes de até 63%, conforme Ripoli (2007).

Nota-se na Tabela 2 que o plantio semimecanizado apresentou menor índice de falha de plantio comparado com sistema mecanizado. O aumento na porcentagem de falhas foi na ordem de 228%, este resultado pode ter sofrido influência do menor tamanho do rebolo. Nota-se que se comparado este índice de falhas com a quantidade de muda depositada no plantio, a maior

quantidade de mudas por metro de sulco no plantio mecanizado, não resultou em menor porcentagem de falhas, ocorrendo assim um gasto excessivo de mudas no sistema mecanizado de plantio.

Dunckelmam e Beauclair (1983), avaliando falhas de plantio na Lousiana encontraram para plantio mecanizado a porcentagem de 23,6% e no semimecanizado ausente, considerando falhas maiores de 0,61 m. Pinto e Moraes (1997) utilizando o método de Stolf (1986) relataram índices de falha na ordem de 13% para o plantio mecanizado. Já Janini (2007), em situações semelhantes a do experimento, com mesmo tamanho de rebolos e utilizando o mesmo método encontrou 18% de falhas para o plantio mecanizado e 5,7% para o semimecanizado.

Perante os resultados sobre perfilhamentos e falhas ao longo do ciclo fenológico da cultura em estudo, ressalta-se a importância do mecanismo distribuidor de rebolos e do mecanismo picador de colmos, sejam eles das colhedoras, sejam eles os fracionadores das plantadoras de mudas em colmos.

Tabela 2 - Confronto e análise estatística, entre quantidade de mudas plantadas, gemas viáveis, percentagens de falhas de plantio aos 90DAP e produtividades

Plantio	Quantidade de mudas (t ha ⁻¹)	Gemas viáveis nº m ⁻¹ de sulco	Falhas (%)	Produtividade (t ha ⁻¹)
Semimecanizado	10,2 a	13,0 a	8,7 a	87,7 a
Mecanizado	13,6 b	12,1 a	19,9 b	77,0 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Diante dos resultados obtidos (Tabela 2) nota-se que sendo plantadas diferentes quantidades de mudas nos diferentes sistemas de plantio, e obtido porcentagens de falhas significativamente diferente entre os tratamentos, o resultado final em relação a produtividade foi o esperado, ou seja, a produtividade obtida no sistema de plantio semimecanizado foi maior e estatisticamente significativa, quando comparada com o plantio mecanizado.

Por fim, deve-se comentar que, as mudas utilizadas para este estudo apresentavam uma porcentagem de germinação, em caixa de areia, da ordem de 71,7% o que, certamente não deve ser debitadas apenas às manipulações ocorridas durante as operações.

3.4 Conclusão

Com os dados analisados, pode-se concluir que o plantio mecanizado causa maiores danos às gemas, reduzindo o número de gemas viáveis por metro de sulco, o estabelecimento e conseqüentemente o de perfilhos, assim como aumenta a porcentagem de falhas de plantio refletindo na redução significativa da produtividade agrícola.

O fracionamento dos colmos em tamanhos menores do que o recomendado pode ter influenciado negativamente do desempenho da plantadora avaliada, uma vez que na época do experimento não houve disponibilidade de colhedoras de cana comercial e muito menos de colhedoras modificadas de mudas de cana.

Assim, recomendam-se novos experimentos, envolvendo avaliações de colhedoras de cana para mudas, pois deve haver mudanças nos resultados quando os fracionamentos dos colmos forem realizados nestas colhedoras, já que elas são preparadas para diminuir as injúrias às gemas.

Referências

ALLEONI, L.R.F.; BEAUCLAIR, E.G.; BITTENCOURT, V.C. Produtividade e atributos de crescimento da RB 735275, em áreas com e sem torta de filtro. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Maceió, v. 14, n. 2, p. 21-25, 1995.

ASSOCIAÇÃO PROFISSIONAL DA INDÚSTRIA DA FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL, AÇÚCAR, SIMILARES E CONEXOS – UDOP. Características Agronômicas mais marcantes das principais variedades de cana da Região Centro-Sul. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/geral.php?item=caracteristicas>>. Acesso em: 10 nov.2007.

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

CEBIM, V.L.S.M. **Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em dois sistemas de plantio**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

DANE, J.H.; TOPP, G.C. Methods of soil analysis part 4 – physical methods. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 5, n. 1, p. 1692, 2002. (SSSA Book Series 5)

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-açúcar. **Estudos e Pesquisas**, São Paulo, v. 3, n. 31, 13 p. nov. 2007.

DUNCKELMAN, J.W.; BEUCLAIR, E.G.F. A Survey of mechanical sugar cane planters in Louisiana. **The Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 62, n. 2, p. 8-10, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

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

MARQUES, T.A.; GODINHO, A.M.M.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E.; MARQUES, M.O. Parâmetros biométricos e tecnológicos de cultivares de cana-de-açúcar para o oeste paulista. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 2, p. 46-51, nov./dez.2007.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. Plantadora de cana. In: SEMINÁRIO COOPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA,7., 1997. São Paulo: Copersucar, 1997. v. 1. p. 223-231.

RIPOLI, T.C.C; RIPOLI, M.L.C; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. 2.ed. Piracicaba. Edição dos autores. 2007. 198 p.

ROBOTHAM, B.G. Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. **Proceeding Australian Society Sugar Cane Technology**, Bundaberg, v. 26, p. 1-9, 2004.

STOLF, R. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 4, n. 6, p. 22-36, jul./ago.1986.

4 AVALIAÇÃO OPERACIONAL E DEMANDA ENERGÉTICA DE UMA PLANTADORA DE CANA-DE-ACÚCAR PICADA

Resumo

A utilização de máquinas e implementos agrícolas na cultura da cana-de-açúcar no Brasil é um dos fatores que mais demandam recursos financeiros para esta cultura devido ao alto investimento inicial na aquisição de equipamentos, custos elevados de manutenção, custo em combustíveis, mão-de-obra e depreciação das máquinas. Assim a adequação destes equipamentos passa ser um ponto crucial no gerenciamento de recursos. Diante disto o objetivo do trabalho foi avaliar a demanda energética de uma plantadora de cana picada e o desempenho operacional da mesma. Para tanto se avaliou a força de tração, a potência disponível na barra de tração, o consumo horário e específico de combustível. Depois, avaliaram-se parâmetros em relação à mobilização do solo, como área e volume de solo mobilizado, resistência específica operacional, consumo específico operacional e capacidade de campo efetiva. As variáveis, força de tração, potência na barra de tração, consumo horário e capacidade de campo efetiva foram diretamente proporcionais ao incremento da velocidade. Já a área e volume de solo mobilizado, e o consumo específico operacional não sofreram variações significativas pelo aumento da velocidade.

