

DESEMPENHO OPERACIONAL DE SEMEADORA E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM PLANTIO DIRETO E CULTIVO MÍNIMO¹

ANDRÉ SATOSHI SEKI²; SÉRGIO HUGO BENEZ³ & PAULO ROBERTO ARBEX SILVA⁴

RESUMO: Com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e a demanda energética na produção da cultura do milho, neste trabalho, foi conduzido o experimento, na Fazenda Experimental do Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, localizada no município de Botucatu-SP. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições, contendo os seguintes tratamentos: Subsolagem a 0,40 m, escarificação a 0,30 m, escarificação a 0,20 m, plantio direto com hastes sulcadoras e como testemunha, plantio direto com discos duplos. Os parâmetros avaliados foram: demanda energética e desempenho operacional na semeadura do milho, características agronômicas e a produtividade de matéria seca e de grãos do milho. A subsolagem e escarificação esporádica em solos sob sistema plantio direto não interferiram no desenvolvimento das plantas e na produtividade de grãos. A utilização de hastes na semeadora-adubadora, permitiu a maior mobilização do solo na linha da semeadura, com pouco acréscimo na demanda energética em relação aos manejos com subsolagem e escarificação em solos sob plantio direto.

Palavras-chave: Subsolagem, escarificação e haste sulcadora.

¹ Parte da tese de doutorado do 1º autor intitulada: Demanda energética e produtividade da soja e do milho em áreas de plantio direto e cultivo mínimo.

² Engº Agrônomo, Doutor em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu – SP, Fone: (14) 8112-3032, andresseki@gmail.com

³ Engº Agrônomo, Prof. Dr, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu – SP, Fone: (14) 3811-7165, benez@fca.unesp.br

⁴ Engº Agrônomo, Prof. Dr, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu – SP, Fone: (14) 3811-7165, arbex@fca.unesp.br

SEEDER OPERATIONAL PERFORMANCE AND PRODUCTIVITY IN DIRECT PLANT CORN USING MINIMAL TILLAGE

SUMMARY: *With the objective to assess the operational performance and energy demand in the production of corn, the was conducted at the Experimental Farm of Lageado, belonging to the Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, localizada no município de Botucatu-SP. The design of the experiment is randomized blocks with four repetitions of the following treatments: Sub soiling to 0.40 m, Scarification to 0.30 m, Scarification to 0.20 m, no-till with chisel type openers, no-till with double discs. The parameters evaluated were: energy demand and operational performance in sowing corn, agronomic characteristics and the yield of dry corn grain. The sub soiling and sporadic chiseling in no-till soils did not affect plant development or yield. The use of rods in the drill allows for greater mobilization of the soil in the sowing line with almost no increase in energy demand in relation to the tillage treatments with sub soiling and chiseling.*

Keywords: *Sub soling, chiseling, no-till seeder shanks.*

1 INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola é um importante componente na maioria dos sistemas de produção agrícola. No entanto, sua introdução, sem qualquer adaptação prévia, aos diferentes tipos de solo, pode ocasionar rápida e contínua degradação deste recurso natural (REIS et al., 2007).

O sistema plantio direto baseia-se em rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em solo coberto por palha e em ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado (HERNANI & SALTON 1997, SEIXAS et al., 2005). Tem como característica principal o revolvimento do solo somente na linha de semeadura, mantendo os resíduos vegetais em sua superfície e minimizando os efeitos erosivos das precipitações intensas que ocorrem em climas tropicais (BARIZON, 2001).

De acordo com Seixas et al. (2005), é um complexo de tecnologia de processos, de produtos e de serviços que submete o agroecossistema a um menor grau de perturbação e desordem, quando comparado a outras formas de manejo que empregam mobilização intensa do solo.

