

**DEMANDA DE FORÇA E POTÊNCIA DO CONJUNTO
TRATOR-SEMEADORA-ADUBADORA EM
FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEMEADURA E DIFERENTES
SISTEMAS DE ABERTURA DE SULCO**

Nicolas Zgoda Parizotto^{(1)*}, Fernando Cesar Bauer⁽²⁾

⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; Centro de Ciências Agrárias; Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾ Professor na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural/UFSC. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

*Autor correspondente - E-mail: nicolaszgofa@gmail.com

Resumo

O estudo foi realizado na área experimental da Fazenda Experimental da Ressacada do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis-SC. O delineamento utilizado foi de blocos inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3 (2 sistemas de abertura de sulco de semeadura e três velocidades de plantio) com três repetições. As variáveis avaliadas foram: Velocidade real de deslocamento (km h^{-1}); Força de tração média (kN); Força de tração máxima (kN); Força de tração mínima (kN); Potência média (kW); Potência máxima (kW); Potência Mínima (kW). O trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho do conjunto trator semeadora-adubadora, quanto à demanda de energia, com diferentes mecanismos de abertura de sulco e em diferentes velocidades. Os dados foram submetidos à análise de variância a um nível de significância de 5% através do teste Tukey. O uso do sulcador de coluna vazada resultou em acréscimo na demanda de força média, máxima e mínima exigida na barra de tração, em relação ao uso de sulcadores de discos duplos. Não se observou efeito das velocidades teóricas para os parâmetros de força de tração média, máxima, mínima e para potência máxima.

Palavras-chave: Máquinas Agrícolas; Força de Tração; Potência Requerida.

Abstract

The study was carried out in the experimental area of the Experimental Farm of Ressacada of the Agricultural Sciences Center (CCA) of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), in Florianópolis-SC. The design used was a completely randomized block in a 2x3 factorial scheme (2 sowing furrow opening systems and three planting speeds) with three replications. The variables evaluated were: Actual displacement speed (km h^{-1}); Average pulling force (kN); Peak pulling force (kN); Minimum pulling force (kN); Average power (kW); Peak Power (kW); Minimum Power (kW). The objective of this work is to evaluate the performance of the seeder-fertilizer tractor set, in terms of energy demand, with different furrow opening mechanisms and at different speeds. Data were

submitted to analysis of variance at a significance level of 5% using the Tukey test. The use of the hollow column furrower resulted in an increase in the average, maximum and minimum force demand required on the drawbar, in relation to the use of double disc furrowers. There was no effect of theoretical speeds for the parameters of average, maximum, minimum traction force and for maximum power.

Keywords: Agricultural Machinery; Tensile Strength; Power Required.

Introdução

Nas últimas décadas observamos a ampliação da produção agrícola no Brasil, seja pela expansão da área cultivada ou pela utilização de máquinas agrícolas, fertilizantes e agroquímicos. É possível afirmar, então, que as máquinas agrícolas desempenham, cada vez mais, importante papel nos sistemas de produção da agricultura moderna brasileira, especialmente, a partir da introdução da prática do plantio direto pelos agricultores. O sistema de plantio direto gera menor impacto sobre o meio ambiente e permite uma produção com alto rendimento e, quando adotado, possibilita uma “agricultura mais sustentável” (CARVALHO et al, 2008). A evolução desse sistema e a entrega de maquinários cada vez mais eficiente e precisos pelas indústrias, têm contribuído para o acréscimo da capacidade operacional, da otimização do uso de implementos e insumos e, principalmente, na redução dos custos da atividade. Uma das condicionantes para o aumento da eficiência do maquinário agrícola é a adequada adaptação desse equipamento às necessidades de cada operação (PORTELLA, 1997; FRANCKETTO, 2014).

