

AVALIAÇÃO DE SULCADORES PARA SEMEADURA DIRETA.*

Evaluation of Coulters for No Tillage.

Antonio Faganello** e Arno Udo Dallmeyer***

RESUMO

Este projeto objetivou avaliar três sulcadores (faca sulcadora, sulcador tipo cinzel e triplo disco defasado) e ensaiá-los quanto a demanda de esforços, em três profundidades de trabalho. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas, sendo que os sulcadores corresponderam às parcelas e as profundidades de trabalho às subparcelas, com quatro repetições. As forças horizontal e vertical foram medidas através de células de carga, conectadas ao sistema de medição. Os sulcadores demandaram maior força à medida que a profundidade de trabalho foi aumentada. A faca sulcadora e o sulcador tipo cinzel apresentaram um comportamento semelhante entre si, porém distintos do triplo disco defasado, em relação às forças.

UNITERMOS: sulcadores, força horizontal e vertical, faca sulcadora, sulcador tipo cinzel, triplo disco.

SUMMARY

The aim of the present study was to evaluate three coulters (narrow knife, triple disc and chisel) and try out its performance in the field. The experimental design was a split plot with four replicates in which the coulters were the main plots and the depth of work the subplots. The horizontal and vertical forces were eletronical determined by load cells connected to the frame and the data captured. The coulters requised higher forces with increasing working depths. The narrow knife and chisel type coulters presented similar vertical and horizontal forces. In comparison the triple disc required higher vertical and horizontal forces relation to the other opners.

KEY WORDS: coulters horizontal and vertical forces, knife narrow, chisel type, triple disc.

INTRODUÇÃO

Atualmente há uma tendência de se reduzir as operações de preparo do solo e em muitos casos eliminando-o através da implantação de algumas

* Parte do trabalho de Dissertação de Mestrado apresentado pelo primeiro autor ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria. 97119 - Santa Maria - RS.

** Engenheiro Mecânico, M.Sc. em Engenharia Agrícola - Mecanização Agrícola. CNPTrigo - EM-BRAPA, Passo Fundo, RS.

*** Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, Departamento de Fabricação e Projetos de Máquinas, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. 97119 - Santa Maria - RS.

culturas via plantio direto.

As práticas de preparo reduzido e plantio direto conservam os recursos do solo, reduzindo a energia mecânica e a mão-de-obra exigida em um sistema de produção.

A maioria das semeadoras comerciais para as práticas acima mencionadas é equipada com sulcadores tipo discos ou facas, os quais geralmente são eficientes mas exigem substancial esforço sob condições de campo adversas (solo seco, compactado).

De fundamental importância é o desenvolvimento de novos sulcadores e a avaliação de seus comportamentos quanto às condições de campo (densidade, teor de umidade, quantidade e qualidade de restos culturais, deposição de semente e fertilizante, etc.) e às necessidades de esforços, a fim de suprimir a carência de informações destes.

Objetivando isto, foram desenvolvidos três mecanismos sulcadores, os quais foram avaliados quanto à demanda de esforços em função das profundidades de trabalho.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um ponto raramente avaliado, segundo DALLMEYER (2), é o mecanismo sulcador. O mesmo comenta que existem uma grande combinação de mecanismos sulcadores, aparentemente visando adequar máquinas aos diversos tipos de solo e de cobertura vegetal em que devam operar. Analisando-se mais a fundo esta diversidade de combinações de mecanismos, não se encontra uma referência definida com relação à melhor utilização para cada tipo de solo e resíduos culturais.

Muitos trabalhos têm sido feitos a respeito de implementos de preparo e semeadura sob condições controladas, mas poucos pesquisadores têm testado a campo devido às dificuldades encontradas em avaliar todas as variáveis envolvidas. REED (9) e RANDOLPH & REED (8) estudaram o efeito dos tipos de solo no comportamento do arado e encontraram que a magnitude da força não é apenas função do tipo de solo, mas, também, aumenta com a velocidade de trabalho.

KORONKA (5), avaliando seis sistemas de sulcadores de semeadoras para plantio direto em solo franco-argiloso, observou que a força de tração média dos seis sistemas foi de 32,3 e 41,2 Kgf para as velocidades de 3,2 e 6,4 Km/h, respectivamente. Testando três outros sulcadores em solo argiloso, concluiu que a força de tração média foi de 218,4 Kgf para ambas as velocidades acima.