No sistema plantio direto o solo geralmente apresenta maiores valores de densidade e microporosidade, e menores valores de macroporosidade e porosidade total, nas camadas superficiais do perfil, em comparação com o preparo convencional, podendo prejudicar o desenvolvimento das plantas (MAHL et al., 2008). Isto é decorrente, principalmente, do não revolvimento do solo e da pressão dos

rodados e outros componentes das máquinas e implementos agrícolas, podendo aumentar com a realização de operações agrícolas em solo com alto teor de água (ARAÚJO et al., 2004).

Cardoso et al. (2006) verificaram que a presença da camada compactada do solo em sistema plantio direto, interferiu diretamente a área de exploração do sistema radicular da soja, entretanto a produtividade de grãos não foi afetada quando não houve restrições hídricas durante a condução da cultura.

De acordo com Silva (2003), uma forma de racionalizar a utilização de máquinas e equipamentos para efetuar a descompactação superficial do solo em áreas de plantio direto é a utilização de mecanismos sulcadores tipo haste na operação de semeadura. A maior profundidade de trabalho das hastes sulcadoras permite assim quebrar a camada compactada superficial do solo (MELLO & TAKAHASHI, 2000).

Apesar das inúmeras vantagens do sistema plantio direto, tem-se verificado que, em solos argilosos, a compactação superficial do solo pode impor limitações à produtividade das culturas (ARAÚJO et al., 2004). Estas modificações podem ter impactos negativos no crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. A redução do volume de solo explorado pelas raízes eleva os riscos de deficiências hídricas e nutricionais das plantas (MORAES et al., 1995). Porém, se o sistema for corretamente manejado, com boa cobertura morta e adequada rotação de culturas irá promover uma melhor estruturação do solo, com canais que permitem adequado fluxo de ar e maiores taxas de infiltração de água (SEIXAS et al., 2005).

O desempenho da cultura do milho sob diferentes sistemas de manejo do solo tem sido bastante variável. Maiores produtividades no sistema plantio direto foram observadas por Model e Anghinoni (1992), Fernandes et al. (1999), Possamai et al. (2001), Arf et al. (2007) e Fernandes et al. (2007) e menores produtividades nesse sistema foram relatadas por Centurion e Demattê (1992), Furlani et al. (1999), Kluthcouski et al. (2000), Silveira e Stone (2003) e Carvalho et al. (2004).

Para Hernani (1997) e Secco et al., (2009), a escarificação é o melhor método de manejo do solo para a cultura do milho. Já Mahl (2002), Pauletti et al. (2003), Silva (2004) e Bertolini (2008) não observaram influência dos sistemas de manejo do solo sobre a produtividade de grãos de milho

Klein e Boller (1995), avaliando a cultura do milho em diversos sistemas de manejo do solo concluíram que a semeadora com o sulcador tipo haste proporcionou maior produtividade do que com o sulcador tipo disco duplo e que a utilização de sulcador tipo haste elimina o problema da compactação superficial. Mello et al. (2002), avaliando a condição física do solo com diferentes mecanismos sulcadores das semeadoras, mostraram que a haste apresentou maior capacidade de romper o solo na linha da semeadura, provocando redução na densidade e resistência à penetração, aumento na macroporosidade do solo e um aumento de 11,3% na produtividade do milho, em relação ao mecanismo sulcador tipo disco duplo.

Silva et al., (2000), avaliando mecanismos sulcadores tipo disco duplo e haste verificou maior esforço tratorístico na haste, sendo de 69% a mais a força de tração exigida na barra quando comparado ao disco duplo. Houve também maior exigência de força por linha na haste, devido à maior profundidade de trabalho.

Neste contexto este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho operacional, demanda energética na operação de semeadura e a produtividade da cultura do milho cultivado sob o sistema plantio direto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2008/2009, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP, localizada no município de Botucatu, na região centro oeste do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas aproximadas Latitude 22° 51' S e Longitude 48° 26' W de Greenwich, altitude média de 770 metros e declividade média de 4,5%.

A área experimental é manejada sob sistema de plantio direto desde o ano agrícola de 1997, com rotações de milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L.) no verão e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) ou triticale (*Triticum turgidocereale*) no inverno.