Portella (1997) afirma que o propósito da maioria das semeadoras é semear os grãos em linhas de semeadura com espaçamentos pré-determinados. O autor destaca que, para realizar sua função, esses equipamentos devem cumprir as seguintes etapas: a) efetuar a abertura de um sulco no solo; b) promover a dosagem apropriada de sementes; c) colocar, a distância uniforme e em profundidade adequada, as sementes no sulco de semeadura; d) cobrir as sementes no com solo; e) compactar o solo sobre a semente, permitindo maior contato entre ambos, no sentido de facilitar a absorção de umidade. Com uso do plantio direto, ainda segundo Portella (1997), é preciso incluir mais um item na lista: “o corte da palha exposta na superfície do solo, antes da abertura do sulco inicial”.

Francetto (2014) afirma que são as semeadoras, depois dos tratores, as máquinas de maior importância para os sistemas agrícolas atualmente. Essas máquinas têm por função colocar no solo os mais variados tipos de sementes seguindo as recomendações de densidade, profundidade e espaçamentos preestabelecidas. O autor ainda assegura que se

faz necessário buscar alternativas que otimizem o uso desses maquinários, tanto na ampliação da vida útil desses equipamentos quanto na redução dos custos da atividade. Essa medida se justifica tendo em vista que o uso de máquinas influencia diretamente os custos totais da produção.

A prática tem demonstrado que, após alguns anos sob o sistema de plantio direto, problemas de compactação podem ocorrer promovendo um aumento da densidade do solo. A compactação reduz a macroporosidade e a condutividade hidráulica em solo saturado, induz ao aumento da energia de tração e, conseqüentemente, um maior consumo de combustível e desgaste dos mecanismos dos tratores reduzindo sua vida útil. Uns dos motivos para o agravamento de tais problemas aparenta ser a redução do tempo destinado às operações agrícolas nas atividades mecanizadas que ocorrem, muitas vezes, em condições de umidade excessiva do solo e o aumento do tamanho das semeadoras e, por conseqüência, o aumento da carga da máquina ao solo o que pode reduzir a emergência de plantas (ROSA et al, 2011; CAMPANARO, 2019).

A velocidade de deslocamento é fator importante na operação de semeadoras de precisão. Ela influencia na qualidade de semeadura, na produtividade das culturas agrícolas, além de interferir nos níveis de consumo de combustível e na capacidade operacional das máquinas. Diferentes estudos apontam que quando a velocidade é mais elevada pode ocorrer o comprometimento da semeadura e a diminuição significativa da cobertura do solo (VIZZOTTO, 2014; FURLANI et al 2013; SIQUEIRA, 2001).

Outro fator que possui grande influência, quando o assunto é semeadora-adubadora, é a Força Tração, que pode ser conceituada como a força gerada por um trator na barra de tração na direção do deslocamento. Essa força “está relacionada com o tipo de solo, a profundidade de semeadura e adubação, a velocidade de semeadura, o teor de água e o preparo do solo” (FURLANI et al 2013). Analisar o desempenho das semeadoras-adubadoras nos seus diferentes aspectos pode contribuir para obtenção de melhores resultados e auxiliar na solução de problemas que surjam no momento da instalação das culturas (VIZZOTTO, 2014; SIQUEIRA, 2001).

Nesse sentido, se torna primordial que as semeadoras-adubadoras estejam dimensionadas e reguladas adequadamente para que obtenham melhor desempenho, em especial, no sistema de plantio direto que resulte em uma população de plantas ideal por unidade de área. Portanto, é importante estudar o desempenho das hastes sulcadoras de semeadoras em sistema plantio direto, como afirma Furlani (2013), em busca de estratégias

que possam minimizar a demanda de força de tração, promover a mobilização adequada do solo para germinação da semente e emergência da plântula, com consequente melhora na produtividade das culturas.

Esse trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho do conjunto trator semeadora-adubadora, quanto à demanda de energia, com diferentes mecanismos de abertura de sulco e em diferentes velocidades.