Palavras-chave: Força de tração; Potência na barra de tração; Consumo específico operacional

OPERATIONAL EVALUATION AND ENERGY DEMAND OF A BILLET SUGARCANE PLANTER

Abstract

The use of machines and agriculture implements in the cultivation of sugar cane in Brazil is one of the factors that demand the most financial resources for this culture due to the high initial investment of acquiring the equipment, high cost of maintenance, cost of fuel, manual labor and depreciation of the machines. Therefore, the adequacy of this equipment turns out to be a crucial point in managing the resources. With this in mind, the objective of the task was to evaluate the energy demand of a billet sugarcane planter and its operational performance. For such, we evaluated the traction power, the available power at the traction bar, the time and fuel consumptions. Afterwards, we evaluated parameters related to soil mobilization, such as area and volume of mobilized soil, operational specific resistance, operational specific consumption and the effective field capacity. The variables, traction power, power at the traction bar, time consumption and effective field capacity were directly proportional to the increase in speed. On the other hand, the area and mobilized soil volume, and the operational specific consumption did not suffer significant variation as a result of the increase in speed.

Keywords: Traction power; Power at the traction bar; Operational specific consumption

4.1 Introdução

O cenário econômico da cultura da cana-de-açúcar para os próximos anos é promissor e a necessidade de aumentar a produção para atender a demanda está contribuindo para novos investimentos no setor (BRASIL, 2003).

Apesar das perspectivas serem favoráveis, algumas regiões com tradição no plantio de cana-de-açúcar estão passando por modificações para se adequar a nova legislação paulista (Lei nº 11.241 de 19/02/02) que regulamenta a queima em canaviais no estado, restringindo as áreas onde não possam ser realizadas operações de colheita mecanizada (SPAROVEK, 1997). Somado a isso o alto custo de produção e o elevado preço das terras no estado de São Paulo, compõe-se um cenário onde a adoção de estratégias que permitam incrementar o rendimento financeiro e a garantia da oferta dos produtos oriundos da cana-de-açúcar tornam-se uma necessidade (GLEBA, 2001).

A diversificação das atividades no meio agrícola implica na utilização de novas tecnologias que, segundo Cardoso Junior (1991), devem proporcionar uma relação entre custo e benefício favorável, para que se possa julgar a oportunidade de uso destas tecnologias.

O plantio mecanizado de cana-de-açúcar tratado como algo novo no setor canavieiro, já é realidade no Brasil desde 1978 (RIPOLI et al., 2007) e na Austrália desde 1920 (ROBOTHAM; CHAMPPELL, 2002).

A substituição do plantio semimecanizado pelo mecanizado pode ser umas das ferramentas na busca pela competitividade e na resolução do problema da falta de mão-de-obra no setor, que vem aumentando com o incremento da colheita mecanizada.

A tração é uma força proveniente da interação entre um dispositivo de autopropulsão, tal como a roda, e o meio no qual age esse dispositivo (MIALHE, 1980). Alguns fatores afetam as condições de tração e o seu rendimento como a pressão interna do pneu, a condição do solo, peso suportado pelo pneu e a presença de restos de culturas ou coberturas no solo. Liljedahl et al. (1995) relatam que o desempenho dos rodados no desenvolvimento da tração está relacionado com os parâmetros do solo, presença de resíduo ou cobertura morta, carga sobre o rodado e pressão do rodado. Os resultados da pesquisa mundial apresentam que de 20 a 55% da energia transmitida para as rodas motoras dos tratores é perdida nos elementos de tração (CHARLES, 1984).

Assim o objetivo do presente trabalho foi de avaliar a demanda energética de uma plantadora de cana picada e o desempenho operacional da mesma em relação à mobilização do solo.

4.2 Material e Métodos

Os ensaios foram realizados no município de Piracicaba em área cedida pela Unidade Costa Pinto do grupo Cosan com coordenadas geográficas aproximadas 47°36'40" S e 22°41'18" W , sendo referenciado pelo elipsóide WGS 84. A área tinha declividade média de 3% e solo predominante Nitossolo Vermelho segundo a nova nomenclatura proposta pela Embrapa 1999. O referido solo possui, de acordo com a análise granulométrica descrita por Dane e Topp (2002), 34,19% de argila, 21,27% de silte, 44,54% de areia e no momento do plantio possuía 18,44% de umidade.

Foi avaliada a plantadora de cana, marca DMB, modelo PCP 5000, com 7700 kgf de peso sem carga, capacidade do depósito de mudas em rebolos de 20 m³, capacidade dos 2 depósitos de fertilizantes de 650 kgf, capacidade do depósito de agroquímicos de 310 litros regulada para o espaçamento de 1,50 metros entre fileiras. Para tracionar tal máquina foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo 6360 4X2 TDA (tração dianteira assistida) com potência de 161 kW ou 220 cv, utilizando no ato do plantio 2200 revoluções por minuto na marcha de avanço 2°B.

O abastecimento do depósito da plantadora foi feito com as mudas de cana-de-açúcar fracionadas em rebolos de aproximadamente 0,32 metros ocupando metade do volume do depósito.

Para a determinação da força de tração, consumo horário e potência necessária à máquina, foi utilizado o método proposto por Mialhe (1996) onde através de um comboio composto de dois tratores (MF 6360 e Valtra BH 180), fez-se as avaliações. Colocou-se uma célula de carga marca Kyowa modelo LU5TE capacidade máxima de 5000 Kgf entre os tratores a fim de se determinar a força de tração exigida pela máquina, colocou-se também no trator de tração (MF 6360) um fluxômetro marca Oval M III modelo LSF41L medindo 1 mL por pulso instalado no sistema de alimentação para determinação do consumo de combustível e finalmente instalou-se encoder

marca Horner de 240 pulsos por volta colocado na roda da plantadora para mensuração da distância percorrida.

No ato do plantio o comboio desenvolvia uma velocidade de $5,3 \text{ km h}^{-1}$, com largura efetiva de trabalho de 3,0 m e escavação o solo a uma profundidade de 0,28 m para o plantio do rebolo.

Os dados determinados pela célula de carga, fluxômetro e encoder foram armazenados em sistema de aquisição de dados, conhecido vulgarmente como *datalogger*, marca Campbell modelo CR10-X para posteriores cálculos.

O consumo horário de combustível foi obtido através da Equação 1:

$$Ch = 3,6 \times Vc / tp \quad (1)$$

Em que,

Ch = Consumo horário (L h^{-1})

Vc = Volume consumido na parcela em (mL)

tp = Tempo de percurso na parcela (s)

De posse dos dados médios de força de tração e de velocidade foi calculada a potência através da Equação 2 descrita por Mialhe (1996).

$$PBT = FT \times VD / 3600 \quad (2)$$

Em que,

PBT = potência na barra de tração (kW)

FT = força de tração média (N)

VD = velocidade média de deslocamento (km h^{-1})

O consumo específico de combustível foi calculado pela Equação 3:

$$Ce = Ch / PBT \quad (3)$$

E que,

Ce = Consumo específico de combustível (L kW h^{-1})

Ch = Consumo horário (L h^{-1})

PBT = potência na barra de tração (kW)

Para a determinação dos parâmetros operacionais também se utilizou da metodologia descrita por Mialhe (1996), encontrando-se para as condições do ensaio os valores de consumo específico operacional, resistência específica operacional e capacidade de campo efetiva.

