
COMPARAÇÃO ECONÔMICA DE DIFERENTES MECANISMOS SULCADORES DE SEMEADORAS EM PLANTIO DIRETO DE MILHO

JASPER, Samir Paulo¹
SILVA, Paulo Roberto Arbex da²

Recebido em: 2014.08.11

Aprovado em: 2015.05.04

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1185

RESUMO: A semeadura direta é caracterizada pela mínima mobilização do solo durante operação, com emprego de máquinas específicas, logo, as semeadoras-adubadoras passaram a ter importância fundamental nestes sistemas de produção. Diante do exposto objetivou-se com o trabalho avaliar o custo operacional efetivo por hectare de uma semeadura de milho com diferentes mecanismos sulcadores. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 2, sendo o primeiro fator compreendido por mecanismos de abertura de sulco (haste sulcadora e disco duplo) e o segundo por espaçamentos entre fileiras da cultura do milho (reduzido - 0,45m e convencional - 0,90m). Os resultados demonstraram que houve diferença significativa para o custo operacional por hectare, sendo os menores custos por hectare, ao utilizar o mecanismo sulcador tipo disco duplo, no espaçamento entre fileiras reduzido.

Palavras-Chave: Rentabilidade. Semeadora-adubadora. *Zea mays*.

ECONOMICAL COMPARISON OF DIFFERENT FURROW OPENERS IN NO-TILLAGE OF CORN.

SUMMARY: The direct seeder is characterized by the low mobilization of the soil during the operation, besides the use of specific machines; soon, the seeders begin to have fundamental importance in the production systems. In this light the objective of this study was to evaluate the operational cost per hectare. The experiment was arranged in a randomized complete block design with four replications, in a 2x2 factorial scheme, with the first of furrow opening mechanisms (furrow and double disc) and the second factor by function of spacing between rows of maize (reduced line – 0.45 m and conventional – 0.90 m). The results showed a significant difference to the operating cost per hectare, and lower costs per hectare, while using the double disc hoe-type mechanism, the reduced line spacing.

Keywords: Profitability. Fertilizer seeder. *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

A maior incidência de utilização da mecanização agrícola ocorre no preparo do solo, que tem o objetivo de otimizar suas condições para germinação das sementes e a instalação das culturas. Além disso, a escolha do método de preparo do solo e do equipamento a ser utilizado pode auxiliar no controle das perdas de água e solo (COELHO et al. 2012; LLANILLO et al. 2006; GABRIEL FILHO et al. 2010).

¹ Universidade Federal do Paraná - Departamento de Solos e Engenharia Agrícola

² Universidade Estadual Paulista - Departamento de Engenharia Rural

No sistema de plantio direto o tráfego de máquinas agrícolas é reduzido em relação ao sistema de preparo convencional, porém, pode influenciar as propriedades físicas dos solos, ainda que apenas as operações de semeadura e colheita sejam realizadas; já que os rodados dos tratores e colhedoras têm grande potencial de compactação do solo em superfície e subsuperfície (SCHULER; WOOD 1992; SANTOS et al. 2008). Solos mais compactados aumentam a demanda de tração, e requerem mais esforço para serem mobilizados, aumentam o desgaste de máquinas e equipamentos e podem prejudicar ou mesmo impedir o desenvolvimento radicular das plantas (SILVA et al. 2000) e torná-las, assim, mais suscetíveis a perdas de produtividade em condições de deficiência hídrica (BEUTLER et al. 2005).

No caso de semeadoras-adubadoras o maior esforço de tração pode resultar, também, do aumento na profundidade de atuação dos órgãos ativos, especialmente discos de corte de resíduo (Silva et al. 2012) e sulcadores para abertura de sulcos de adubação e semeadura (ASAE, 1999). O mecanismo de haste sulcadora apresentou maior capacidade de mobilizar o solo e provocou reduções na sua densidade e resistência à penetração, além de aumento da macro porosidade (MELLO et al. 2003). De acordo com esses autores o uso da haste sulcadora promove acréscimo de 11,3% na produtividade do milho em relação à obtida com uso de sulcador de discos. O uso de disco de corte de palha e de sulcadores do tipo facão, apesar de permitir operar em superfície com cerca de 8000 kg ha⁻¹ de resíduos, resulta em exposição de cerca de 40% da superfície de solo em razão da mobilização do solo no sulco (ARATANI et al. 2006).

O emprego de hastes sulcadoras nas semeadoras-adubadoras em substituição aos discos duplos para abertura do sulco para deposição do mesmo promove um maior dispêndio energético do conjunto motomecanizado (SILVA; BENEZ 2010), resultando na elevação do custo operacional do mesmo. Cabe ressaltar que esta técnica de substituição do mecanismo sulcador esta se tornando rotineira no Brasil, para eliminar, por exemplo, a camada de compacta superficial, causada nas integrações lavoura e pecuária.