FROHLICH (4) avaliou as duas semeadoras para plantio direto disponíveis no mercado canadense, uma com sistema de triplo disco (Melroe 702:3D) e outra com sistema de faca (Haybuster 1206), e observou que, para semear em plantio direto, uma força vertical de pelo menos 180 Kg por linha de semeadura era necessária para obter uma penetração adequada dos mecanismos sulcadores. Segundo o mesmo autor, a força de tração média requerida pelas semeadoras estudadas variou em função do tipo de solo. Foram gastos 185,6 Kgf em solos leves, 192,2 Kgf em solos médios e 219,7 Kgf em solos pesados.

Em um estudo preliminar de forças atuantes em rompedores de semeadoras comerciais para plantio direto, PORTELLA (6) observou os seguintes valores de força resultante: 70,5 Kg, 71,28 Kg e 39,85 Kg, respectivamente para disco de corte, disco duplo e faca rompedora, para uma profundidade de 5 cm. Com a redução da profundidade para 2,5 cm houve um decréscimo na força rompedora de 46,7, 45,1 e 14%, respectivamente para disco de corte, discos duplos e faca rompedora.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O experimento foi realizado em Passo Fundo, RS, no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo-EMBRAPA. Segundo o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1), o solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho Escuro Distrófico.

Os mecanismos sulcadores contruídos e avaliados são a seguir descritos resumidamente:

a) Faca sulcadora: comprimento = 610mm, profundidade = 65mm, espessura = 12,7mm, ângulo da cunha = 45°, ângulo de ataque = 25° e ângulo de sucção = 5°;

b) Sulcador tipo cinzel: comprimento = 610mm, espessura = 12,7mm, espessura maior da extremidade inferior posterior = 61mm, ângulo da cunha = 45°, ângulo de ataque = 25° e ângulo de sucção = 5°;

c) Triplo disco defasado: na construção deste sistema, foram empregados 3 discos planos com 457,2, 406,4 e 355,6mm de diâmetro e 3mm de espessura cada. O posicionamento entre o maior e o intermediário observou um ângulo de 8° e entre o maior e o menor um ângulo de 6°. Na Figura 1 são mostrados os três sulcadores.

Utilizou-se como chassi porta-ferramenta uma semeadora experimental desenvolvida por PORTELLA et al. (7). Da mesma, foram retiradas as linhas de plantio e acoplado um novo suporte para receber os mecanismos sulcadores. Na Figura 2 pode-se observar o suporte e os locais onde as células de carga foram fixadas.

Para a determinação dos esforços foram utilizados os seguintes equipamentos:

- a) Sistema "1000" de instrumentação modular da ALFA instrumentos;
- b) Células de carga com capacidade de 500 a 100 Kgf;
- c) Filmadora.

A corrente elétrica para alimentar o sistema de instrumentação provinha de um conjunto gerador instalado na parte frontal do trator, modelo VALMET 78, utilizado para tracionar o chassi porta-ferramenta.

A velocidade de deslocamento foi medida com auxílio do conjunto odométrico e cronômetro digital, estes acoplados ao trator.