O solo da área experimental foi classificado como NITOSSOLO Vermelho distroférico típico A moderado, textura argilosa (CARVALHO et al., 1983), atualizado conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2006).

Os equipamentos utilizados para a instalação do experimento foram:

- Trator marca John Deere, modelo 6600 (4x2 TDA), com potência de 89 kW (121 cv) no motor, rotação da TDP de 540 rpm a 2100 rpm no motor, pneus traseiros 23.1-30, pneus dianteiros 14.9-26, para a realização das mensurações de força e consumo de combustível nas operações de escarificação, subsolação e semeadura:

- Semeadora – Adubadora de precisão, marca Marchesan, modelo PST2, de arrasto, acionamento por controle remoto com 4 linhas espaçadas de 0,90 m; cada unidade semeadora é provida de discos de corte lisos frontais; com os mecanismos sulcadores dos tipos disco duplos defasados ou haste sulcadoras de 30 mm de largura para fertilizantes; e discos duplos para sementes com mecanismo dosador tipo disco perfurado horizontal; rodas controladoras de profundidade, roda compactadora em “V”;

O experimento foi constituído pelos tratamentos: Subsolação a 0,40 m antes da implantação da cultura da aveia (MS40I), subsolação a 0,40 m antes da implantação da cultura do milho (MS40V), escarificação a 0,30 m antes da implantação da cultura da aveia (ME30I), escarificação a 0,30 m antes da im-

plantação da cultura do milho (ME30V), escarificação a 0,20 m antes da implantação da cultura da aveia (ME20I), escarificação a 0,20 m antes da implantação da cultura do milho (ME20V), plantio direto com hastes sulcadoras (MPHA) e, como testemunha, plantio direto com discos duplos (MPDI).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental possuía 25 m de comprimento e 7 m de largura, espaçadas de 15 m para manobras e estabilização dos conjuntos trator-equipamentos.

Utilizou o seguinte fertilizante durante a condução do experimento, 300 kg ha⁻¹ de fertilizante granulado na formulação 08-28-16 de (N – P₂O₅ – K₂O) na semeadura e 200 kg ha⁻¹ de uréia (45% de nitrogênio) para adubação em cobertura. Foram utilizadas sementes de milho híbrido 2B 707, material este pertencente à empresa Dow AgroSciences, com 93% de germinação e 99% de pureza, visando uma população final de aproximadamente 60.000 plantas ha⁻¹.

O monitoramento da velocidade de deslocamento nas operações foi realizado indiretamente pelo tempo gasto para percorrer cada parcela. Os valores de tempo(s) foram obtidos com o cronômetro no painel de aquisição de dados. A capacidade de campo efetiva nas operações de preparo do solo e semeadura foi determinada pela relação entre a área útil da parcela trabalhada e o tempo gasto no percurso da parcela.

Para avaliar a área de solo mobilizada na linha de semeadura, utilizou-se um perfilômetro em madeira composto por 37 hastes de 0,5m, espaçadas de 0,015 m; folhas de papel cartolina tamanho 0,4 x 0,6 m; canetas porosas; mesa digitalizadora e régua graduada em milímetros. Os perfis do solo foram marcados em folhas de papel cartolina, antes da mobilização do solo, após a mobilização do solo e após a retirada do solo mobilizado no sulco.

A regularidade da profundidade de semeadura ou deposição de sementes foi determinada 10 dias após a semeadura, cortando-se a parte aérea das plantas rente ao solo e coletando, com um enxadão, a semente com o mesocótilo. Utilizando-se uma régua graduada em milímetros, determinou a profundidade de deposição de semente. Foram coletadas 4 plantas nas duas linhas centrais de cada parcela experimental.

Para a determinação da força média de tração na semeadura, utilizou-se uma célula de carga instalada entre o trator e os equipamentos e um suporte, de forma a mantê-la em posição horizontal. Os sinais gerados pela célula de carga foram armazenados no sistema de coleta de dados e, posteriormente, transferidos para uma planilha de dados para serem analisados. Com os valores obtidos, a força de tração média foi determinada pela equação 1:

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{T_p} \quad (1)$$

em que:

F_m = força de tração média (kN);

F_i = força de tração instantânea (kN.s);

T_p = tempo de percurso na parcela (s).