Para Silva et al. (2004), as informações relativas aos custos de todas as etapas de implantação de um projeto são extremamente necessárias para a viabilização de técnicas e/ou recursos empregados na produção agrícola. Peloia & Milan (2010) afirmam que a mecanização agrícola no Brasil representa um fator de grande importância para a competitividade em termos de custo, chegando a ser o segundo fator de produção mais importante, sendo inferior apenas à posse da terra. Em termos de potencial para redução dos custos de produção, a mecanização pode ser considerada como o fator principal. Molin et al. (2006) complementam que as informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de campo operacional e o custo operacional por hectare de uma semeadora-adubadora, em função de dois mecanismos de abertura de sulco (haste sulcadora e disco duplo) para deposição do adubo e dois espaçamentos entre fileiras da cultura do milho (reduzido – 0,45m e convencional – 0,90m).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, na Fazenda Experimental Lageado (Botucatu, SP) durante o ano agrícola de 2011/2012. A área se localiza geograficamente entre as coordenadas 22°41' Latitude Sul e 48°34' de Longitude Oeste, altitude média de 770 m e o clima classificado, segundo Koopler, como Cwb. Antecedendo ao ensaio foram semeadas em junho 2011, para a formação de palha na área experimental, as culturas do triticale (*Triticum triticosecale*) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), em novembro de 2011, a cultura do milho (*Zea mays* L.). Os resultados da análise granulométrica na camada de 0,00-0,20 m apresentaram os valores médios de 106, 234 e

234 e 660 g kg⁻¹ para areia, silte e argila, respectivamente, sendo o solo classificado como nitossolo distroférico.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (2x2): dois mecanismos sulcadores de adubo (Haste Sulcadora e Disco Duplo) e dois espaçamentos entre fileiras na cultura do milho (0,45 e 0,90 m), com quatro repetições. A profundidade de trabalho da haste sulcadora, tipo facão, foi de 0,30 m e disco duplo utilizado foi o defasado. Cada unidade experimental possuía 20 m de comprimento por 8 m de largura, perfazendo uma de 160 m² quadrados, com carregadores de 10 m para manobra e estabilização dos conjuntos motomecanizados.

Os equipamentos utilizados na operação de semeadura do milho, como as características e o valor de aquisição são apresentados na Tabela 1. Os preços de aquisição foram obtidos junto a FUNDAÇÃO ABC (2011).

Para obtenção dos dados de velocidade de deslocamento e consumo de combustível, utilizou-se um equipamento denominado *Micrologger 21X*, marca Campbell Scientific, para monitorar os dados provenientes dos sinais gerados pelo medidor de combustível. Para armazenar os dados foi utilizado um módulo de armazenamento externo *Storage module SM 196*. Utilizou-se um fluxômetro, marca Flowmate, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 ml.

Tabela 01. Equipamentos utilizados no ensaio, suas características e valor de mercado.

Equipamento	Marca	Características	Valor de Aquisição
Trator	Jonh Deere, Modelo JD 6600.	TDA, potência de 121 CV/89 kW	R\$ 117.833,00
Semeadora- Adubadora	Marchesan, Modelo PST2.	4 linhas espaçadas de 0,90m, ou 6 linhas espaçadas em 0,45m	R\$ 55.392,00*

* Preço de aquisição para semeadora-adubadora com ambos os mecanismos de sulcagem para adubo.

A velocidade de deslocamento foi registrada através do sistema de aquisição de dados. O tempo gasto para percorrer cada parcela correspondeu ao produto da quantidade de registro por parcela e o intervalo de tempo, em segundos, entre cada registro.

A demanda de tempo operacional foi obtida por meio da relação inversa da capacidade de campo operacional, sendo esta da relação entre a área útil da parcela trabalhada e o tempo gasto no percurso da parcela, por meio da equação (1):

$$DT = \frac{A}{CO} \therefore CO = \frac{Atr}{\Delta_t} \cdot 0,36 \quad (1)$$

Onde:

DT = demanda de tempo (h. ha⁻¹);

A = área trabalhada (ha);

CO = capacidade de campo operacional ($\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$);

Atr = área útil da parcela trabalhada (m^2);

Δt = tempo gasto no percurso da parcela experimental (s);

0,36 = fator de conversão.

Para composição do custo hora-máquina estes foram divididos em fixos e variáveis. Os custos fixos nesta metodologia são dados por depreciação, juros, alojamento, manutenção e mão-de-obra. A depreciação foi estimada pelo método linear, que implica numa redução constante do valor do equipamento para cada ano de vida útil, parâmetros como valor residual, vida útil e horas trabalhadas por ano da Fundação ABC (2011).