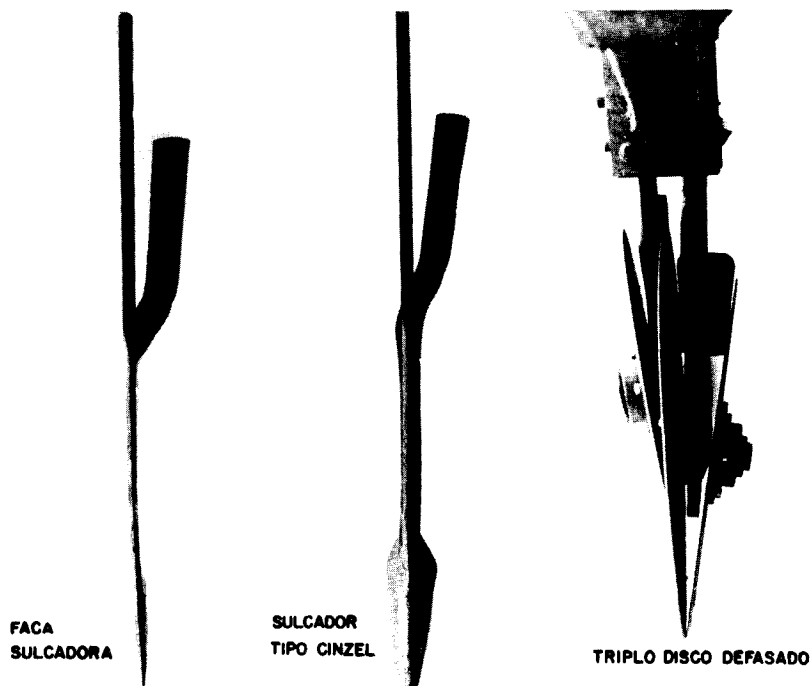


FIGURA 1 - Tipos de sulcadores utilizados no trabalho.

Métodos

Utilizou-se o delineamento de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo que os sulcadores (Faca sulcadora "S1", sulcador tipo cinzel "S2" e triplo disco defasado "S3") corresponderam às parcelas e as profundidades [P1 (5cm), P2 (10cm), P3 (15cm)], às subparcelas.

As unidades experimentais mediram 1,70 metros de largura por 40 metros de comprimento.

O controle da profundidade de trabalho foi efetuado ajustando-se o eixo motriz das rodas da semeadora (chassi porta-ferramenta) nas profundidades pré-estabelecidas. O solo mobilizado pelo sulcador era retirado manualmente e, com auxílio de um paquímetro de profundidade, determinava-se a profundidade de operação em seis pontos aleatórios por unidade experimental.

Os dados de força mostrados no visor do sistema modular eram registrados pela filmadora.

Em cada unidade experimental, de 40 metros de comprimento, media-se o esforço horizontal nos primeiros 20 metros e a carga vertical nos restantes.

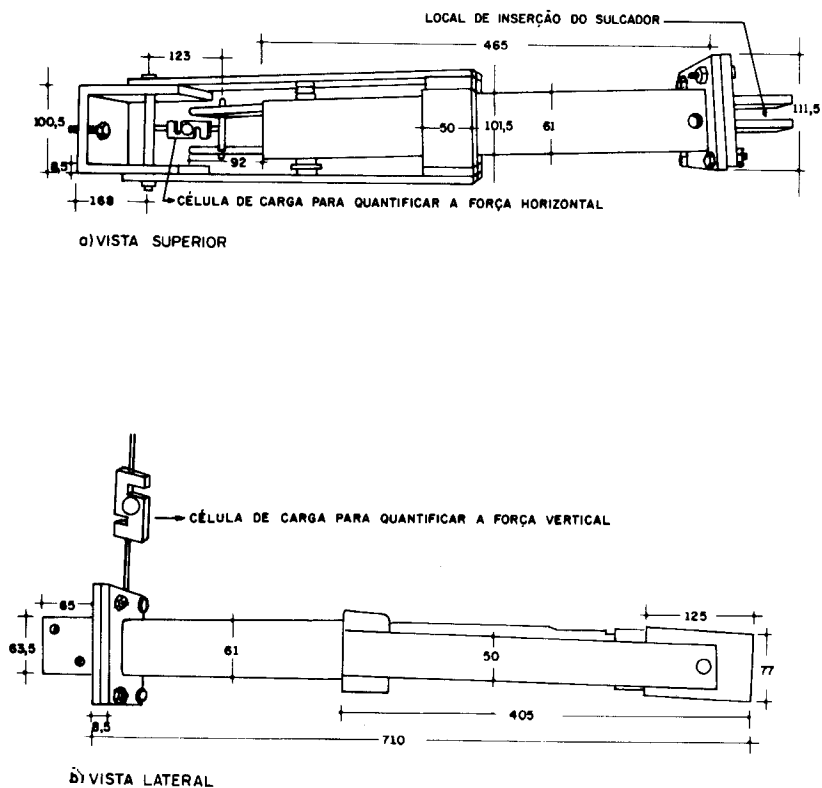


FIGURA 2 - Suporte do mecanismo sulcador e locais de fixação das células de cargas.