A força de tração requerida por profundidade do sulco da semeadora correspondeu à força de tração média requerida por linha de semeadura a cada unidade de profundidade de abertura do sulco. Foi determinado o pela equação 2:

$$FP_{Sulco} = \frac{F_m / NL}{P_t} \quad (2)$$

em que:

FP_{Sulco} = Força de tração por profundidade do sulco (N cm⁻¹);

F_m = força de tração média (N);

NL = número de linhas da semeadora-adubadora;

P_t = profundidade de trabalho (cm).

A força específica por área mobilizada, correspondeu à relação entre o requerimento de força de tração média da semeadora, em cada tratamento, e a área do solo mobilizada pela linha de semeadura, sendo calculado através da equação 3:

$$FE_{Am} = \frac{F_m / NL}{A_m} \quad (3)$$

em que:

FE_{Am} = Força específica por área mobilizada (N cm⁻²);

F_m = força de tração média (N);

NL = Número de linhas das semeadoras-adubadoras ;

A_m = área mobilizada (cm²).

A potência média exigida na barra de tração foi calculada pelo produto da força média na barra de tração com a velocidade de deslocamento.

Potência média requerida por profundidade do sulco da semeadora correspondeu à potência média exigida por unidade de semeadura a cada unidade de profundidade de abertura do sulco. Foi determinado através da equação 4:

$$PP_{Sulco} = \frac{P_m / NL}{P_t} \quad (4)$$

em que:

PP_{sulco} = Potência por profundidade do sulco ($W\ cm^{-1}$);

P_m = potência média requerida na barra de tração do trator (W);

NL = número de linhas da semeadora-adubadora;

P_t = profundidade de trabalho (cm).

A potência específica por área mobilizada na semeadura correspondeu à relação entre o potência média exigida por unidade de semeadura e a área do solo mobilizada pela unidade de semeadura, sendo calculada pela equação 5:

$$PE_{Am} = \frac{P_m}{A_m} \quad (5)$$

em que:

PE_{Am} = potência específica por área mobilizada ($kW\ m^{-2}$);

P_m = potência média requerida na barra de tração do trator (W);

A_m = área mobilizada (cm^2).

Uso específico de energia por área na operação de semeadura do milho foi calculado pela equação 6:

$$UEA = \frac{P_m}{CCE} \quad (6)$$

em que:

UEA = uso específico de energia por área ($kWh\ ha^{-1}$);

P_m = potência na barra de tração (kW);

CCE = capacidade de campo efetiva ($ha\ h^{-1}$).

O diâmetro médio do colmo, a altura média das plantas, foi determinado aleatoriamente em dez plantas em cada parcela experimental, logo após o período de florescimento.

Para quantificar a produtividade média de grãos e matéria seca, foram colhidas manualmente as espigas e as plantas, em três metros de linha, em cada parcela experimental, no período em que a cultura atingiu o ponto de maturação fisiológica.. As amostras coletadas foram processadas pelas trilhadoras, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão de 0,01g. Foram retiradas amostras de grãos para a determinação de umidade e o peso de grãos, que foi corrigido para a umidade de 13% (umidade de armazenamento e comercialização).

As plantas colhidas para a determinação da produtividade foram pesadas para a determinação da produção da matéria seca das culturas, na qual foram retiradas amostras de aproximadamente 200 gramas

e levadas à estufa a 65°C e secas até atingir peso constante, quando foram pesadas novamente para determinação do teor de matéria seca. Multiplicando-se este valor de matéria seca pela produção de palha, descontando o peso dos grãos, foi estimada a produção de matéria seca por hectare.