O consumo específico operacional foi calculado pela Equação 4:

$$CeO = Ce / Am \quad (4)$$

Em que,

CeO = Consumo específico operacional (L kW h⁻¹ m⁻²)

Ce = Consumo específico de combustível (L kW h⁻¹)

Am = Área da seção de solo mobilizado (m²)

A área mobilizada do solo foi determinada em função do apontamento das profundidades médias do sulco, largura da abertura superior e inferior do sulco e posterior cálculo da área em função da aplicação de equação para cálculo da área de um trapézio. As amostragens para determinação das variáveis que compõem a área mobilizada do solo foram efetuadas em 20 amostragens por tratamento.

A resistência específica operacional foi calculada por meio da Equação 5:

$$REO = FT / AM \quad (5)$$

Em que,

REO = resistência específica operacional (N m⁻²)

FT = força de tração média (N)

AM = área mobilizada de solo (m²)

A capacidade de campo efetiva (CcE), foi obtida por meio da Equação 6, conforme Mialhe (1974):

$$CcE = V \times L / 10 \quad (6)$$

Em que,

CcE = capacidade efetiva de trabalho (ha h⁻¹)

V = velocidade de trabalho (km h⁻¹)

L = largura de trabalho (m)

O volume mobilizado de solo por sua vez foi calculado pela Equação 7:

$$VMS = AM \times 10000 \text{ L}^{-1} \quad (7)$$

Em que,

VMS = Volume mobilizado de solo ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)

AM = Área mobilizada de solo (m^2)

L = Espaçamento entre linhas de plantio (m)

Em seguida aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para contrastar as médias de cada variável estudada em função da variação da velocidade.

3.3 Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra o comportamento da força de tração e da potência na barra de tração em função da variação da velocidade de trabalho. Nota-se que o aumento da velocidade provoca um incremento, estatisticamente significativo, na força de tração e na potência disponível na barra de tração.

Tabela 1 - Análise da força de tração e da potência na barra de tração em função da variação da velocidade de trabalho

	Velocidade (km h^{-1})		
	4,2	4,7	5,3
Força de tração (kgf)	3.474 a	4.441 b	5.170 c
Força de tração (N)	34.068 a	43.551b	50.700 c
Potência na barra de tração (kW)	37,85 a	54,44 b	70,42 c

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Al-Janobi et al. (1998), Cepik et al. (2005), Silveira et al. (2005) observaram, que os acréscimos de velocidade promovem um incremento significante na força de tração média

mesmo quando utiliza-se implementos bastante diferentes como sulcadores, subsoladores e plantadoras e em intervalos de velocidades também bastante distintos.

Já Machado et al. (1996), Bicudo et. al (1987), Silva (2000) e Lanças e Benez (1988) observaram que os valores de força de tração média não foram influenciados significativamente pelos aumentos de velocidades, porém também observaram que há uma tendência de aumento desta variável.

Para a potência na barra de tração os dados apurados seguem as afirmações de Araújo et al. (2001), Machado et al. (1996) e Silveira et al. (2005) que avaliaram que velocidades maiores demonstram uma maior necessidade de potência na barra de tração. Os valores observados pelos autores são inferiores aos observados neste estudo devido aos implementos utilizados nos trabalhos serem uma semeadora de sete linhas, um escarificador e uma semeadora de milho, respectivamente, menos exigentes em força de tração, mas que demonstram a mesma tendência observada de aumento da força de tração à medida que se aumenta a velocidade de trabalho. Os aumentos de potência na barra com aumento da velocidade também foram observados por Lanças e Benez (1987), Oliveira et al. (2000) e Machado et al. (1996).

Em condições semelhantes de solo, topografia, profundidade de trabalho e velocidade de operação ($5,1 \text{ km h}^{-1}$) Janini (2007) observou que a potência na barra de tração foi de 62 cv ou 45,60 kW, valor inferior aos observados para a máquina em estudo. É possível que as diferenças nas potências requeridas pelas máquinas sejam ocasionadas pelas formas geométricas dos sulcadores conforme mencionado por Lanças e Benez (1987), ângulo de ataque da ponteira do sulcador e a regulagem de largura de sulco, mobilizando menor quantidade de solo e consumindo menos energia para realizar a operação.

A Tabela 2 mostra a relação do aumento da velocidade com o consumo horário de combustível e consumo específico de combustível.

Com relação ao consumo horário de combustível obteve-se valores crescentes com o aumento da velocidade assim como relatado por Mialhe (1996) e Lanças e Benez (1988). Em condições semelhantes de análise, Janini (2007) mensurou um consumo de $40,2 \text{ L h}^{-1}$ mesmo com velocidade de operação menor ($5,0 \text{ km h}^{-1}$) mostrando a paridade de consumo para operação de plantio nessas condições e para as máquinas estudadas.

Tabela 2 - Comportamento do consumo horário e específico de combustível, em função do aumento da velocidade de trabalho

	Velocidade (km h ⁻¹)		
	4,2	4,7	5,3
Consumo horário (L h ⁻¹)	21,6 a	28,8 b	39,6 c
Consumo específico (L kW h ⁻¹)	0,57 a	0,53 b	0,56 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Já o consumo específico operacional é inversamente proporcional ao aumento da velocidade (Lanças e Benez, 1988), ou seja, à medida que se aumenta a velocidade de operação diminui-se o consumo específico, caracterizando-se a melhor eficiência energética em operações sob velocidades maiores. Entretanto isto não foi observado quando se compara a velocidade de 4,2 com 5,3 km h⁻¹.

A Tabela 3 demonstra os principais parâmetros que avaliam o desempenho operacional dos sistemas motomecanizados de mobilização do solo, segundo Mialhe (1996).

Com relação área mobilizada de solo, os resultados concordam com estudos de Payne (1956), Owen (1989), Santos Filho et al. (1993), Lanças e Benez (1988) e Machado et al. (1996), que não verificaram diferença estatística significativa na área transversal de solo mobilizado com variação da velocidade de trabalho. Essa variável parece estar mais ligada a características físicas do solo do que a velocidade de operação.

Tabela 3 - Avaliação dos parâmetros de desempenho operacional, em relação à mobilização do solo, do sistema de plantio mecanizado

	Velocidade (km h ⁻¹)		
	4,2	4,7	5,3
Área mobilizada de solo (m ²)	0,083 a	0,081 a	0,084 a
Volume mobilizado de solo (m ³ ha ⁻¹)	553,33 a	540,00 a	560,00 a
Resistência específica operacional (N m ²)	412.446 a	536.342 b	603.571 b
Consumo específico operacional (L kW h m ⁻²)	6,90 a	6,53 a	6,67 a
Capacidade de campo efetiva (ha h ⁻¹)	1,26 a	1,41 b	1,59 c
Capacidade de campo efetiva - Ef 70% (ha h ⁻¹)	0,88 a	0,99 b	1,11 c

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

O volume mobilizado de solo também não se mostrou diferente estatisticamente aos níveis de probabilidades estudados. Os volumes obtidos neste estudo convertidos em volume mobilizado por metro de sulco, encontram-se um pouco acima ($0,08 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ de sulco) dos volumes obtidos por Robotham (2004) para plantio de mudas com máquinas que usam sulcadores convencionais que usam rebolos como mudas, onde apurou $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ de sulco e $0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ de sulco para o plantio com máquinas que usam mudas de cana inteira, e ainda são muito superiores aos volumes mobilizados quando utilizadas as plantadoras que usam sulcadores de disco duplo ao invés dos sulcadores convencionais onde se mobilizou em média $0,008 \text{ m}^3$ por metro de sulco.