Materiais e métodos

O trabalho foi realizado em área experimental da Fazenda Experimental da Ressacada do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis-SC, coordenadas geográficas 27°41' de latitude Sul e 48°32' longitude Oeste. O solo é classificado como Neossolo quartzarênico hidromórfico típico (EMBRAPA, 2006), e o clima segundo a classificação de Köppen é o subtropical do tipo Cfa. Utilizou-se semeadora-adubadora da marca Massey Ferguson, modelo MF 508, equipada para plantio direto, com 8 unidades de semeadura com espaçamento de 0,45 m, com largura útil de 3,15 m e sistema dosador de sementes do tipo mecânico com disco dosador. A semeadora-adubadora foi tracionada por um trator, marca Massey Ferguson, modelo 4291 Xtra (Figura 1), potência de 73,55 kW (100 cv), na rotação nominal do motor, com tração dianteira auxiliar (TDA).

Figura 1. Conjunto semeadora-adubadora. Trator Massey Ferguson modelo 4291 Xtra e semeadora Massey Ferguson modelo MF 508. Florianópolis, 2022



Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3 (2 sistemas de abertura de sulco de semeadura e três velocidades de plantio) com três repetições. Os tratamentos foram constituídos dos seguintes fatores: sulcadores -

de coluna vazada e de disco duplo desencontrado, e três velocidades teóricas de semeadura: 4,0; 6,0 e 8,0 km h⁻¹. O trator trabalhou em todos os tratamentos a mil e novecentas rotações por minuto (1.900 rpm), sendo as marchas de trabalho definidas conforme tabela de referência do fabricante do trator.

Os tratamentos estão descritos na tabela a seguir.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados.

Tratamento	Sulcador	Velocidade teórica
T1	Coluna vazada	4,0
T2	Discos duplos	4,0
T3	Coluna vazada	6,0
T4	Discos duplos	6,0
T5	Coluna vazada	8,0
T6	Discos duplos	8,0

Cada parcela foi constituída de vinte e quatro (24) linhas de plantio com vinte e cinco (25) metros de comprimento, totalizando duzentos e setenta metros quadrados (270m²) por parcela. Primeiro, realizou a passagem com os tratamentos com sulcadores de coluna vazados, posteriormente, os sulcadores foram substituídos e realizou-se a passagem dos tratamentos com sulcadores de discos.

Para mensurar a força de tração da semeadora-adubadora utilizou-se célula de carga de produção da Universidade Federal de Santa Catarina, com capacidade de doze toneladas (Figura 2), instalada entre a barra de tração do trator e o engate do cabeçalho da semeadora-adubadora, com dados monitorados e armazenados de forma contínua por datalogger da marca CampBell Scientific, Inc. modelo CR3000.

Figura 2. Célula de carga entre a barra de tração do trator e o engate do cabeçalho da semeadora-adubadora. Florianópolis, 2022



Os dados avaliados foram: Velocidade real de deslocamento (km h^{-1}), determinada através da relação entre a distância e o tempo gasto para percorrer 25 metros, conforme Gamero (1996); Força de tração média (kN), média aritmética de todos os valores coletados por tratamento; Força de tração máxima (kN), sendo o maior valor da força tração na barra do trator em cada parcela; Força de tração mínima (kN), menor valor da força de tração obtida; Potência média (kW), média aritmética dos valores de potência; Potência máxima (kW), sendo maior valor de potência obtido; Potência Mínima (kW), menor valor de potência obtido; Capacidade operacional (ha h^{-1}), obtida pelo produto da largura de trabalho, a velocidade real de deslocamento conforme metodologia proposta por Mialhe (1974).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, através do software estatístico AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos.

Resultados e discussão

O uso do sistema de abertura de coluna vazada, nas diferentes velocidades, apresentou maior exigência de força na barra de tração média e mínima (Tabela 2), diferindo-se estatisticamente do esforço obtido com sistema de discos duplos. A demanda de força média de tração do sulcador de coluna vazada foi 106,06% superior que a demanda do sulcador disco duplos, com a coluna vazada exigindo 1,36 kN e o disco duplo exigindo 0,66 kN. Francetto et al (2016), trabalhando com os mesmos sistemas de abertura de sulco encontrou um requerimento de força de tração 22,28% superior do sulcador fixo ao sulcador disco duplo, e Silva (2003) encontrou um aumento médio de 97,35% no