Para análise estatística dos dados utilizou-se o programa Sisvar. Todos os dados originais foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da velocidade de deslocamento na operação de semeadura do milho (Tabela 1), não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. Isto pode ser explicado pela utilização de um trator com alta potência no motor, com mesma marcha e rotação do motor na semeadura, obtendo velocidade média de 5,38 km h⁻¹.

Os dois tipos de mecanismos sulcadores não apresentaram diferença significativa, discordando dos resultados de Silva (2003) avaliando diferentes mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na semeadura do milho, obteve diferenças na velocidade de deslocamento do conjunto trator semeadora, onde o tratamento com hastes sulcadoras apresentou os menores valores.

Estudando a qualidade na semeadura de milho com dosador do tipo disco perfurado horizontal, Mahl et al. (2004) concluíram que, nas velocidades de semeadura de 4,4 e 6,1 km h⁻¹, obteve-se eficiência semelhante na distribuição de sementes de milho e significativamente melhor que na velocidade de 8,1 km h⁻¹. A maior velocidade proporcionou menor percentual de espaçamentos normais e aumento no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos, maior coeficiente de variação e pior índice de precisão.

Sendo a capacidade de campo efetiva função direta da velocidade de deslocamento verificaram que ambas variáveis tiveram o mesmo comportamento, na semeadura do milho, não apresentando diferenças significativas.

Os valores da profundidade do sulco foram influenciados pelos tratamentos utilizados no experimento, onde os maiores valores foram obtidos com a utilização das hastes, na qual aprofundou em média 0,10 m a mais que o uso do disco duplo MPDI, correspondendo a uma diferença percentual média de 35% estes valores discordam com os obtidos por Mahl (2006) verificou que as hastes aprofundou em média 0,0213 m a mais que o uso do tipo disco duplo correspondendo a uma diferença de 26,6 %. Tal comportamento é esperado, pois as hastes foram projetadas para atuarem a maiores profundidades.

Os valores de área mobilizada na semeadura apresentaram comportamento semelhante entre os tratamentos, diferindo estatisticamente apenas do tratamento MPHA que apresentou os maiores valores.

Silva (2003) avaliando mecanismos sulcadores de semeadoras de plantio direto verificou que a área mobilizada foi influenciada pelos mecanismos sulcadores testados, espaçamento entre as linhas e profundidade de trabalho da haste. O mesmo verificou a maior área mobilizada no espaçamento de 0,90 m (190,6 cm²) comparado com o espaçamento de 0,45 m (161,2 cm²), dentro do mecanismo sulcador tipo haste, valores estes inferiores aos obtidos no presente experimento.

A profundidade de semeadura do milho não apresentou diferenças estatísticas em relação aos tratamentos utilizados, esta não variação pode ser justificada devido à presença de rodas controladoras de profundidades e uma defasagem em relação à linha do sulcador do adubo, ficando a semente depositada na lateral da linha do sulco. A correta regulagem da semeadora assume grande importância neste parâmetro, para a aquisição de uma boa população inicial da cultura, respeitando as necessidades e características fisiológicas de cada cultura, sendo mais rasas para culturas de germinação tipo epígea e podendo ser mais profundas para germinação tipo hipógea.

Tabela 1 - Valores médios da velocidade de deslocamento, capacidade de campo efetiva, profundidade do sulco da semeadura, área mobilizada na semeadura e profundidade de deposição de sementes, nas operações de semeadura da cultura do milho, Botucatu, 2009.

Tratamentos	Vel (km h ⁻¹)	CCE (ha h ⁻¹)	P _{sulco} (cm)	Am _{sem} (cm ²)	P _{semea} (cm)
MS40I	5,34 A	1,44 A	6,95 BC	71,80 B	4,56 A
MS40V	5,29 A	1,42 A	7,22 BC	89,18 B	4,22 A
ME30I	5,29 A	1,43 A	7,37 BC	85,40 B	4,48 A
ME30V	5,44 A	1,47 A	7,89 B	86,96 B	5,41 A
ME20I	5,37 A	1,45 A	7,25 BC	74,47 B	5,17 A
ME20V	5,40 A	1,46 A	7,76 B	76,64 B	4,99 A
MPHA	5,40 A	1,45 A	16,78 A	456,58 A	4,25 A
MPDI	5,54 A	1,43 A	6,15 C	66,86 B	4,22 A
DMS	0,27	0,11	1,41	38,18	1,21
CV(%)	2,18	3,40	7,10	12,77	11,01
Média	5,38	1,44	8,42	125,98	4,66