O custo decorrente dos juros reflete o custo de oportunidade do capital e foi determinado multiplicando-se pela taxa de juro (8,75% – Fundação ABC, 2011) sobre o valor médio do capital. O custo de alojamento, seguro e manutenção foram determinados sobre o valor inicial, admitindo um percentual de 2%, 2% e 10%, respectivamente.

Para o cálculo do custo da mão-de-obra foi utilizada a metodologia proposta por Hoffman et al. (1984), considerando-se o tratorista e um funcionário recebendo salários de R\$ 2.000,00 e R\$ 1000,00 por mês, respectivamente, com acréscimo de 96,27% de encargos sociais (13º salário, férias e INSS). Efetuou-se a conversão em custo horário de mão-de-obra, considerado uma jornada diária de 8 h de trabalho e 20 dias mensalmente.

Os custos variáveis foram dados pelo combustível, graxa e óleos lubrificantes. A determinação do consumo horário de combustíveis baseou-se no preço do combustível (R\$ 1,89 L^{-1} – Fundação ABC, 2011) e no consumo horário de combustível pela máquina agrícola. O custo horário com óleos lubrificantes e aplicação de graxa corresponde a 15% do custo despendido com combustível, proposta pela ASAE (2002).

Os parâmetros descritos anteriormente foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$) e a comparação entre médias foi realizada pelo “teste t” a 10% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da síntese da análise de variância para os parâmetros velocidade de deslocamento, consumo horário de combustível, tempo demandado e custo por hectare da operação de semeadura do milho.

Observa-se que todos os parâmetros responderam significativamente as variáveis analisadas. Em relação ao mecanismo sulcador, o disco duplo, apresentou velocidade de deslocamento superior, estatisticamente, à haste sulcadora, resultado que corrobora para um menor tempo demandando por hectare (Tabela 02), logo, explica o menor custo por hectare semeado com o disco duplo, ressalta-se ainda que os resultados concordem com Levien (1999) que comparou velocidade de deslocamento entre diferentes mecanismos sulcadores.

O espaçamento entre fileiras reduzido (0,45m) apresentou velocidade de deslocamento do conjunto motomecanizado, significativamente, inferior ao espaçamento entre fileiras convencional (0,90m), como um maior consumo de combustível horário, porém, ao adotar o espaçamento reduzido o produtor trabalha na semeadora-adubadora com mais unidades (linhas) de semeadura, o que resulta no menor tempo demandado por área, como se observa na Tabela 02. Ao utilizar o espaçamento reduzido o custo por hectare da operação de semeadura será menor que no espaçamento convencional. Estes resultados colaboram para análise de Dias et al. (2007), a qual ressaltam que o produtor deve ser criterioso no momento de escolher reduzir o

espaçamento entre fileiras na cultura do milho. Na Tabela 03, são apresentados o comportamento da interação do mecanismo sulcador e o espaçamento entre fileiras.

Tabela 02. Síntese da análise de variância e do teste de médias para velocidade de deslocamento – VD (km.h⁻¹), consumo horário de combustível – CHC (L.h⁻¹), tempo demandado – TD (h.ha⁻¹) e custo por hectare – CPH (R\$.ha⁻¹), para operação de semeadura do milho.

Fatores	Parâmetros			
	VD (km.h ⁻¹)	CHC (L.h ⁻¹)	TD (h.ha ⁻¹)	CPH (R\$.ha ⁻¹)
Mecanismo Sulcador (MS)				
Haste	4,18 B	12,49 A	0,77 A	106,38 A
Disco Duplo	4,48 A	10,57 B	0,63 B	83,52 B
Espaçamento entre Fileiras (EF)				
0,45m	4,22 B	12,51 A	0,66 B	91,75 B
0,90m	4,43 A	10,55 B	0,73 A	98,15 A
TESTE F				
MS	13,843**	74,009**	87,811**	118,727**
EF	6,407*	76,923**	19,703**	9,323**
MS x EF	12,300**	57,540**	14,297**	6,566*
CV (%)	3,79	3,88	4,37	4,42

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem, entre si, pelo “teste t”, a 10% de probabilidade. NS: Não significativo; *: Significativo (P < 0,05) e **: Significativo (P < 0,01). CV %: Coeficiente de variação.