A resistência específica operacional não se mostrou diferente estatisticamente nas velocidades de $4,7$ e $5,3 \text{ km h}^{-1}$, corroborando as observações de Machado et al. (1996), Santos e Lanças (1993) e Bicudo (1987). Entretanto, quando comparadas com a menor velocidade estudada apresentou diferença significativa, devido à influência da força de tração analisada.

Com relação à capacidade de campo efetiva, considerando eficiência de campo de 100%, esta variável se mostrou diferente estatisticamente com o aumento de velocidade. A capacidade de campo é proporcional a velocidade, ou seja, com o aumento da velocidade ocorre um incremento significativo da capacidade de campo efetiva. Em estudo semelhante Janini (2007) apontou uma capacidade efetiva de $1,38 \text{ ha h}^{-1}$, indicando que a diferença é relativa a velocidade de trabalho que provavelmente foi menor em virtude do mecanismo sulcador ser menos eficiente na perturbação do solo tomando mais tempo na operação de plantio. Quando se analisa a capacidade de campo efetiva, utilizando um à eficiência de campo de 70%, como recomendado por Balastreire (1987) o comportamento desta variável diante da velocidade não se altera, permanecendo a tendência de aumento da capacidade de campo com o aumento da velocidade.

3.4 Conclusão

A partir da variação de velocidade de operação no intervalo considerado e nas condições do experimento pode-se concluir que a força de tração, consumo horário de combustível, potência na barra de tração e capacidade efetiva de campo, foram influenciados significativamente pelos aumentos das velocidades de operação. A área mobilizada de solo, volume mobilizado de solo e o consumo específico operacional não sofreram variações significativas das variações de

velocidades. Já o consumo específico de combustível, no caso da maior velocidade avaliada, não diminuiu com a velocidade como era esperado. Contudo a resistência específica operacional apresentou-se significativamente diferente para menor velocidade avaliada quando comparada com as demais que não foram diferentes estatisticamente.

Referências

AL-JANOBI, A.A.; AL-SUHAIBANI, S.A. Draft of primary tillage implements in sandy loam soil. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph , v.14, p. 343-348, 1998.

ARAÚJO, A.G.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. **Mecanização do plantio direto**: problemas e soluções. Londrina; IAPAR: 2001. 18p. (Informe da pesquisa, 137.)

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 187 p.

BICUDO, S. J.; BENEZ, S.H.; LANÇAS, K.P. ; FURLANI JUNIOR, J.A. ; GAMERO, C.A. Demanda energética dos subsoladores em função da largura da sapata, profundidade e espaçamento das hastes. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 2, p. 33-38, 1987.

BICUDO, S.J. **Subsolador**: relações entre profundidade de trabalho, largura das ponteiros e espaçamentos das hastes. 1987. 83p. (Dissertação de Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Japão quer importar álcool de novas áreas agrícolas do Brasil**. http://extranet.agricultura.gov.br/pls/pubacs_cons/!ap_detalhe_noticia_cons?p_id_publicacao=4455. 22 out. 2003.

CARDOSO JUNIOR, M.M. **Análise de desempenho de tratores agrícolas com tração 4x2 e 4x2 auxiliar em condições de campo**. 1991. 104 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

CEPIK, C. T. C., TREIN C. R., LEVIEN R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo,

profundidade e velocidade de operação **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 447-457, 2005.

CHARLES, S.M. Effects of ballast and inflation pressure on tractor tire performance. **Agricultural Engineering**, Illinois, v. 65, n. 2, p.11-13, 1984.

DANE, J.H.; TOPP, G.C. Methods of soil analysis part 4 – physical methods. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 5, n. 1, p. 1692, 2002. (SSSA Book Series 5)

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

LANÇAS, K.P.; BENEZ, S.H. Avaliação da mobilização do solo agrícola na operação de subsolagem. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 2, n. 1 p. 25-33, 1987.

LANÇAS, K.P.; BENEZ, S.H. Influência da velocidade de subsolagem no consumo de combustível e área mobilizada do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 3, n. 1, p. 25-33, 1988.

LILJEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; TURNQUIST, P.K.; SMITH, D.W. Traction. In: Traction and their power units. Connecticut: **Avi Publish Company**, Westport, n. 2, p. 219-226, 1995.

MACHADO, R. L.T.; MACHADO, A.L.T.; TURATTI, A.L., R., ANGELO V.; ALONÇO, A.S. Avaliação do Desempenho de Escarificador em Planossolo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 151-154, Set.-Dez., 1996.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ, 1996. p. 722.

MIALHE, L.G. **Máquinas Motoras na Agricultura**. São Paulo: EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1980. p. 140-221.

OLIVEIRA, M.D.M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: Avaliação de uma frota.**, 2000. 147 p. Dissertação (Mestrado na área de Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

OWEN, G.T. Subsoiling forces and tool speed in compact soils. **Canadian Agricultural Engineering**, Saskatoon, v. 31, n. 1, p. 15-20, 1989.

PAYNE, P.C.J. The relationship between mechanical properties of soil and performance of simple cultivation implements. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 1, n. 1, p. 23-50, 1956.

REVISTA GLEBA – INFORMATIVO TÉCNICO. **Cana-de-açúcar**: proteger o ambiente e continuar gerando empregos. Edição Set. 2001. Disponível em: <http://www.cna.org.br/gleba99n/set01/cana.htm>. Acesso em: 20 out. 2003.

RIPOLI, T.C.C; RIPOLI, M.L.C; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. 2.ed. Piracicaba: Edição dos autores, 2007. 198 p.

ROBOTHAM, B.G.; CHAPPELL, W.G. High quality planting billets-Whole-stalk planter billets compared to billets from modified and unmodified harvesters. **Proceedings Australian Society Sugar Cane Technologists**, Bundaberg, v. 24, p. 1-10, 2002.

ROBOTHAM, B.G. Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. **Proceeding Australian Society Sugar Cane Technology**, Bundaberg, v. 26, p. 1-9, 2004.

SANTOS FILHO, A.G. dos, LANÇAS, K.P. Influência da interação velocidade de deslocamento e teor de água no solo, na operação de subsolagem. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 1-11, 1993.

SANTOS FILHO, A.G. dos, LANÇAS, K.P., SANTOS, J.E.G. dos, GAMERO, C.A. Avaliação do consumo energético na operação de subsolagem parte I: efeito da variação da velocidade de deslocamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais ... Ilhéus**: SBEA, CEPLAC, 1993. v. 2, p. 1903-1917.