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

As demandas da força média na barra de tração (Tabela 2) foram influenciadas pelo preparo do solo e pelo mecanismo sulcador, na semeadura do milho. O tratamento com o mecanismo sulcador tipo haste apresentou valores 50% superiores aos demais tratamentos, concordando com Mahl (2006) que observaram o mesmo comportamento.

O tratamento MS40V apresentou um valor intermediário em relação aos demais tratamentos. Esta interferência pode ser justificada pela profundidade do preparo do solo, aumentando a sua resistência ao rolamento do conjunto, elevando a necessidade de força de tração para o seu deslocamento.

Silva (2003) observou um aumento médio da força na barra de 102% quando a profundidade das hastes passou de 0,10 m para 0,20 m, um aumento médio de 50 % de 0,20 m para 0,30 m e quando a profundidade passou de 0,10 m para 0,30 m, houve um incremento médio de 304 % na exigência de força na barra de tração.

Os valores de força média na barra de tração por profundidade do sulco da semeadura do milho apresentou diferenças estatísticas onde o maior valor foi obtido no tratamento MS40V, diferindo apenas dos tratamentos ME20V e MPDI, os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

A menor demanda de força de tração específica por área mobilizada foi obtida pelo tratamento com sulcador do tipo haste em solo argiloso. É um resultado interessante do ponto de vista de que em muitos autores como Siqueira e Casão Junior (2004), Reis e Cunha (2005) observaram que o uso de hastes, por proporcionar maiores profundidades de trabalho em relação aos discos duplos, demanda maior esforço médio de tração. Desta forma, a demanda específica revela que se ambos os mecanismos sulcadores trabalhassem na mesma profundidade em solos argilosos, a haste sulcadora, possivelmente, demandaria menor esforço médio de tração. Tal observação estaria de acordo com os conceitos que definem hastes como ferramenta de preparo vertical do solo, projetadas para rompê-lo em seu plano natural de ruptura e demandar menor esforço para a sua mobilização.

Tabela 2 - Valores médios de força média na barra de tração, força de tração média requerida por profundidade do sulco da semeadora e força específica por área mobilizada nas operações de semeadura da cultura do milho, Botucatu, 2009.

Tratamentos	Fm (kN)	FP _{Sulco} (N cm ⁻¹)	FE _{Am} (N cm ⁻²)
MS40I	4,32 C	162,83 AB	15,12 AB
MS40V	6,05 B	202,21 A	17,13 A
ME30I	4,33 C	147,33 AB	12,70 B
ME30V	5,04 BC	159,75 AB	14,52 AB
ME20I	4,04 C	139,83 AB	13,57 AB
ME20V	3,98 C	129,13 B	13,00 B
MPHA	10,17 A	155,13 AB	5,78 C
MPDI	4,31 C	120,14 B	14,01 AB
DMS	1,38	67,26	3,73
CV(%)	11,08	18,65	11,89
Média	5,28	152,04	13,23

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Os valores de potência média na barra (Tabela 3), apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, onde o maior valor foi obtido no tratamento com hastes com mecanismo sulcador. Esta variável é diretamente proporcional com os valores da força média e a velocidade de deslocamento. Apresentando desta forma mesmo comportamento da força média na barra de tração.

Mercante et al. (2005) verificaram que a velocidade de deslocamento quando passa de 5,20 para 8,45 km h⁻¹, somente a potência na barra aumenta significativamente. Mahl et al. (2004) revelaram que, quando a velocidade passa de 4,4 para 8,1 km h⁻¹ há um incremento na potência na barra de 96%.

