

## DEMANDA ENERGÉTICA E MOBILIZAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE E PROFUNDIDADES DA HASTE SULCADORA

FRANCISCA EDCARLA DE ARAUJO NICOLAU<sup>1</sup>, PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS<sup>2</sup>,  
CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI<sup>3</sup>, CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA<sup>4</sup>, RENATA  
FERNANDES DE QUEIROZ<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará - CE, carla\_nicolau18@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Mestrando em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará - CE.

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, Dr., Prof. Adjunto, Universidade Federal do Ceará - CE.

<sup>4</sup> Mestranda em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará - CE.

<sup>5</sup> Mestranda em Eng. Agrícola, Universidade Federal do Ceará - CE.

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** O perfil mobilizado do solo é um parâmetro de grande importância, pois analisa o perfil natural e de fundo que determinam a condição inicial e final da camada do solo preparado. O trabalho teve como objetivo avaliar a demanda energética e a mobilização do solo em função de diferentes profundidades da haste sulcadora e velocidades operacionais. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3, com 4 repetições, sendo duas velocidades teóricas (4,8 e 6,8 km h<sup>-1</sup>) e três profundidades da haste sulcadora (0,05, 0,10 e 0,15 m). As variáveis analisadas foram: capacidade de campo operacional, resistência específica, área mobilizada, força, potência e consumo específico. O consumo específico foi maior para a menor velocidade e profundidade, sendo uma variável que mostra a eficiência de transformação de um combustível em trabalho. A área mobilizada foi influenciada pela menor velocidade teórica, podendo ser justificado por um maior tempo de contato da haste com o solo. Para profundidade da haste, observou-se que a 0,15 m mobilizou maior área de solo em relação às demais, em função do maior leito de semeadura preparado. A velocidade de 6,8 km h<sup>-1</sup> (L4) e a profundidade da haste sulcadora de 0,15 m proporcionaram aumento da capacidade campo operacional e mobilização do solo com redução do consumo específico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área mobilizada; Força; Potência.

### ENERGY DEMAND AND SOIL MOBILIZATION IN SPEED FUNCTION AND DEPTHS OF PLOW ROD

**ABSTRACT:** The profile mobilized soil is a very important parameter, it analyzes the natural profile and background that determine the initial condition and final soil layer prepared. The study aimed to assess the energy demand and tillage for different depths of direct drilling and operating speeds. The experimental design was randomized blocks, in factorial 2 x 3, with 4 replicates, and two theoretical speeds (4,8 e 6,8 km h<sup>-1</sup>), and three depths of plow rod (0,05, 0,10 e 0,15 m). The variables analyzed were: field capacity operational, specific resistance, mobilized area, strength, power and specific consumption. The specific consumption was higher for lower speed and depth, is a variable that shows the transformation efficiency of a fuel work. The immobilized area was influenced by the lower theoretical speed, can be justified for a longer rod contact time with the ground. For depth rod, it was observed that the 0.15 m mobilized greatest land area in relation to other, due to higher prepared seedbed. The speed of 6.8 km h<sup>-1</sup> (L4) and depth of 0.15 m shank provided increased capacity and operational field tillage with a reduction in specific consumption.

**KEYWORDS:** Mobilized area; Strength; Power.

**INTRODUÇÃO:** A demanda energética do processo de semeadura pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles o mecanismo para deposição de fertilizantes e a velocidade de deslocamento. A