SILVA, S.L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: Demanda de energia, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento**. 2000. 125p Tese - (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura). - Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

SILVEIRA, J.C.M.; GABRIEL FILHO, A.; SECCO, D. Demanda de Potência e Força de Tração de uma Semeadora na Implantação do Milho Safrinha sob Plantio Direto. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 256-267, Out./Dez., 2005.

SPAROVEK, G. Informações geográficas para a identificação de áreas com potencialidade para colheita de cana crua. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 2., 1997. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 58-60.

5 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS EFETIVOS DE PLANTIO MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR PICADA

Resumo

A competitividade do setor, a necessidade de redução de custos e a falta de mão-de-obra vêm intensificando o uso máquinas agrícolas no plantio da cana-de-açúcar. Neste contexto o trabalho objetivou avaliar a capacidade efetiva de uma plantadora de cana-de-açúcar picada, assim como o custo efetivo deste sistema, comparando com o custo efetivo do plantio convencional (semimecanizado). A capacidade efetiva mensurada foi de 1,11 ha h⁻¹. O custo efetivo de plantio mecanizado, sem envolver custos anteriores com corte, carregamento e transporte de mudas até a área de plantio, mostrou-se altamente vantajoso quando comparado com o semimecanizado, que apresentou um custo total de 216, 24 R\$ ha⁻¹, comparado aos 121,00 R\$ ha⁻¹, ou seja, 56% a mais.

Palavras-chave: Capacidade operacional; Custo efetivo; Plantio manual

EVALUATION OF THE EFFECTIVE COST OF MECHANIZED PLANTATION OF BILLET SUGARCANE

Abstract

The competitiveness of the sector, necessity to reduce cost and lack of manual labor has intensified the use of agriculture machines in the plantation of sugarcane. In this context the objective of the task was to evaluate the effective capacity of billet planter, and the effective cost of this system, compared to the effective cost of conventional plantation (semi-mechanized). The effective capacity measured was of 1.11 ha. h⁻¹. The effective cost of the mechanized plantation, without involving prior costs with cutting, loading and transportation of the seedlings to the plantation area, showed that it is highly advantageous when compared to the semi-mechanized, which presented a total cost of 216.24 R\$. ha⁻¹, compared to 121.00 R\$. ha⁻¹, that is, 56% more

Keywords: Operational capacity; Effective cost; Manual plantation

5.1 Introdução

Em 2006 cerca de 35% da área de cana em São Paulo foi colhida mecanicamente. Em 2007 esse índice foi estimado próximo a 45%. Alguns fatores contribuíram para esse crescimento, como o menor custo da colheita mecânica em relação à manual, o protocolo agro-ambiental assinado entre as usinas e governo paulista e as questões ambientais. A mecanização desta operação tem impulsionado a mecanização do plantio, tanto pela falta de mão-de-obra, como pela tentativa de redução de custos.

Estudos realizados na Louisiana mostraram que o sistema de plantio mecanizado é 75% mais econômico que o plantio semimecanizado, segundo Heagler et al. (1998), tal redução ocorre devido à economia nos salários dos trabalhadores substituídos pelas máquinas e o alto desempenho destas.

O desempenho econômico de uma máquina é definido por Ripoli e Mialhe (1982) como a associação entre os dados de custo-hora, formados pela estimativa de gastos de propriedade e de gastos operacionais, e o de desempenho operacional.

O custo operacional das máquinas agrícolas é resultado da soma dos valores dos custos fixos mais custos variáveis, sendo que os custos variáveis dependem da quantidade de uso que se faz da máquina e incluem combustíveis, óleo lubrificante, reparos, manutenção e mão de obra (BALASTREIRE, 1987) enquanto os custos fixos independem do uso e incluem depreciação, juro, seguros, dentre outros.

É fato que a adoção do plantio mecanizado será realidade em médio, ou até em curto prazo, assim estudos complementares que visem uma análise técnica econômica prévia que permitam uma decisão a respeito de sua incorporação a este sistema produtivo, são de grande importância. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade técnica econômica da utilização de plantadora de cana-de-açúcar picada, de modo a fornecer subsídios que auxiliem no planejamento de investimentos agrícolas.

5.2 Material e Métodos

Os ensaios foram realizados no município de Piracicaba, em área cedida pela Unidade Costa Pinto do grupo Cosan, com coordenadas geográficas aproximadas 47°36'40" S e 22°41'18" W, sendo referenciado pelo elipsóide WGS 84. A área tinha declividade média de 3% e solo predominante Nitossolo Vermelho segundo a classificação proposta pela Embrapa (1999). O referido solo possui, de acordo com a análise granulométrica descrita por Dane e Topp (2002), 34,19% de argila, 21,27% de silte, 44,54% de areia e no momento do plantio possuía 18,44% de umidade. Foi utilizada plantadora marca DMB modelo PCP 5000, abastecida com mudas em rebolos de 0,32 m oriundos de colmos fracionados pelo mecanismo picador de uma plantadora

marca Cívemasa modelo PCSA-2L substituta da colheita mecanizada, tracionada por trator marca Massey Ferguson modelo 6360.

Para a determinação das capacidades efetivas da máquina foram medidos os tempos referentes a operação de plantio propriamente dita, denominado de tempo efetivo de plantio, descontado o tempo gasto em interrupções e o tempo gasto em manobras de cabeceira denominado de tempo de manobras e então calculou-se com base nos tempos efetivos de plantio e percurso também efetivos a velocidade média durante o experimento. Já a largura efetiva de trabalho foi determinada de acordo com Mialhe (1996) obtendo-se o valor para cada sulcador da plantadora.

De posse dos dados de velocidade média e largura efetiva de trabalho utilizou-se a Equação 1 para calcular a capacidade efetiva (CE).

$$CE = ((V_m \times L) / 10) \times E_{fc} \quad (1)$$

sendo:

L = largura efetiva de trabalho efetiva da plantadora (m);

V_m = velocidade média de deslocamento no percurso da repetição (km h⁻¹);

E_{fc} = eficiência de campo (%)

Também foi feito um levantamento de desempenho e tempos operacionais do plantio semimecanizado, como, tempo efetivo, velocidade média, tempo de manobra, eficiência de tempo e capacidade efetiva, utilizando um sulcador de três hastes, quatro operários para distribuir as mudas e seis para picá-las, além da cobertura dos sulcos serem realizadas por dois cobridores.

O consumo de combustível medido em L h⁻¹ foi mensurado através de fluxômetro marca Oval M III modelo LSF41L durante o ensaio de plantio.

A Equação 2 demonstra como puderam ser feitos os cálculos de custo efetivo, conforme descrito por Mialhe (1974).

$$C_{op} = C_h / CE \quad (2)$$

sendo:

C_{op} = Custo efetivo estimado (R\$ ha⁻¹);

C_h = custo hora estimado (R\$ h⁻¹);

CE = Capacidade efetiva determinada (ha h^{-1}).

Para os cálculos e custos por unidade de área, adotou-se o critério de Balastreire (1987) referentes a Eficiência de Campo (%) para plantadoras, que se encontra no intervalo de 50 a 85 %, sendo utilizada no estudo em questão a eficiência de campo de 70%.