A potência média requerida por profundidade do sulco na semeadura apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos, onde a presença do solo solto aumentou a exigência da força para o deslocamento da semeadora. O maior valor foi obtido no tratamento MS40V, seguido pelos tratamentos MS40I e ME30V, sendo que estes não diferenciaram com os demais tratamentos.

A potência específica por área mobilizada na semeadura apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. O menor valor foi obtido no tratamento MPHA, apresentando valor de 44 % inferior a média dos tratamentos.

Siqueira e Casão Junior (2004) e Mahl (2006) verificaram os mesmos comportamentos na exigência da potência específica por área mobilizada, quando comparados os mecanismos rompedores haste e disco duplo. De acordo com os autores esta variação é devido à maior profundidade de trabalho, na qual exige maior potência na barra de tração e uma maior área mobilizada, conseqüentemente reduz a sua demanda por potência específica operacional.

Os valores do uso específico de energia por área apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. O maior valor obtido foi no tratamento MPHA, concordando com Siqueira e Casão Junior (2004), que obtiveram a maior demanda energética na operação de semeadura com mecanismos sulcadores tipo haste.

Silva (2003) observou em áreas de plantio direto onde a presença de camadas compactadas superficiais, é diagnosticada, a utilização destes mecanismos rompedores tipo haste, tem favorecido a produtividade das culturas. A alta demanda de energia por área trabalhada pode ser justificada pela substituição da operação de escarificação do solo, racionalizando a utilização do uso de energia no campo.

Tabela 3 - Valores médios da potência média na barra de tração, potência média requerida por profundidade do sulco da semeadura, potência específica por área mobilizada na semeadura e uso específico de energia por área, na operação de semeadura da cultura do milho, Botucatu, 2009.

Tratamentos	Pm (kW)	PP _{Sulco} (W cm ⁻¹)	PE _{Am} (W cm ⁻²)	UEA (kWh ha ⁻¹)
MS40I	6,41 CD	241,56 AB	22,46 AB	4,44 CD
MS40V	8,89 B	297,37 A	25,20 A	6,14 B
ME30I	6,39 CD	217,04 B	18,70 B	4,46 CD
ME30V	7,64 BC	241,69 AB	21,96 AB	5,19 C
ME20I	6,04 D	209,01 B	20,25 AB	4,16 D
ME20V	5,97 D	193,78 B	19,53 B	4,09 D
MPHA	15,48 A	231,77 B	8,77 C	10,61 A
MPDI	5,59 D	230,56 B	21,47 AB	3,74 D
DMS	1,29	56,90	5,53	0,82
CV(%)	7,01	10,30	11,79	6,45
Média	7,80	232,85	19,79	5,35

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 4, são apresentados os valores da altura da planta e o diâmetro do colmo das plantas de milho submetido aos tratamentos de preparo do solo. Os valores dos parâmetros anteriormente descritos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

A produtividade de matéria seca apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos, onde o maior valor foi obtido no tratamento ME20I, mas não diferenciando com os tratamentos de plantio direto (MPDI e MPHA). Os demais tratamentos de preparo do solo, não apresentaram diferenças entre si.

Os valores médios da produtividade de matéria seca foram menores que 9770 kg ha⁻¹ obtidos por Mahl et al. (2008). Os mesmos verificaram que as produções de matéria seca de milho não diferiram entre os tratamentos de escarificação e plantio direto.

A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelos tratamentos de preparo do solo, concordando com Mahl et al. (2008), que não verificaram o efeito da escarificação do solo na produtividade do milho e discordando de Secco et al. (2009) que verificaram um aumento de 17 % na produtividade de grão, em relação ao sistema de plantio direto. Os mesmos verificaram que a cultura do milho, foi sensível aos estados de compactação existentes em dois LATOSSOLO, com mais intensidade no LVdf. Isso evidencia que as gramíneas, em comparação com as leguminosas, foram mais suscetíveis aos efeitos negativos nos atributos físicos do solo impostos pelos estados de compactação.