A interação entre mecanismo sulcador e o espaçamento entre fileiras utilizado na cultura do milho foi significativa, indicando a dependência entre os dois fatores, para todos os parâmetros analisados. A menor velocidade de deslocamento, estatisticamente, foi utilizando-se a haste sulcadora, com espaçamento entre fileiras de 0,45m, fato explicado por Cepik (2009), que relata um aumento da força de tração do conjunto motomecanizado, em razão da redução do espaçamento entre, pois a semeadora trabalha com maiores números de linha. Segundo Furlani et al. (2007), ao ocorrer acréscimo de solicitação de força de tração do conjunto motomecanizado, este refletirá no consumo de horário de combustível, o que pode ser observado na Tabela 03. Os menores tempos demandados foram encontrados trabalhando-se com disco duplo, não diferindo estatisticamente do espaçamento entre fileiras adotado, mesmo resultado encontrado para o custo por hectare.

Tabela 03. Interação entre os mecanismos sulcadores e os espaçamentos entre linhas na cultura do milho.

Velocidade de Deslocamento – VD (km.h ⁻¹)		
Mecanismo Sulcador (MS)	Espaçamento entre Linhas (EF)	
	0,45m	0,90m
Haste	3,93 Bb	4,42 Aa
Disco Duplo	4,52 Aa	4,44 Aa
Consumo Horário de Combustível – CHC (L.h ⁻¹)		
Mecanismo Sulcador (MS)	Espaçamento entre Fileiras (EF)	
	0,45m	0,90m
Haste	14,32 Aa	10,66 Ab
Disco Duplo	10,70 Ba	10,43Aa
Tempo Demandado – TD (h.ha ⁻¹)		
Mecanismo Sulcador (MS)	Espaçamento entre fileiras (EF)	
	0,45m	0,90m
Haste	0,71 Ab	0,83 Aa
Disco Duplo	0,62 Ba	0,63 Ba
Custo por Hectare – CPH (R\$.ha ⁻¹)		
Mecanismo Sulcador (MS)	Espaçamento entre fileiras (EF)	
	0,45m	0,90m
Haste	100,49 Ab	112,27 Aa
Disco Duplo	83,01 Ba	84,04 Ba

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, diferem pelo “teste t” a 10% de probabilidade.

CONCLUSÃO

Quando utilizar o mecanismo sulcador tipo disco duplo na semeadora, deve-se optar pelo espaçamento entre fileiras de 0,45m, e ao trabalhar com mecanismo sulcador tipo haste, o espaçamento recomendado é o 0,90m.

REFERÊNCIA

- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. *Agricultural machinery management data*. In: American Society of Agricultural Engineers. ASAE standards 1999. Standards engineering practices data. Saint Joseph: ASAE, 1999. p.359-366.
- ASAE – American Society of Agricultural Engineers. *Estimating farm machinery costs*. In: ASAE Standards 2002. Standard A3-29 April 2002. Iowa State University, p. 1-9.
- ARATANI, R. G.et al. Desempenho de semeadoras adubadoras de soja em Latossolo Vermelho muito argiloso com palha intacta de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.517-522, 2006.
- CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R; Conte, O. Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semadoras-adubadoras. **Revista Brasileira Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.5, p.561–566, 2010.
- COELHO, H.et al. Deslizamento de rodados de tratores de pneus em diferentes operações agrícolas. **Revista Ceres**, v.59, p.330-336, 2012.
- DIAS, V. O.; SOUZA, R. S.; ALONÇO, A. S. Viabilidade econômica do investimento em plataformas de colhedoras de milho em espaçamento reduzido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.463-470, 2007.
- Fundação ABC - **Custo de mecanização agrícola**. Castro: Circular técnica n.º 55, Março de 2001.
- FURLANI, C.E.A.et al. Desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.456-462, 2007.
- GABRIEL FILHO, A.et al. Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.333-339, 2010.
- HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; THAME, A. C. M. **Administração da empresa agrícola**. 2ª Edição. São Paulo: Pioneira, 1984. 325p.
- LLANILLO, R. F.et al. *Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais*. **Semina: Ciências Agrárias**, v 27, p.205-220, 2006.
- LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 305 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 1999.
- MELLO, L. M. M.; PINTO, E. R.; YANO, É. H. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. **Engenharia Agrícola**, v.23, p.563-567, 2003.

MOLIN, J. P. et al. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, v.26, p. 759-767, 2006.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, p.681-69, 2010.

SANTOS, A. P.; VOLPATO, C. E. S.; TOURINO, M. C. C. Desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto para cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.540-546, 2008.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.191-199, 2000.

SILVA, K. R. et al. Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, v.28, p.361-366, 2004.

SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Avaliação de forças resultantes de mecanismos sulcadores de semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Energia na Agricultura**, v.20, p.76-82, 2005.

SILVA, P. R. A. et al. Semeadora-adubadora: Mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.12, p.1367-1373, 2012.

SCHULER, R. T.; Wood, R. K. Soil compaction. In: Conservation tillage systems and management: Crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. Ames: **Mid west Plan Service**, 1992. p.42-45.