Os custos horários foram estimados segundo Mialhe (1974), considerando-se os valores de aquisição de máquinas novas e considerando-se os conjuntos utilizados no ensaio.

O custo hora estimado, segundo Mialhe (1974), é composto pela soma dos custos fixos e variáveis descritos logo mais:

Custos fixos ou de propriedade:

- Amortização do capital investido no equipamento (Am):

$$Am = (\text{Valor inicial} - \text{Valor final}) / \text{vida útil (horas)} \quad (4)$$

- Juros sobre capital não amortizado (Jc):

$$Jc = [(\text{Valor inicial} - \text{Valor final}) / 2] \quad (5)$$

- Taxa anual de juros:

Considerou 12% a.a.

- Depreciação do equipamento por uso ou obsolescência (Do):

$$Do = (\text{Valor inicial} - \text{Valor final}) / \text{vida útil (horas)} \quad (6)$$

- Despesas de alojamento (Da):

$$Da = 0,015 \times \text{Valor inicial} / \text{horas trabalho anual} \quad (7)$$

- Prêmio de seguro (Ps):

$$Ps = 0,01 \times \text{Valor inicial} \quad (8)$$

Custos variáveis ou operacionais:

- Combustíveis e lubrificantes:

- Determinado a partir dos consumos específicos obtidos nos ensaios

- Manutenção de equipamentos:

- Taxa estimada de manutenção foi de 1% ao ano sobre o valor de aquisição

- Reposição de peças:

- Com base em informações fornecidas pelo fabricante e mercado

- Salários e encargos de operadores
 - Com base nos executados no período pelo Grupo COSAN.

O valor de aquisição do trator Massey Ferguson (MF 6360), fornecido pelo representante em Piracicaba foi de R\$ 274.800,00 e a plantadora DMB PCP 5000 foi de R\$ 160.000,00.

Considerou-se a utilização das plantadoras durante 9 meses por ano, 25 dias por mês e 10 horas por dia, com uma vida útil de 10 anos (22.500 horas).

A vida útil das fontes de potência foi tomada como 15 anos (45.000 h), para as estimativas de custos fixos, enquanto que, para estimativa de custo operacional, considerou-se 2.250 horas ano⁻¹, correspondentes a utilização da plantadora e do trator. Para reposição de peças considerou-se o equivalente ao valor de aquisição dividido pela vida útil, nos cálculos do trator e no caso da plantadora, foi utilizado 9.500,00 R\$ ano⁻¹.

Quanto aos salários dos trabalhadores braçais que operaram nas plantadoras tomou-se o valor de 522,28 R\$ mês⁻¹ e para tratorista, 1.143,39 R\$ mês⁻¹. Para as máquinas que exigiram um operador, cuja ação não requer maior dificuldade, considerou-se um salário igual ao dos trabalhadores braçais. Em relação aos encargos sociais foi considerado 85% do valor do salário.

O valor final de descarte, dos equipamentos, foi considerado como 10 % do valor de aquisição. O preço do óleo diesel considerado foi de 1,82 R\$ L⁻¹.

Para se efetuar o confronto da opção de plantio mecanizado com o convencional (semimecanizado) adotado pela COSAN-Costa Pinto, apresenta-se, o ajuste dos custos por ela praticados ha⁻¹, em 30/10/2005 e que envolveu: mão-de-obra para descarga, sulcação e adubação, distribuição, picação, cobrição mecânica, cobrição manual complementar de sulcos e cabeceiras. O custo operacional foi de 308,91 R\$ ha⁻¹. Corrigindo-o para custo efetivo, com Eficiência de Campo de 70%, obtém-se o valor de 216,24 R\$ ha⁻¹.

Levantados tais custos foi acrescido o preço da muda (73,95 R\$ t⁻¹), e fez-se uma simulação considerando que o plantio semimecanizado utilizou 10 t ha⁻¹ e o mecanizado de 0 a 30% a mais de massa de muda, devido às gemas danificadas, para verificar até que ponto um sistema é mais econômico que o outro, para o cenário em avaliação.

5.3 Resultados e Discussão

A plantadora DMB trabalhou com velocidade média de $5,3 \text{ km h}^{-1}$, com largura efetiva de trabalho de 3,0 m, considerando uma eficiência de campo de 70%, resultando assim, em uma capacidade efetiva de trabalho (CE) de $1,11 \text{ ha h}^{-1}$ e tempos médios de manobras de cabeceiras em torno de 59 s referentes às manobras de forma circular, sem limitação de largura de carreador e 78 s, às manobras convencionais, limitadas pela largura do carreador, respectivamente.

Segundo Janini (2007), utilizando eficiência de campo de 100%, a CE de uma plantadora de cana picada foi de $1,38 \text{ ha h}^{-1}$, com tempos médios de manobras de cabeceiras, sem limitação de largura e as convencionais, limitadas pelo carreador de, 66 e 64 s, respectivamente. Segundo Ripoli et. al (2007), a capacidade efetiva varia de acordo com o tipo de solo, com a habilidade dos operadores e tratoristas e da quantidade de mudas estimadas para plantio, tais resultados podem ser totalmente diferentes em função de pequenas variações de velocidade de deslocamento.

Lanças e Benez (1989) avaliando resultados operacionais de três formas geométricas de hastes subsoladoras verificaram que as formas geométricas não afetaram significativamente na Ce, sendo na média de $0,22 \text{ ha h}^{-1}$.

A Tabela 1 resume os resultados obtidos no plantio semimecanizado de cana-de-açúcar. Nota-se que a operação de distribuição das mudas é a limitante neste sistema, ou seja, apresenta uma CE de $0,9 \text{ ha h}^{-1}$.

Tabela 1 - Resultados de tempos e desempenho do sistema semimecanizado de plantio

Operações	Te (min:s)	Vm (km h^{-1})	Tm (min:s)	Et (%)	CE (ha h^{-1})
Sulcação (3 hastes)	10:44	6,7	00:59	90,8	3,0
Distribuição de mudas (4 operários)	11:04	1,9	01:25	87,2	0,9
Picamento (6 operários)	6:00	-	-	-	1,8
Cobertura de sulcos (2 cobridores)	1:15	9,6	00:19	74,7	4,3

e= tempo efetivo; Vm = velocidade média, Tm= tempo de manobra, Et = Eficiência de tempo e CE = Capacidade Efetiva.

Consumo efetivo de combustível de $39,42 \text{ L ha}^{-1}$, foi diretamente afetado pela fonte de

potência utilizada para tracionar a plantadora, sendo clara a necessidade de adequar corretamente o trator da operação. Janini (2007) avaliando uma plantadora Civemasa, modelo PCSA-2/L nas mesmas condições mensurou o consumo efetivo de combustível de 40,42 L ha⁻¹.

Os custos fixos levantados na avaliação da plantadora estão apresentados na Tabela 2. Nota-se que os custos com a amortização do capital investido e a depreciação dos equipamentos representam 73,4% do total do custo fixo da plantadora e 64,8% do trator, enquanto que o capital não amortizado representa 22% e 29,2% respectivamente, sendo 4,1% com despesas relacionadas ao seguro e apenas 0,6% com despesas de alojamento da plantadora. Já o trator apresentou 5,4% dos custos com despesas de seguro e 0,5% com alojamento.