mecanismo sulcador tipo coluna vazada. Segundo Andreolla e Gabriel Filho (2006) os elementos fixos de abertura de sulco necessitam maior força de tração, devido ao projeto e objetivo do mecanismo, que atua em maiores profundidades buscando quebrar as camadas mais compactadas de solo, em comparação aos mecanismos de discos duplos que trabalham de forma superficial apenas rasgando o solo para a abertura do sulco de plantio. Segundo Furlani et al (2013), o valor da força máxima é importante para se dimensionar o conjunto trator-semeadora-adubadora, para essa variável o comportamento foi semelhante aos resultados encontrados na variável força média de tração na barra, com o sulcador do tipo coluna vazada apresentando um requerimento de força 14% superior ao sulcador do tipo disco duplos.

Na comparação entre as velocidades de trabalho, a velocidade teórica de 6,0 km h⁻¹ foi a que exigiu um maior esforço de tração média, com um acréscimo de 19,78% em relação a velocidade teórica de 8,0 km h⁻¹ e de 4,80% em relação a velocidade teórica de 4,0 km h⁻¹. A variação da velocidade não diferenciou estatisticamente os valores de força média, mínima e máxima.

Tabela 2. Médias dos valores de Força média, Força mínima, Força máxima, Velocidade média em dois tipos de sulcadores, submetidos a três velocidades teóricas.

Causas da Variação	Força Média (kN)	Força Mínima (kN)	Força Máxima (kN)	Velocidade Média (km/h)
Coluna Vazada	1,36a	0,93a	1,77a	4,37b
Disco duplo	0,66b	0,40b	1,55a	4,59a
Vel. 4,0 km h ⁻¹	1,04a	0,71a	1,40a	2,45c
Vel. 6,0 km h ⁻¹	1,09a	0,72a	1,48a	4,45b
Vel. 8,0 km h ⁻¹	0,91a	0,57a	2,11a	6,55a

Em cada coluna para cada fator, médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os parâmetros de potência média, mínima e máxima (Tabela 3) encontrou-se resultados semelhantes aos discutidos anteriormente para os parâmetros de força média, mínima e máxima. Destaca-se que em relação a potência média o sulcador de coluna

vazada exigiu 1,63 kW de potência na barra de tração, enquanto que, o disco duplo requereu uma potência de 0,81 kW, sendo um acréscimo de 101,2% de potência requerida na barra de tração. Nota-se que, com o aumento da velocidade de 4,0 para 8,0 km h⁻¹, houve um acréscimo da potência média, mínima e máxima exigida, divergindo estatisticamente para a velocidade de 4,0 km h⁻¹.

Tabela 3. Potência média, Potência mínima, Potência máxima e Capacidade operacional em dois tipos de sulcadores, submetidos a três velocidades teóricas.

Causas da Variação	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Potência Máxima (kW)	Capacidade operacional (ha h ⁻¹)
Coluna Vazada	1,63a	1,11a	2,11a	1,38b
Discos duplo	0,81b	0,47b	2,31a	1,45a
Vel. 4,0 km h ⁻¹	0,70b	0,47b	0,94a	0,77c
Vel. 6,0 km h ⁻¹	1,32a	0,86a	1,81a	1,70b
Vel. 8,0 km h ⁻¹	1,64a	1,03a	3,89a	2,07a

Em cada coluna para cada fator, médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores apresentados na Tabela 4 são as velocidades reais de deslocamento obtidas durante o processo de semeadura. Pode-se verificar que a velocidade média do conjunto apresentou diferenças entre os valores teóricos definidos divergindo dos valores definidos pelo fabricante. O uso de discos duplos proporcionou maior velocidade real na mesma marcha e rotação do trator, diferindo estaticamente apenas na velocidade teórica de 6 km h⁻¹. Pode-se observar valores menores de velocidade real de deslocamento entre os sulcadores de coluna vazada e os de discos duplos, podendo ser devido a maior força requerida na barra de tração, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 4. Interação entre os fatores tipo de sulcadores e velocidade teórica do trator para a variável velocidade.