haste sulcadora mobiliza maior volume de solo, requer maior esforço de tração, potência e consequentemente maior consumo de combustível quando comparado com o disco duplo, principalmente realizando trabalho em maiores velocidades (MAHL et al., 2007). O perfil mobilizado do solo é um parâmetro de grande importância, pois analisa o perfil natural e de fundo que determinam a condição inicial e final da camada do solo preparado (CARVALHO FILHO et al., 2008). Para que a haste sulcadora da semeadora trabalhe com eficiência é de fundamental importância que seja avaliados parâmetros de dinâmica da mobilização do solo, tais como, empolamento, área de elevação e área mobilizada (GROTTA et al., 2004). Trintin et al. (2005) detectou incremento na demanda de consumo horário de combustível, no requerimento da potência média e máxima na barra de tração para tracionar a semeadora-adubadora e na capacidade operacional quando ocorreu aumento da velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora. O trabalho teve como objetivo avaliar a demanda energética e a mobilização do solo em função de diferentes profundidades da haste sulcadora e velocidades operacionais.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi realizado na área experimental do NIMPA (Núcleo Integrado de Máquinas e Projetos Agrícolas) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, com coordenadas geográficas: latitude 3°44'S, longitude 38°34'W de Greenwich e altitude de 19,6 m, com classificação climática, segundo Köppen (1918) de Aw', definida como tropical chuvoso. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 x 3, com 4 repetições, sendo duas velocidades teóricas (4,8 e 6,8 km h<sup>-1</sup>) e três profundidades da haste sulcadora (0,05, 0,10 e 0,15 m). Cada unidade experimental possuía 4 m de largura com 20 m de comprimento, totalizando uma área de 80 m<sup>2</sup>.

Foram utilizados dois tratores, sendo o primeiro o trator de tração BM120 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), de 88,26 kW (120 cv) no motor na rotação de 2000 rpm, com a tração dianteira ligada. O segundo trator chamado de suporte foi o Massey Ferguson 265 4x2 com 47,80 kW (65 cv) acoplado a semeadora de precisão. No trator de tração foram selecionadas as marchas L3 e L4 velocidade teórica de 4,8 e 6,8 km h<sup>-1</sup> respectivamente, com a tartaruga acionada no sistema de multitorque, na rotação de 2000 rpm. O processo de semeadura foi realizado por uma semeadora-adubadora de precisão pneumática, montada, configurada com 3 linhas, espaçadas por 0,80 m, haste sulcadora para deposição de fertilizante, disco duplo desencontrado para disposição de sementes. Para determinar a força de tração foi utilizado o método indireto, conforme Mialhe (1996), utilizando-se um comboio de tratores. O primeiro, denominado trator de tração, tracionou o segundo, chamado de trator suporte. Entre os dois tratores foi colocada célula de carga marca HBM, modelo U 10M, com sensibilidade de 135 kW. O consumo específico de combustível foi obtido pela densidade de combustível em função da temperatura multiplicado pelo consumo horário e dividido pela potência na barra de tração. A velocidade real do conjunto foi obtida em função do espaçamento percorrido em cada parcela e do tempo de percurso, conferido por meio de cronômetro digital. A demanda de potência média na barra de tração foi realizada de forma indireta por meio dos valores de força e velocidade. A capacidade de campo operacional foi determinada em função da velocidade real, da eficiência da semeadora e da capacidade e dimensão da semeadora. Para a medição de área mobilizada foi utilizado um perfilômetro de ferro contendo 50 varetas verticais de 0,64 m de comprimento e espaçamento entre varetas de 0,1m. O levantamento foi realizado duas vezes, a primeira para definir o perfil natural do solo - antes da passada do conjunto, e a segunda para a determinação do perfil de fundo - após a passada do conjunto e retirado o solo mobilizado pelo equipamento. A área de solo mobilizada consiste na área situada entre o perfil original e o perfil de fundo de sulco. A resistência específica foi determinada em função da relação da força pela área mobilizada.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e, quando significativo, aplicou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de força média na barra de tração não diferiram estatisticamente entre as velocidades, porém com diferença ( $p < 0,05$ ) entre profundidades de trabalho da haste, com maior exigência de força na maior profundidade (0,15 m). Este fato pode ser atribuído a maior exigência de força do trator quando os equipamentos agrícolas trabalham em profundidade, como a haste está a uma profundidade maior o trator precisará de uma maior força para desestruturar maior área de solo mobilizada, conforme resultados da Tabela 1.

TABELA 1. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de capacidade campo operacional, resistência específica, área mobilizada, força, potência e consumo específico na operação de semeadura de milho em duas velocidades teóricas e três profundidades da haste.