Tabela 2 - Resumo das despesas que compõem o custo fixo

	Amortização	Juros	Depreciação	Alojamento	Seguro	Total
	R\$ h ⁻¹					
DMB	6,40	3,84	6,40	0,11	0,71	17,46
MF 6360	5,50	4,95	5,50	0,09	0,92	16,95
Total	11,90	8,79	11,90	0,20	1,63	34,40

Considerando o custo fixo do conjunto de 34,4 R\$ h⁻¹, lembrando que ainda não está sendo considerada a capacidade efetiva de campo, tem-se que o custo da amortização e da depreciação representam 34,6% cada um, seguidos das despesas com juros (25,5%), seguros (4,7%) e despesas com alojamento do conjunto (0,6%).

Os custos variáveis encontram-se na Tabela 3, sendo que ainda não está sendo considerada a capacidade efetiva de campo neste levantamento. A composição do custo variável da plantadora DMB PCP 5000 teve 47% de participação com despesas relacionadas aos operadores, seguida da reposição de peças, esta indicada pelo fabricante, com 45,3%, já a manutenção representou os 7,6% restantes. O trator MF 6360 teve como maior contribuinte dos custos variáveis o combustível com 79,6%, seguido da reposição de peças, operadores e manutenção com 11,1%, 8,0% e 1,3%, respectivamente.

Considerando o custo variável do conjunto de 99,9 R\$ h⁻¹, sem considerar a capacidade efetiva de campo, tem-se que o custo com combustível representou 72,1%, seguidos das despesas com reposição de peças (14,3%), operadores (11,6%) e despesas com manutenção do conjunto (1,9%).

Tabela 3 - Resumo das despesas que compõem o custo variável

	Reposição de peças	Manutenção	Operadores R\$ h ⁻¹	Combustível	Total
DMB	4,22	0,71	4,39	-	9,32
MF 6360	10,07	1,22	7,22	72,07	90,58
Total	14,29	1,93	11,61	72,07	99,90

Mialhe (1974) citando norma da ASAE diz que deve ser considerado, para estimativa de gastos com reparos e manutenção de tratores de pneus, um valor de 120 a 150 % do valor inicial do equipamento durante a sua vida útil. Para estimativas de manutenção diária e lubrificantes, incluindo mão-de-obra e material, preconiza 1% ao ano sobre o valor inicial do trator. Por fim, para serviços de reparos e manutenção propõe de 78 a 100 % do valor inicial durante a vida útil.

Conforme as metodologias propostas por Mialhe (1974) e Balastreire (1987), que consideram a capacidade efetiva de trabalho (1,11 ha h⁻¹) foram efetuados os cálculos de custo fixo, variável e efetivo, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa de custos do conjunto plantadora e trator, e análise percentual de cada custo no custo efetivo estimado, considerando a capacidade efetiva do conjunto

Equipamento	Custo fixo		Custo variável		Custo Efetivo	
	(R\$ ha ⁻¹)	(%)	(R\$ ha ⁻¹)	(%)	(R\$ ha ⁻¹)	(%)
DMB	15,73	65,20	8,40	8,40	24,12	100
MF 6360	15,27	15,76	81,61	81,61	96,87	100
Total	30,99	25,62	90,00	90,00	121,00	100

Nota-se que o custo variável é quem tem a maior participação no custo efetivo estimado, devido a participação do combustível, que é a variável com maior participação na composição de custos do conjunto plantadora-trator (60%).

A Figura 1 mostra que para as condições de campo do experimento, variando a eficiência de campo de 45 a 85% há uma redução no custo efetivo.

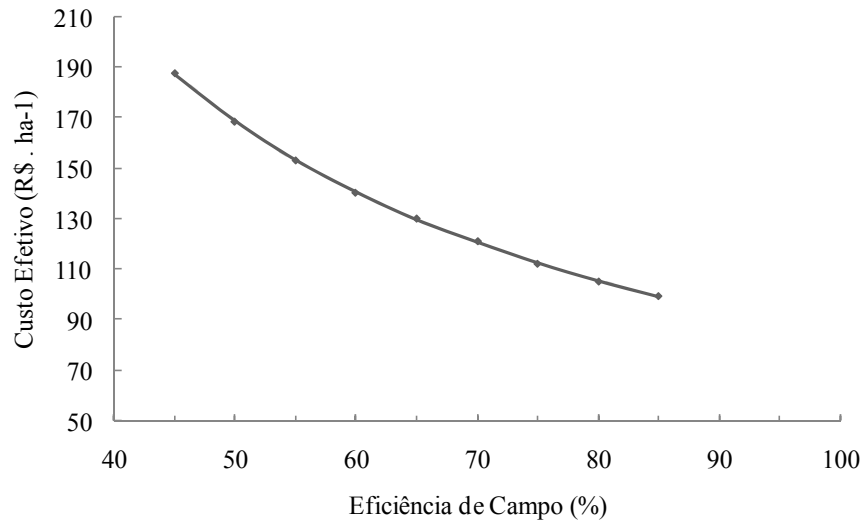


Figura 1 - Relação entre a redução do custo efetivo com o aumento da eficiência de campo

Se considerarmos que com 50% de eficiência de campo tem-se o custo representado por 100%, ao alcançar uma eficiência de 70% há uma economia de mais de 28% e se alcançar o ponto ótimo da eficiência de 85% tem-se uma redução de mais de 40% dos custos efetivos operacionais, ou seja, um incremento de 70% de eficiência reduz 41,18% do custo operacional.

As estimativas de custos operacionais são inversamente proporcionais às eficiências de campo, que segundo Balastreire (1987) encontra-se no intervalo de 50 a 85 %, as quais, por suas vezes, vão depender de aspectos gerenciais, de tamanho e formato de talhões, das capacidades reais dos depósitos de mudas e de habilidades de operadores das várias máquinas envolvidas em um dado sistema de plantio e suas sincronizações entre as operações e etapas (deslocamentos para abastecimento, acomodação de carga, entre outras) envolvidas. Para se obter uma eficiência de campo da ordem de 75 % neste tipo de operação, é necessária uma equipe muito bem treinada.

Para se efetuar o confronto da opção de plantio mecanizado com o convencional (semimecanizado) adotado pela COSAN-Costa Pinto, realizou-se o ajuste dos custos por ela praticados, em 30/10/2005 e que envolveu: mão-de-obra para descarga, sulcação e adubação, distribuição, picação, cobrição mecânica, cobrição manual complementar de sulcos e cabeceiras. O custo operacional foi de 308,91 R\$ ha⁻¹. Corrigindo-o para custo efetivo, com eficiência de campo de 70%, obtém-se o valor de 216,24 R\$ ha⁻¹.

Portanto em termos de custos operacionais de plantio, sem envolver custos anteriores (corte, carregamento e transporte de mudas até a área de plantio), o plantio mecanizado é altamente vantajoso quando comparado com o semimecanizado, que apresentou um custo total de 216,24 R\$ ha⁻¹, comparado aos 121,00 R\$ ha⁻¹, ou seja, 56% a mais.