Causas da Variação	Velocidade (km h ⁻¹)		
	4,0 km h ⁻¹	6,0 km h ⁻¹	8,0 km h ⁻¹
Coluna vazada	2,35 aC	4,21 bB	6,56 aA

Discos duplos	2,55 aC	4,70 aB	6,54 aA
---------------	---------	---------	---------

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como o fator alternante no cálculo da capacidade de campo efetiva é a velocidade percebe-se que os valores seguiram o mesmo comportamento do discutido anteriormente para o parâmetro de velocidade (Tabela 2). Nos diferentes meios de preparo do sulco nas três velocidades, todos os valores diferiram entre si (Tabela 5). Nas velocidades de 4 e 8 km h⁻¹ os valores não diferiram, porém na velocidade de 6 km h⁻¹ os valores apresentaram diferença estatística, tendo um aumento de 12 % na capacidade de campo efetiva entre os sulcadores.

Tabela 5. Interação entre os fatores tipo de preparo na linha e velocidade do trator para a variável capacidade operacional efetiva.

Causas da Variação	Capacidade operacional efetiva (ha h ⁻¹)		
	4,0 km h ⁻¹	6,0 km h ⁻¹	8,0 km h ⁻¹
Coluna vazada	0,74 aC	1,32 bB	2,06 aA
Discos duplos	0,80 aC	1,48 aB	2,07 aA

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusões

Conclui-se que o uso do sulcador de coluna vazada resulta em acréscimo na demanda de força média, máxima e mínima exigida na barra de tração, em relação ao uso de sulcadores de discos duplos. Para o parâmetro de velocidade média o uso dos diferentes sulcadores influenciou apenas para a velocidade teórica de 6,0 km h⁻¹.

Não se observou efeito das velocidades teóricas para os parâmetros força de tração média, máxima, mínima e para potência máxima, somente potência média e mínima, capacidade operacional efetiva.

Referências

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, 2006.

CAMPANARO, L. **Desempenho de trator em semeadura com diferentes condições de solo**. 2019. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCC) em Agronomia – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí – RS, 2019.

CARVALHO, A. et al. Palha no sistema de plantio direto no cerrado. In: BAUER, F. C; VARGAS JR, F M de. (Coord.) **Produção e Gestão Agroindustrial**. V 2. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2008. pp. 251-261.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, Embrapa/SPI, 2006. 306 p. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>> Acesso em: 12 Abril 2022.

FRANCETTO, T. R. et al. Força de tração e potência demanda por mecanismo de corte e sulcadores de semeadora-adubadora. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n.1, p.17-23, janeiro-março, 2016.

FRANCETTO, T. R. **Desempenho de mecanismos de corte dos resíduos culturais e abertura de sulco para a semeadura direta**. 2014. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, 2014.

FLORES, Gabriel Bica. **Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho, utilizando uma semeadora-adubadora, adaptada às condições de solos de várzea no estado do Rio Grande do Sul**. 2022. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal do Pampa, Itaquí, 2013.

FURLANI, C. E. A. et al. Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres** [online]. 2013, v. 60, n. 6 , pp. 885-889.

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, TIB, FEALQ, 1996. p. 463-514.

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo, SP, 1974, 301p

PORTELLA, J. A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 40 p. (EMBRAPA - CNPT. Documentos, 41).

ROSA, David P. da et al. Cultivo mínimo: efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online]. 2011, v. 15, n. 11 , pp. 1199-1205.

SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A. G.; CASÃO JR, R.; RALISCH, R. Desempenho energético de semeadoras adubadoras de plantio direto na implantação da cultura da soja (*Glycine max L.*). In: **XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 30., 2001. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

SILVA, P. R. A. **Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (*Zea mays L.*) no sistema de plantio direto**. 2003. 95p. Dissertação (Mestrado) - Programa Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2003.

VIZZOTTO, V, R. **Desempenho de mecanismos sulcadores em semeadora-adubadora sobre atributos físicos do solo em várzea no comportamento da cultura de soja (*Glycine max*)** 78 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2014