FATOR	CCO (ha h <sup>-1</sup> )	Resistência específica (kN m <sup>-2</sup> )	Área mobilizada (m <sup>2</sup> )	Força (kN)	Potência (kN)	Consumo específico (kg kw h <sup>-1</sup> )
Velocidade (V)						
V1	0,90 b	139,62b	0,08a	10,05	13,94b	0,68 a
V2	1,25 a	181,67a	0,06b	10,45	19,91a	0,51b
Profundidade (P)						
P1	1,07	131,09b	0,06b	7,38b	12,23c	0,79 a
P2	1,11	164,55ab	0,05b	8,99b	15,57b	0,57ab
P3	1,03	186,28 a	0,08a	14,37a	22,99a	0,42b
V	193,207*	8,66*	6,32*	0,62 <sup>NS</sup>	48,45*	6,21*
P	3,13 <sup>NS</sup>	5,05*	6,29*	68,41*	55,05*	9,24*
VxP	0,91 <sup>NS</sup>	2,92 <sup>NS</sup>	1,59 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	1,74 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>
C.V. (%)	5,67	21,78	25,11	12,20	12,41	29,30

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05); \*: significativo (P<0,05); \*\*: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Legenda: V1- velocidade 1 (4,8 km h<sup>-1</sup>); V2- velocidade 2 (6,8 km h<sup>-1</sup>); P1- profundidade 1 (0,05 m); P2- profundidade 2; (0,10 m) P3- profundidade 3 (0,15m) . DMS- diferença mínima significativa. CCO – capacidade campo operacional.

Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Cepik et al. (2010), os pesquisadores trabalhando com duas semeadoras, uma com três linhas e a outra com cinco linhas, verificaram uma maior exigência de força do trator nas maiores profundidades.

Observa-se que a potência média na barra de tração apresentou diferença significativa para o tratamento velocidade e profundidade da haste sulcadora, sendo que a velocidade de 6,8 km h<sup>-1</sup> e a profundidade de 0,15 m exigiram potência de 19,91 e 22,99 kW, respectivamente. A potência é dada em função da velocidade e da força na barra de tração, logo com o aumento da velocidade há um aumento na potência, o mesmo ocorre para força, os tratamentos que exigem maior força terão maior exigência de potência. Silveira et al. (2005) relatam em seu estudo que os tratamentos onde tiveram acréscimo de velocidade e força é necessário uma maior potência do trator.

A variável consumo específico diferiu estatisticamente para ambos os tratamentos avaliados, sendo o maior consumo específico obtido na menor velocidade e na menor profundidade. O consumo específico é o consumo em unidade de massa de combustível consumido por hora sobre unidade de potência, sendo influenciado pela densidade do combustível, pelo consumo horário e pela potência, sendo que quanto maior a potência menor é o consumo específico. Assim como a variável potência teve diferença entre profundidades e velocidades, a menor a profundidade (0,05 m) e a menor velocidade (4,8 km h<sup>-1</sup>) tiveram menor exigência de potência, sendo os maiores valores encontrados para a menor exigência de potência. Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida et al. (2010), os pesquisadores trabalhando em marchas e rotações diferentes tiveram o maior consumo específico na marcha de menor velocidade, os autores atribuem a maior quantidade de tempo e consequentemente menor capacidade de campo efetiva para semear a área e maior consumo específico na menor velocidade.

A área mobilizada foi influenciada pela menor velocidade teórica, podendo ser justificado por um maior tempo de contato da haste com o solo. Para profundidade da haste, observou-se que a 0,15 m mobilizou maior área de solo em relação às demais, em função do maior leito de semeadura preparado. Com relação à profundidade de trabalho das hastes não houve diferença estatística entre 0,05 m e 0,10 m, enquanto a 0,15 m estatisticamente mobilizou maior área que as demais. A área mobilizada consiste na diferença entre o perfil natural do solo, superfície do solo antes da ação do equipamento, e o perfil de fundo após a atuação do equipamento, há uma tendência natural da área mobilizada ser maior quando o equipamento atua em maiores profundidades. Grotta et al. (2007), trabalhando nas profundidades de semeadura de 0,03 m, 0,05 m, e 0,07 m, verificaram uma maior área mobilizada nas

maiores profundidades, os autores afirmam que quanto maior a profundidade maior a área mobilizada devido a maior quantidade de solo retirado do sulco da semeadura.