Esta alternativa era feita pelo operador da filmadora e controlador dos equipamentos, alterando a posição da chave seletora.

Posteriormente, em laboratório, com o auxílio de um videocassete e um televisor, a fita dos dados foi rodada várias vezes com a finalidade de serem retirados os dados nela contidos. De posse dos dados, foram desprezados os primeiros e os últimos valores, tanto para as forças horizontal como para a vertical, sendo utilizados somente os 15 valores centrais de cada avaliação.

O valor médio de cada parâmetro (força vertical e horizontal), para cada uma das unidades experimentais, foi então obtido pela média aritmética dos 15 valores centrais.

Para a coleta das amostras de solo foram abertas seis trincheiras com as seguintes dimensões: 30cm de largura, 40cm de profundidade e 50cm de comprimento.

Todas as determinações físicas efetuadas foram obtidas das amostras não deformadas, utilizadas para a densidade do solo, através do método do

cilindro de ULHAND, em três profundidades 0-7,7, de 7,5 a 15,0cm e de 15,0 a 22,5cm.

Utilizou-se como referência para os procedimentos a serem adotados em laboratório o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA..., 3).

A cobertura vegetal existente na área experimental foi avaliada com o auxílio de um quadrado, medindo um metro de lado, em seis locais representativos. As amostras foram posteriormente secas e pesadas.

Foi efetuada a análise da variância para o delineamento com blocos ao acaso com parcelas subdivididas e para a comparação das médias foi usado o teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do teste dos mecanismos sulcadores, as características físicas do solo apresentavam-se conforme descritas nas Tabelas 1 e 2. A análise granulométrica do solo da camada de 0-20cm de profundidade mostrou ter o solo 56,68, 21,35 e 21,97%, respectivamente para argila, silte e areia.

A quantidade média de massa seca existente na área experimental foi de 2.725Kg/ha, basicamente palha de colza (*Brassica napus* L.).

TABELA 1 - Dados médios de algumas características físicas do Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, durante a realização dos ensaios dos sulcadores. CNPT/EMBRAPA.

Profundidade cm	Umidade		Porosidade			
	G %	V %	Total %	Macro %	Micro %	DS %
0,0- 7,5	19,90	22,44	36,53	10,76	25,81	1,12
7,5-15,0	21,49	25,01	35,57	8,55	27,02	1,16
15,0-22,5	23,86	27,96	32,48	2,57	29,91	1,29

TABELA 2 - Dados médios de agregados do solo estáveis em água do local de realização do ensaio dos mecanismos sulcadores.

Profundidade cm	Agregados (mm)				
	> 4,76	> 4,76 < 2,00	> 2,00 < 1,00	> 1,00 < 0,21	< 0,21
0,0- 7,5	0,0	16,76	12,95	25,16	45,13
7,5-15,0	0,0	18,71	12,43	26,94	41,91
15,0-22,5	0,0	18,81	9,92	16,85	54,42

A velocidade médio de deslocamento empregada na condução deste trabalho foi de 5,87 Km/h.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios da profundidade de trabalho em função dos sulcadores.

Analisando as médias dos três sulcadores, observa-se que somente o tratamento S3 foi estatisticamente diferente dos demais e que este (triplo disco defasado), de um modo geral, apresentou menor penetração do que os outros.

As menores profundidades, obtidas com o sulcador S3, podem ser explicadas pela sua geometria, ou seja, pela maneira de atuar no solo, diferente dos sulcadores tipo faca.

Observando-se a média das três profundidades de trabalho, constata-se que estas foram significativamente diferentes entre si. Analisando estas médias, verifica-se que não foi possível atingir as profundidades pré-estabelecidas (5,0, 10,0 e 15,0cm) devido à deficiente performance do sulcador S3, como pode ser observado na Tabela 3.

TABELA 3 - Dados médios da profundidade de trabalho, em cm, dos três sulcadores.

Sulcador*	Profundidade (cm)**			Média
	P1	P2	P3	
S1	5,45 Ca	10,17 Ba	17,35 Aa	11,19 a
S2	5,07 Ca	10,65 Ba	16,70 Aa	10,80 a
S3	4,05 Ca	7,27 Ba	9,25 Ab	6,85 b
Média	4,85 C	9,56 B	14,43 A	

Letras maiúsculas comparam as médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$) na horizontal e letras minúsculas na vertical.