Tabela 4 - Valores médios de altura da planta, diâmetro do colmo, produtividade de matéria seca e de grãos da cultura do milho, Botucatu, 2009.

Tratamentos	Altura das plantas (m)	Diâmetro do colmo (mm)	Produção de matéria seca (kg ha ⁻¹)	Produção de grãos (kg ha ⁻¹)
MS40I	2,10 A	24,09 A	7089 C	7219 A
MS40V	2,21 A	23,62 A	7737 BC	7896 A
ME30I	1,67 A	24,09 A	7971 BC	8123 A
ME30V	2,16 A	22,97 A	7982 BC	7707 A
ME20I	2,16 A	24,03 A	10794 A	7573 A
ME20V	2,13 A	23,46 A	8214 BC	7554 A
MPHA	2,18 A	22,93 A	9189 AB	8353 A
MPDI	1,93 A	23,10 A	9381 AB	8316 A
DMS	0,97	2,61	2021	1444
CV(%)	19,86	4,69	9,97	7,77
Média	2,07	23,53	8544	7843

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

A subsolagem e escarificação esporádica em solos sob sistema plantio direto não interferiram no desenvolvimento das plantas e na produtividade de grãos, na cultura do milho.

A utilização de hastes na semeadora-adubadora, permitiu a maior mobilização do solo na linha da semeadura, com pouco acréscimo na demanda energética em relação aos manejos com subsolagem e escarificação em solos sob plantio direto.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. A. et al. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 495-504, 2004.

ARF, O. et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

BARIZON, R. R. M. **Calagem na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre (*Brachiaria brizantha*)**. 2001. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

BERTOLINI, E. V. et al. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2355-2366, 2008.

CARDOSO, E. G. et al. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.41, n.3, p.493-501, 2006.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrômicas**, Botucatu, n. 1, p. 1-95, 1983.

CARVALHO, M. A. C. de et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistemas de preparo de solos de cerrado: efeito nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 315-324, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1999.

FERNANDES, F. C. S.; ALVES, M. C.; SILVA, M. M. da. Produtividade de culturas e atributos físicos de um latossolo afetados pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 297-308, 2007.

FURLANI, C. E. A. et al. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 177-186, 1999.

HERNANI, L. C. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho: informações técnicas**. Dourados, 1997. p. 39-67. (Circular Técnica, 5).

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: EMBRAPA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: Embrapa, CPAO, 1997. p. 39-67.

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em áreas sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, p. 395-8, 1995.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MAHL, D. et al. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-7, 2004.

MAHL, D. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MAHL, D. et al. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 741-747, 2008.

MELLO, L. M. M.; TAKAHASHI, C. M. Avaliação de mecanismos rompedores e rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras para cultura do milho (*Zea mays* L.) em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

MELLO, L. M. M.; TAKAHASHI, C. M.; YANO, E. H. Condicionamento físico do solo na linha de semeadura de milho em plantio direto: mecanismos sulcadores e rodas compactadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.

MERCANTE, E. et al. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-8, 2005.

MODEL, N. S.; ANGHINONI, I. Resposta do milho a modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 55-59, 1992.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H.; LIBARDI, P.L. Efeito da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 393-403, 1995.

PAULETTI, V. et al. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 491-495, 2003.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M. de; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82. 2001.

REIS, E. F.; CUNHA, J.P.A.R. Disco ou facão? **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.46, p. 6-8, 2005.

REIS, G. N. et al. Avaliação do desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob diferentes sistema de preparo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 228-235, 2007.

SECCO, D. et al. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 58-64, 2009.

SEIXAS, J.; ROLOFF, G.; RALISCH, R. Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35 n.4, p. 794-798, 2005.

SILVA, A. R. B. **Diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2004. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba. v. 57, n. 1, p. 7-12, 2000.

SILVA, P. R. A. **Mecanismo sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema de plantio direto**. 2003. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 240-244, 2003.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. **Trabalho no cultivo de grãos e oleaginosas: máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema plantio direto**. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 88 p.