A resistência específica apresentou diferença estatística com grau de significância de 5% para as variáveis velocidade e profundidade, a resistência específica foi maior quando a velocidade aumentou, já em relação à profundidade houve diferença entre os tratamentos 0,05 m e 0,15 m, enquanto a profundidade intermediária (0,10 m) não diferiu estatisticamente das demais. A resistência específica é o requerimento de força por área mobilizada (ROSA et al., 2008), ou seja, quanto maior a força numa mesma área mobilizada maior é a resistência específica, assim a resistência específica é a razão entre força e área mobilizada. A variação da resistência específica em relação a velocidade foi atribuída a diminuição da área mobilizada com o aumento da velocidade, já que a força não sofreu variação significativa. Em relação à profundidade o aumento da resistência específica, apesar do aumento de área mobilizada na profundidade de 0,15 m, se deu por meio do excessivo aumento da força em relação às demais profundidades.

A Capacidade de campo operacional não diferiu estatisticamente nas variáveis de profundidade, as velocidades de deslocamento diferiram estatisticamente, sendo que a maior velocidade (6,8 km h<sup>-1</sup>) apresentou maior CCo. A CCo está diretamente ligada a velocidade de locomoção do conjunto, a largura útil de trabalho da semeadora e a eficiência da operação, assim, com o aumento da velocidade de locomoção do conjunto há uma relação direta para o aumento da CCo. Esses resultados corroboram com Santos et al. (2008), em que os autores trabalhando nas velocidades de 4,9, 6,5 e 7,9 km h<sup>-1</sup> verificaram o aumento da CCo com o aumento da velocidade.

**CONCLUSÕES:** A velocidade de 6,8 km h<sup>-1</sup> (L4) e a profundidade da haste sulcadora de 0,15 m proporcionam aumento da capacidade campo operacional e mobilização do solo com redução do consumo específico.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.A. S; TAVARES-SILVA, C. A.; SILVA, L.S. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Revista Agrarian**, v.3,p.63-70, 2010.
- CARVALHO FILHO, A.; BONACIM, J. L. G.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C. Mobilização de um Latossolo Vermelho acríferico em função do sistema de preparo do solo. **Bioscience Journal**,v.24,p.1-7, 2008.
- CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; CONTE, O. Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.561-566, 2010.
- GROTTA, D. C. C.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; BRANQUINHO, K. B.; REIS, G. N.; SILVA, R. P. Subsolador: avaliação do desempenho em função da velocidade de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.26,p.21-26, 2004.
- GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; SANTOS L.; CORTEZ, J. W.; REIS, G. N.; Cultura da Soja em função da profundidade de semeadura e da carga vertical sobre a fileira de semeadura. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.487-492, 2007.
- MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H. Demanda energética de semeadora-adubadora de plantio direto em função de elementos de corte, velocidade e tipo de solo. **Revista Energia na Agricultura – Botucatu**, vol. 22, n.3, p.15-36, 2007.
- MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: Ensaio & certificação. Piracicaba: **Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz**, 1996. 722p.
- ROSA, D. P.; REICHERT, J. M.; SATTLER, A.; REINERT, D. J.; MENTGES, M. I.; VIEIRA, D. A. Relação entre solo e haste sulcadora de semeadora em Latossolo escarificador em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.395-400, 2008.
- SANTOS, A. P.; VOLPATO, C. E. S.; TOURINO, M. C. C. Desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto para a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.540-546, 2008.
- SILVEIRA, J. C. M.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; GABRIEL FILHO, A. Força de tração e potência de uma semeadora em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de sementes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.125-128, 2005.
- TRINTIN, C. G.; NETO, R. P.; BORTOLOTTI, V. C. Demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora para plantio direto, submetida a três velocidades de operação. **Acta Scientiarum Agronomy – Maringá**, v. 27, n. 1, p. 127-131, 2005.