* S1 - Sulcador 1 (faca sulcadora); S2 - Sulcador 2 (sulcador tipo cinzel); S3 - Sulcador 3 (triplo disco defasado).

** P1 - Profundidade 1 (5 cm); P2 - Profundidade 2 (10 cm); P3 - Profundidade 3 (15 cm).

A força horizontal exigida pelos sulcadores nas diferentes profundidades de trabalho é mostrada na Tabela 4.

Verifica-se que, com o aumento da profundidade de trabalho, há um incremento significativo da força horizontal para todos os sulcadores, com exceção do sulcador S3, para as profundidades de trabalho P2 e P3, as quais não foram estatisticamente diferentes entre si. O sulcador S3 exigiu a maior força

horizontal para operar na profundidade P1, sendo que esta não diferiu dos demais sulcadores.

Para a profundidade de trabalho P3, o sulcador S3 foi o que exigiu a menor força horizontal para romper o solo, sendo que este diferiu dos sulcadores S1 e S2, os quais não foram diferentes entre si.

As menores forças horizontais obtidas com o sulcador S3 nas profundidades de trabalho P2 e P3 podem estar relacionadas com a menor profundidade de trabalho (Tabela 3) alcançada pelo mesmo.

Os valores médios na força horizontal na profundidade P1, para os sulcadores S1 (42,87 Kgf) e S2 (53,25 Kgf), encontrados neste trabalho estão próximos ao obtido por PORTELLA (6), que observou uma força horizontal média de 39,2 Kgf para uma faca rompedora, quando operada a 5,0cm de profundidade.

TABELA 4 - Dados médios da força horizontal, em Kgf.

Sulcador*	Profundidade de trabalho**			Média
	P1	P2	P3	
S1	42,87 Ca	178,72 Ba	366,07 Aa	195,89 a
S2	53,25 Ca	181,27 Ba	372,02 Aa	202,18 a
S3	78,02 Ba	172,50 Aa	221,12 Ab	157,21 b
Média	58,05 C	177,50 B	319,74 A	

Letras maiúsculas comparam as médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$) na horizontal e letras minúsculas na vertical.

* S1 - Sulcador 1 (faca sulcadora); S2 - Sulcador 2 (sulcador tipo cinzel); S3 - Sulcador 3 (triplo disco defasado).

** P1 - Profundidade 1 (5 cm); P2 - Profundidade 2 (10 cm); P3 - Profundidade 3 (15 cm).

Em solo argiloso, KORONKA (5) constatou uma força horizontal de at 218,4 Kgf (média de três sistemas de sulcadores) para tracionar os sulcadores a duas polegadas de profundidade e a uma velocidade de deslocamento de 6,4 Km/h, valor este bem acima do encontrado no presente trabalho para operar na profundidade P1. Isso pode ser decorrente das diferenças, bem como do fato de que testamos sem outros artefatos (rodas limitadoras de profundidade e compactadoras, disco de corte, etc.).

Também FROHLICH (4) descreve que são necessários 219,7 Kgf de força horizontal para tracionar cada linha de semeadura (sulcador) em solo argiloso a uma profundidade adequada de semeadura, valor este semelhante ao en-

contrado por KORONKA (5).

É importante lembrar que os sulcadores testados, com exceção do triplo disco, exigem um disco de corte na frente para cortar os restos culturais e desta forma eliminar o problema de embuchamento. Com a adição de complementos (rodas limitadoras de profundidade e compactadoras, disco de corte, etc.) ao sulcador, é óbvio que haverá um aumento na força horizontal, provavelmente aproximando-se dos valores observados por FROHLICH (4) e KORONKA (5).

Os dados da força horizontal dos três sulcadores, nas três profundidades de trabalho, foram analisados estatisticamente e os resultados da análise de variância encontram-se na Tabela 5. Constata-se que os rompedores foram altamente diferentes entre si e que as diferenças existentes na força horizontal não podem ser atribuídas ao acaso. Nota-se também que as profundidades de trabalho foram muito significativas, bem como a sua interação com os sulcadores.

TABELA 5 - Análise de variância da força horizontal dos três sulcadores, nas três profundidades de trabalho.