No plantio mecanizado é utilizado um percentual superior de mudas devido ao dano mecânico na gemas causado no fracionamento dos colmos em rebolos. Robothan (2004) mostrou que o acréscimo na massa de muda plantada não é acompanhado por um correspondente incremento de produtividade. Sendo assim, a maior quantidade de mudas plantadas serve somente para compensar a menor proporção de gemas viáveis.

A partir desse fato elaborou-se uma simulação do impacto no custo efetivo do plantio de cana com o acréscimo de mudas devido às gemas danificadas, com base nos dados obtidos no trabalho. Para isto considerou-se o custo semimecanizado constante, já que foi considerado que nesse tipo de plantio não há gemas danificadas mecanicamente.

Observa-se na Figura 2 que plantios mecanizados com mudas com menos de 17% de gemas danificadas são mais vantajosos, do ponto de vista econômico, do que plantios semimecanizados, considerando os dados obtidos em campo neste experimento.

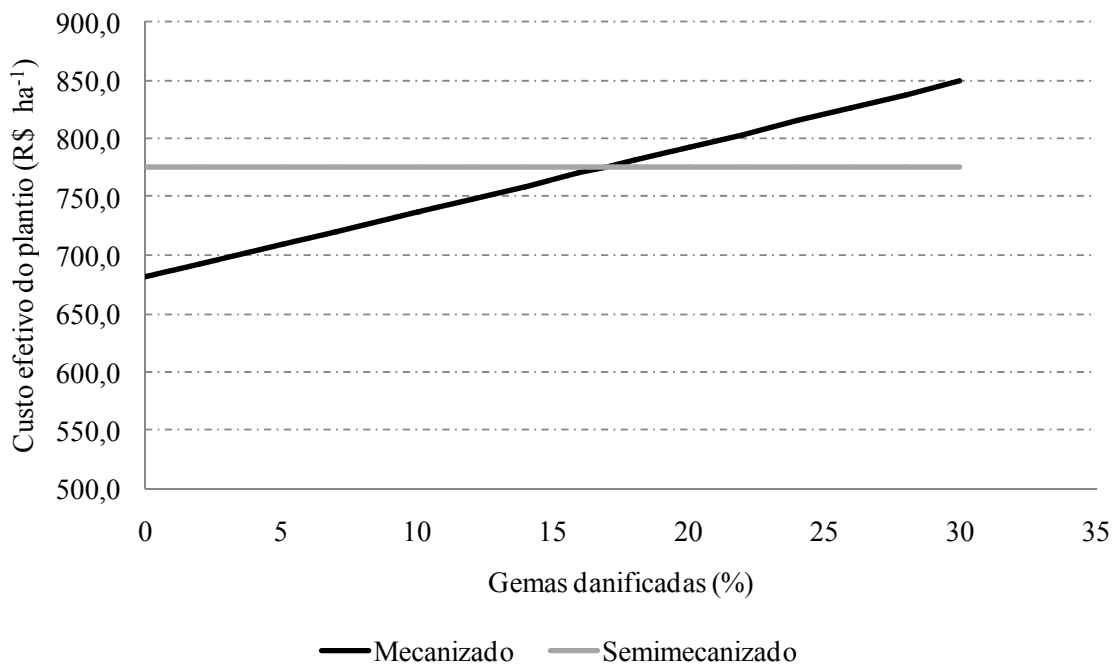


Figura 2 - Simulação do custo efetivo de plantio, considerando as mudas e porcentagem de gemas danificadas

O sistema de corte dos colmos em rebolos utilizados para realização deste trabalho não é o usualmente utilizado e causa um maior número de danos nas gemas no fracionamento dos colmos, portanto o cenário proposto considera um intervalo considerável de porcentagem de danos nas gemas (0 a 30%).

Salassi et al. 2004 observaram que os custos mais baixos são os relativos ao plantio mecanizado usando cana inteira como muda. Os custos superiores do plantio mecanizado para máquinas que usam rebolos como mudas, são atribuídos, segundo os autores, à maior quantidade de mudas necessárias para esse sistema de plantio. Estes autores evidenciaram esse aumento de consumo de mudas através de trabalho realizado na Louisiana, onde apurou que para 1,0 ha de cana cortado para plantio é responsável pelo plantio de outros 7,5 ha no sistema de plantio semimecanizado ou 5,5 ha no sistema de plantio mecanizado com mudas em colmos ou 3,0 ha no sistema mecanizado com mudas em rebolos. Já Heagler et al. (1998) afirmam que os custos do plantio mecanizado é 75% mais econômico que o no sistema semimecanizado, quando comparados os sistemas de plantio de cana-de-açúcar na Louisiana.

5.4 Conclusões

A plantadora DMB PCP 5000 apresentou capacidade efetiva de campo de 1,11 ha h⁻¹, utilizando um trator MF 6360 na formação do conjunto. O custo efetivo da plantadora representou uma parcela pequena do custo efetivo do conjunto, ressaltando que os custos variáveis são a maior parcela dos custos totais e o consumo de combustível a variável mais representativa destes custos. A redução do custo efetivo é possível a medida que se aumenta a eficiência de campo.

O sistema de plantio mecanizado apresentou-se mais vantajoso e econômico comparado ao sistema de plantio semimecanizado, que apresentou custo efetivo maior que o plantio mecanizado, entretanto quando se considerada a quantidade de mudas plantadas esta diferença reduz, se anula ou até mesmo é revertida dependendo da quantidade de mudas plantada.

Referências

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 187 p.

DANE, J.H.; TOPP, G.C. Methods of soil analysis part 4 – physical methods. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 5, n. 1, p. 1692, 2002.(SSSA Book Series 5)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

HEAGLER, A.M.; CHAPMAN, B.A.;ZAPATA, H.O. **Projected cost and returns**. Sugar Cane, Louisiana: Department of Agriculture Economics and Agribusiness, Louisiana State University Agricultural Center, Louisiana Agricultural Experiment Station, 1983. 5p. (Department Agriculture Research, 608)

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

LANÇAS, K.P.; BENEZ, S.H. Avaliação dos resultados operacionais obtidos para três formas geométricas de hastes subsoladoras. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 4, n. 1, p. 27-34, 1989.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ, 1996. 722p.

RIPOLI, T.C.C.; MIALHE, L.G. Custos de colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, 1981/82. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 18-26, 1982.

RIPOLI, T.C.C; RIPOLI, M.L.C; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. 2.ed. Piracicaba: Edição dos autores, 2007. 722p.

ROBOTHAM, B.G. Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. **Proceeding Australian Society Sugar Cane Technology**, Bundaberg,v. 26, p. 1-9, 2004.

SALASSI, M.E.; BREAU, J.B.; HOY, J.W. Estimated cost differences between whole-stalk and billet sugarcane planting methods in Louisiana. **Journal American Society Sugar Cane Technologists**, Baton Rouge, v. 24, p. 1-4, 2004.