Causas da variação	GL	QM
Bloco	3	2636,1758 NS
Sulcador (S)	2	7114,6839 **
Resíduo (a)	6	611,3912
Profundidade (P)	2	205967,0488 **
Interação S x P	4	11741,3028 **
Resíduo (b)	18	1293,4122
Total	35	

Média = 185,0912 CV(a) = 13,36% CV(b) = 19,43%

NS - Não significativo ($P > 0,05$).

* - Significativo ($P < 0,05$).

** - Altamente significativo ($P < 0,01$).

Quanto à força vertical exigida pelos sulcadores nas diferentes profundidades de trabalho, os valores médios encontram-se na Tabela 6.

Constata-se que, com o aumento da profundidade de trabalho, há um incremento da força vertical em todos os sulcadores e que a faca sulcadora e o sulcador tipo cinzel foram estatisticamente iguais, dentro de cada profundidade de trabalho, e ambos significativamente diferentes ao triplo disco defasado.

O triplo disco defasado exigiu 9,6 vezes mais força vertical para operar na profundidade P1 do que os sulcadores S1 e S2. Deansfield et al., apud

PORTELLA (6), explicam que as facas ou lâminas de corte com determinado ângulo de ataque tendem a ser succionadas pelo solo, gerando até mesmos valores negativos para a força vertical, isto é, o solo, ao invés de opor resistência à penetração, facilita-a pela sucção do implemento.

TABELA 6 - Dados médios da força vertical, em kgf.

Sulcador*	Profundidade de trabalho**			Média
	P1	P2	P3	
S1	30,40 Cb	157,67 Bb	249,07 Ab	145,71 b
S2	30,52 Cb	171,70 Bb	266,15 Ab	156,12 b
S3	249,50 Ca	439,10 Ba	545,02 Aa	426,20 a
Média	118,47 C	256,15 B	353,41 A	

Letras maiúsculas comparam as médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$) na horizontal e letras minúsculas na vertical.

* S1 - Sulcador 1 (faca sulcadora); S2 - Sulcador 2 (sulcador tipo cinzel); S3 - Sulcador 3 (triplo disco defasado).

** P1 - Profundidade 1 (5 cm); P2 - Profundidade 2 (10 cm); P3 - Profundidade 3 (15 cm).

Os valores da força vertical obtidos pelo presente estudo na profundidade de trabalho P1 estão acima dos encontrados por PORTELLA (6), que observou uma força média 4,0 vezes menor com facas, discos simples e duplos em pista de teste. Esta diferença pode ser explicada, em parte, pelas diferenças existentes na geometria dos elementos sulcadores e pela presença de restos culturais na superfície do solo, uma vez que o trabalho foi conduzido a campo.

A força vertical necessária para que os sulcadores S1 e S2 operem na profundidade P1 estão abaixo das encontradas por FROHLICH (4) e KORONKA (5), enquanto que os valores médios do sistema triplo disco defasado estão acima dos valores médios observados pelos mesmos autores, quando utilizando discos.

Para o sistema de plantio direto, da mesma forma que na força horizontal, há necessidade de disco de corte em frente à faca sulcadora e ao sulcador tipo cinzel, o que demandará maior força vertical.

A força vertical exigida pelos diferentes sulcadores nas três profundidades foi analisada e os resultados da análise de variância encontram-se na Tabela 7. Nota-se que as variáveis sulcador e profundidade de trabalho foram significativamente diferentes e que as diferenças existentes entre os sulcadores

e entre as profundidades não podem ser atribuídas ao acaso.

TABELA 7 - Análise de variância da força vertical dos três sulcadores, nas três profundidades de trabalho.

Causas da variação	GL	QM
Blocos	3	2457,8779 NS
Sulcador (S)	2	303457,8273 **
Resíduo (a)	6	3181,7430
Profundidade (P)	2	167226,9343 **
Interação S x P	4	264,5315 NS
Resíduo (b)	8	486,9311

Média = 242,6833 CV(a) = 23,34% CV(b) = 9,09%

NS = não significativo ($P > 0,05$).

* - Significativo ($P < 0,05$).

** - Altamente significativo ($P < 0,01$).

Os valores da força unitária horizontal demandados pelos sulcadores nas diferentes profundidades de trabalho são apresentados na Tabela 8, os quais foram obtidos através da divisão dos dados originais da força horizontal pela profundidade de trabalho.

Verifica-se, na Tabela 8, que as médias da força unitária horizontal das profundidades de trabalho P1, P2 e P3 foram significativamente diferentes entre si e que as médias do sulcador S1 e S2, iguais entre si, foram estatisticamente diferentes à do sulcador triplo disco defasado (S3).

Analisando o sulcador S1, observa-se que a força unitária horizontal para a profundidade P1 foi menor e significativamente diferente de P2 e P3 e estas não diferiram entre si. O sulcador tipo cinzel (S2) necessitou um força unitária horizontal crescente e significativamente diferente quando do aumento das profundidades de trabalho. Quanto ao sulcador triplo disco defasado (S3), a força unitária horizontal não variou significativamente com o aumento da profundidade de trabalho, o que pode ser explicado pela reduzida profundidade de trabalho nas subparcelas.

Dentro da profundidade de trabalho P1 o sulcador S1 exigiu a menor força unitária horizontal, diferindo significativamente apenas do sulcador S3, enquanto que o sulcador S2 não diferiu dos demais. Para as profundidades de trabalho P2 e P3, os sulcadores se comportaram de forma semelhante.

TABELA 8 - Dados médios da força unitária horizontal, em kgf/cm.

Sulcador*	Profundidade de trabalho**			Média
	P1	P2	P3	
S1	7,95 Bb	16,52 Aa	21,19 Aa	15,22 b
S2	10,74 Cab	16,82 Ba	22,24 Aa	16,60 b
S3	19,64 Aa	23,93 Aa	23,80 Aa	22,46 a
Média	12,78 C	19,10 B	22,41 A	

Letras maiúsculas comparam as médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$) na horizontal e letras minúsculas na vertical.

* S1 - Sulcador 1 (faca sulcadora); S2 - Sulcador 2 (sulcador tipo cinzel); S3 - Sulcador 3 (triplo disco defasado).

** P1 - Profundidade 1 (5 cm); P2 - Profundidade 2 (10 cm); P3 - Profundidade 3 (15 cm).

PORTELLA (6), usando disco de corte simples e duplos, observou um aumento, mas de pouca variação, na força unitária horizontal quando variou a profundidade de 2,5 para 5,0cm, confirmando o presente resultado. Quanto aos sulcadores tipo faca (S1 e S2), os valores encontrados contrariam os constatados por PORTELLA (6).

Na Tabela 9 é apresentada a análise de variância da força unitária horizontal. Constata-se que os sulcadores foram significativamente diferentes, o mesmo ocorrendo para as profundidades de trabalho. Observa-se também que a interação sulcador x profundidade de trabalho foi significativa.

Os valores da força unitária vertical exigida pelos sulcadores nas diferentes profundidades de trabalho são apresentadas na Tabela 10, os quais foram obtidos da divisão dos dados originais da força vertical pela profundidade de trabalho.

Verifica-se, na Tabela 10, que a média da força unitária vertical, ou seja, a força necessária para penetrar a cada centímetro de solo, não diferiu significativamente entre os sulcadores S1 e S2 dentro de cada profundidade de trabalho. O sulcador triplo disco defasado (S3) diferiu significativamente dos demais dentro de cada uma das profundidades de trabalho. Constata-se, ainda, que a força unitária vertical necessária para que o sistema triplo disco defasado (S3) opere nas profundidades de trabalho P1, P2 e P3 foi, respectivamente, 12,5, 4,0 e 3,88 vezes mais do que a média dos outros dois sulcadores.

TABELA 9 - Análise de variância da força unitária horizontal dos três sulcadores, nas três profundidades de trabalho.

Causas da variação	GL	QM
Blocos	3	1,1360 NS
Sulcador (S)	2	3,1851 *
Resíduo (a)	6	0,3568
Profundidade (P)	2	98,0218 **
Interação S x P	4	5,5525 **
Resíduo (b)	8	0,6956

Total 35

Média = 18,100 CV(a) = 14,35% CV(b) = 15,89%

NS = não significativo ($P > 0,05$).

* - Significativo ($P < 0,05$).

** - Altamente significativo ($P < 0,01$).

TABELA 10 - Dados médios da força unitária vertical, em kgf/cm.

Sulcador*	Profundidade de trabalho**			Média
	P1	P2	P3	
S1	5,58 Ab	14,62 Ab	14,38 Ab	11,52 b
S2	6,03 Ab	16,03 Aa	15,97 Ab	16,60 b
S3	72,99 Aa	61,58 ABa	58,96 Ba	64,51 a
Média	28,70 A	30,74 A	29,77 A	

Letras maiúsculas comparam as médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$) na horizontal e letras minúsculas na vertical.

* S1 - Sulcador 1 (faca sulcadora); S2 - Sulcador 2 (sulcador tipo cinzel); S3 - Sulcador 3 (triplo disco defasado).

** P1 - Profundidade 1 (5 cm); P2 - Profundidade 2 (10 cm); P3 - Profundidade 3 (15 cm).

Embora os valores da força unitária vertical encontrados no presente trabalho sejam diferentes dos encontrados por PORTELLA (6), que observou uma redução na força unitária vertical para disco de corte e discos duplos

quando alterou a profundidade de trabalho de 2,5 para 5,0cm, os mesmos confirmam os dados do presente estudo.

Quanto aos sulcadores S1 e S2, a força unitária vertical não diferiu significativamente com a variação da profundidade de trabalho, contrariando aos valores verificados por PORTELLA (6), que observou uma redução de 30%, com a duplicação da profundidade de trabalho.

Na Tabela 11 é apresentada a análise de variância da força unitária vertical. Nota-se que os sulcadores foram significativamente diferentes entre si, o mesmo não ocorrendo para a variável profundidade de trabalho. Quanto à interação sulcador x profundidade de trabalho, esta foi significativa.

TABELA 11 - Análise de variância da força unitária horizontal dos três sulcadores, nas três profundidades de trabalho.

Causas da variação	GL	QM
Blocos	3	12,9872 NS
Sulcador (S)	2	10989,8137 **
Resíduo (a)	6	6,5970
Profundidade (P)	2	19,8340 NS
Interação S x P	4	220,8061 *
Resíduo (b)	8	50,4604
Total	35	

Média = 29,5731 CV(a) = 8,69% CV(b) = 24,02%

NS = não significativo ($P > 0,05$).

* - Significativo ($P < 0,05$).

** - Altamente significativo ($P < 0,01$).

CONCLUSÕES

Os três sulcadores ensaiados apresentaram maior demanda média de potência, força horizontal, vertical e unitária horizontal à medida que a profundidade de trabalho foi aumentada.

Os três sulcadores ensaiados não apresentaram diferenças na média, em força vertical, à medida que a profundidade de trabalho foi aumentada.

Os sulcadores S1 e S2, por suas configurações, apresentaram comportamentos semelhantes, porém distintos ao sulcador S3, em relação às forças horizontal, vertical, unitária horizontal e vertical e demanda de potência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)
2. DALLMEYER, A.U. Máquinas para semeadura direta: um óptica diferente. **Maquinaria Agrícola**, v.1, n.4, p.1-2, 1986.
3. EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 1979. n. p.
4. FROHLICH, C.E. No-till drills. In: MANITOBA - NORTH DAKOTA ZERO TILLAGE WORKSHOP. 1979. s.n.t.
5. KORONKA, P. Machinery development for direct grilling. **Out-look on Agriculture**, Berkshire, V.7, n.4, p.190-95, 1973.
6. PORTELLA, J.A. Um estudo preliminar das forças atuantes em elementos rompedores de semeadeiras diretas comerciais. Campinas: UNICAMP, 1983. 69p. (Tese de Mestrado)
7. PORTELLA, J.A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A.; NEDEL, J.L. & ANNES, H.O. **Desenvolvimento de semeadora para plantio direto de parcelas experimentais**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1986. 28p. (Documentos, 1)
8. RANDOLPH, J.W. & REED, I.F. Tests of tillage tools: II. Effects of several factors on the reactions on fourteeninch molboard plows. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.19, n.1, p.29-23, 1938.
9. REED, I.F. Tests of tillage toalds: I. Equipment and procedure for molboard plows. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.18, n.3, p.111-15, 1937.